

(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2016-112252
(P2016-112252A)

(43) 公開日 平成28年6月23日(2016.6.23)

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

F I
A61B 8/00

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2014-254226 (P2014-254226)
(22) 出願日 平成26年12月16日(2014.12.16)

(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 布施 優
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 EE04 EE08 HH06 HH08 HH09
HH11 HH12 HH14 HH35 JB44
JB45

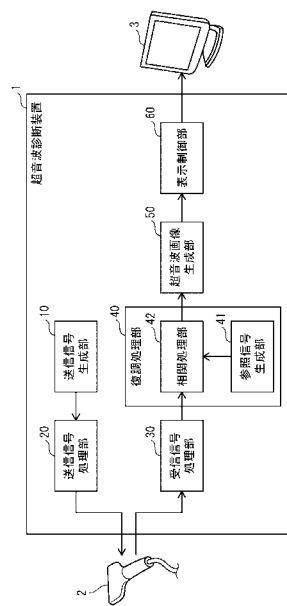
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、超音波信号処理方法、および、プログラム

(57) 【要約】

【課題】複雑な回路を必要とせず、フレームレートが周波数の数に依存して低下しないように、SNRと画質向上を両立した超音波画像を得る超音波診断装置を提供する。

【解決手段】周波数の異なる複数の搬送波を、それぞれ符号列で位相変調し、位相変調により生成した複数の変調信号を多重化し、多重化した信号を送信信号として超音波探触子を発音駆動させ、超音波探触子が受信した反射超音波に基づく受信信号を取得し、搬送波に位相変調を施した符号列を用いて生成した参照信号と、受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を算出する処理を行い、時系列信号を生成する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波探触子を用いて超音波を被検体に対して送受信し、反射超音波に基づいて時系列信号を生成する超音波診断装置であって、

周波数の異なる複数の搬送波を、それぞれ符号列で位相変調し、位相変調により生成した複数の変調信号を多重化し、多重化した信号を送信信号として前記超音波探触子を発音駆動させる送信信号生成部と、

反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子を通じて取得し、前記搬送波に位相変調を施した符号列を用いて生成した参照信号と、前記受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を算出する処理を行い、時系列信号を生成する復調処理部と
10
を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記参照信号は、前記送信信号と同一であり、

前記相互相関値は、前記受信信号全体と、前記参照信号との相互相関値であ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】

前記復調処理部は、相互相関値を算出する処理において、前記受信信号の一部の周波数成分と、当該周波数成分と同一の周波数を持ち、前記複数の変調信号のうちの一つと同一である参照信号との相互相関値を算出する処理を、受信信号の全ての周波数成分に対して行う
20

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 4】

前記送信信号生成部は、さらに、前記符号列とは異なる第 2 の符号列を用いて、第 2 の送信信号を生成し、

前記復調処理部は、さらに、前記第 2 の送信信号で前記超音波探触子を発音駆動することで得た反射超音波に基づく第 2 の受信信号を取得し、前記第 2 の符号列を用いて生成した第 2 の参照信号と、前記第 2 の受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を第 2 の相互相関値として算出する処理を行い、時系列信号を生成する
30

ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記符号列は有限長であり、

前記変調信号は、対応する最初の符号の開始時刻から最後の符号の終了時刻までの変調期間以外の期間は無信号期間であり、

前記複数の変調信号において、前記変調期間の中心時刻が一致する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。
30

【請求項 6】

前記符号列は有限長であって前記複数の搬送波の位相変調を行ったそれぞれの符号列の長さが互いに同じであり、

前記複数の変調信号において、符号の開始時刻が一致する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。
40

【請求項 7】

前記複数の変調信号において、符号の開始時刻と次の符号の開始時刻との間の時間が同一となるように、1 以上の変調信号に無信号期間が存在する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記送信信号生成部は、前記複数の搬送波の各々における 1 波長に対して、対応する前記符号列の 1 符号を用いて変調する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記送信信号生成部は、前記複数の搬送波の各々に対し、異なる符号列を用いて変調を
50

行う

ことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記送信信号生成部は、前記複数の搬送波の各々に対し、同一の符号列を用いて変調を行う

ことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記送信信号生成部は、前記複数の搬送波の各々に対し、符号列の位相を異ならせて変調を行う

ことを特徴とする請求項 10 に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 12】

前記符号列は疑似雑音符号である

ことを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 13】

前記符号列は相補符号である

ことを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 14】

前記符号列は Barker 符号である

ことを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 15】

前記符号列は Golay 符号である

ことを特徴とする請求項 4 に記載の超音波診断装置。

20

【請求項 16】

超音波探触子を用いて超音波を被検体に対して送受信し、反射超音波に基づいて時系列信号を生成する超音波診断装置における、超音波信号処理方法であって、

周波数の異なる複数の搬送波を、それぞれ符号列で位相変調し、位相変調により生成した複数の変調信号を多重化し、多重化した信号を送信信号として前記超音波探触子を発音駆動させ、

反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子を通じて取得し、前記搬送波に位相変調を施した符号列を用いて生成した参照信号と、前記受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を算出する処理を行い、時系列信号を生成する

30

ことを特徴とする超音波信号処理方法。

【請求項 17】

超音波探触子を用いて超音波を被検体に対して送受信し、反射超音波に基づいて時系列信号を生成する超音波診断装置において、前記超音波診断装置に用いられるプロセッサに超音波信号処理を実行させるためのプログラムであって、

前記超音波信号処理は、

周波数の異なる複数の搬送波を、それぞれ符号列で位相変調し、位相変調により生成した複数の変調信号を多重化し、多重化した信号を送信信号として前記超音波探触子を発音駆動させ、

40

反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子を通じて取得し、前記搬送波に位相変調を施した符号列を用いて生成した参照信号と、前記受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を算出する処理を行い、時系列信号を生成する

ことを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置における信号処理方法に関し、特に、超音波の送受信方法に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

超音波診断装置は、超音波パルス反射法により生体内情報を取得し、断層像として表示する医療用画像機器である。X線や放射線等を用いる他モダリティに比べて、安価で被爆の危険性がなく、リアルタイム性に優れる特徴を生かして、その活用領域を拡げつつある。

一方で、超音波診断装置は、超音波の特性に起因して、診断可能な領域が制限される。例えば、超音波は生体内に伝搬する際、その強度は減衰する。使用する信号のパルス長（波長）が長い低周波（一般に数MHz）は分解能は比較的低いものの深部まで到達し、パルス長（波長）が短い高周波は低周波に比べて分解能は高いが浅部までしか到達しない。このような特性があるため、超音波診断装置により断層像を得る際には、検査対象の体表からの位置や大きさにより、一つの超音波探触子においてなるべく広い周波数帯域を持つことが望まれる場合がある。

10

【 0 0 0 3 】

このような要望に対する1つのアプローチとして、低周波の超音波の送受信によって得られた超音波画像と、高周波の超音波の送受信によって得られた超音波画像とを合成する技術が用いられている。例えば、特許文献1に開示されている技術では、超音波の送受信による走査を、周波数を変えて複数回行い、得られたデータを合成することによって、広帯域の送信波による画像を実現している。

【 0 0 0 4 】

また、別のアプローチとして、複数の周波数を含むパルス信号を用いる技術が用いられている。例えば、特許文献2に開示されている技術では、時間と共に周波数が変化（掃引）する波形を送信し、同様の振舞いを有する参照信号と受信信号との相関処理を行うことで波形圧縮を行い、広帯域な送信波を形成している。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特許 4 7 3 9 6 6 1 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開昭 5 8 - 7 3 3 4 5 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

30

【 0 0 0 6 】

しかしながら、特許文献1の技術では、周波数の異なる複数の超音波について、同時に走査を行うことができない。そのため、1フレームの画像を生成するためには、一般にN個の周波数に対して、Nフレーム分の走査を行う必要がある。したがって、使用する周波数の数に応じてフレームレートが低下するという問題が発生する。

また、特許文献2の技術では、超音波周波数を掃引するためにアナログ処理が必要となり、回路の複雑化、高コスト化を招く問題がある。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、単純な処理によって実現可能であり、フレームレートが超音波の周波数の数に依存して低下せず、かつ、超音波探触子の応答帯域に適した広帯域の周波数スペクトルを有した送信信号を生成できる超音波診断装置および超音波画像生成方法を提供することを目的とする。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様に係る超音波診断装置は、超音波探触子を用いて超音波を被検体に対して送受信し、反射超音波に基づいて時系列信号を生成する超音波診断装置であって、周波数の異なる複数の搬送波を、それぞれ符号列で位相変調し、位相変調により生成した複数の変調信号を多重化し、多重化した信号を送信信号として前記超音波探触子を発音駆動させる送信信号生成部と、反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子を通じて取得し、前記搬送波に位相変調を施した符号列を用いて生成した参照信号と、前記受信信号の

50

一部または全部の周波数成分との相互相関値を算出する処理を行うことで時系列信号を生成する復調処理部とを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

上述した構成により、周波数の異なる複数の搬送波を同時に送受信するため、フレームレートが搬送波数に依存しない。また、搬送波の数を最適化することで、超音波探触子の応答帯域に適した広帯域の周波数スペクトルを有した送信信号を生成できるので、電気信号から超音波信号への変換ロスを低減させることが可能となる。さらに、相関処理がデジタル処理で実施可能であるため、複雑な回路を必要としない。

【図面の簡単な説明】

10

【0010】

【図1】実施の形態1に係る超音波診断装置1のブロック図である。

【図2】実施の形態1に係る送信信号生成部10のブロック図である。

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

【図4】実施の形態1に係る送信信号生成部10の動作を示すフローチャートである。

【図5】実施の形態1に係る搬送波、変調信号、送信信号の波形を示す概略図である。

【図6】実施の形態1に係る相関信号生成部41のブロック図である。

【図7】実施の形態1に係る音響線信号と参照信号との相関処理を示す概略図である。

【図8】符号の変調方法の1例を示す概略図である。

【図9】インターバルを設けない変調方法と、インターバルを設けた変調方法とのそれぞれにおける、パルス圧縮波形を示す図である。

20

【図10】符号の割り当て方法の1例を示す概略図である。

【図11】実施の形態1の変形例1に係る超音波診断装置101のブロック図である。

【図12】実施の形態1の変形例1に係る超音波診断装置101の動作を示すフローチャートである。

【図13】実施の形態1の変形例2に係る超音波診断装置201のブロック図である。

【図14】実施の形態1の変形例2に係る超音波診断装置201の動作を示すフローチャートである。

【図15】実施の形態2に係る復調処理部340のブロック図である。

【図16】実施の形態2に係る参照信号生成部341のブロック図である。

30

【図17】実施の形態2に係る復調処理部340の動作を示すフローチャートである。

【図18】実施の形態2の変形例2に係る復調処理部440のブロック図である。

【図19】実施の形態2の変形例2に係る復調処理部440の動作を示すフローチャートである。

【図20】実施の形態2の変形例3に係る超音波診断装置501のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

実施の形態1

本実施形態に係る超音波診断装置1のブロック図を図1に示す。超音波診断装置1は、送信信号生成部10、送信信号処理部20、受信信号処理部30、復調処理部40、超音波画像生成部50、表示制御部60を備える。また、送信信号処理部20と受信信号処理部30には超音波探触子2が、表示制御部60には表示部3が、それぞれ接続可能に構成されている。図1は超音波診断装置1に超音波探触子2、表示部3が接続された状態を示している。

40

【0012】

超音波探触子2は、例えば、一次元方向に配列された複数の振動子（不図示）を有する。各振動子は、例えば、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）により構成される。超音波探触子2は、送信信号処理部20で生成された電気信号（以下、「素子駆動信号」と呼ぶ）を超音波に変換する。超音波探触子2は、超音波探触子2の振動子側外表面を被検体の皮膚

50

表面など表面に接触させた状態で、複数の振動子から発せられる複数の超音波からなる超音波ビームを被検体内の測定対象に向けて送信する。そして、超音波探触子 2 は、測定対象からの複数の反射超音波を受信し、複数の振動子によりこれら反射超音波をそれぞれ電気信号（以下、「素子受信信号」と呼ぶ）に変換し、素子受信信号を受信信号処理部 3 0 に供給する。

【0013】

送信信号生成部 1 0 は、素子駆動信号を生成するための送信信号を生成する回路である。詳細は後述する。

送信信号処理部 2 0 は、振動子ごとに遅延時間を設定することで、送信信号に基づく超音波ビームのフォーカシングやステアリングを行う回路である。具体的には、超音波ビームの送信タイミングについて振動子毎に遅延時間を設定する。そして、送信信号生成部 1 0 が生成した送信信号を遅延時間だけ遅らせることで、素子駆動信号を振動子ごとに生成する。

10

【0014】

受信信号処理部 3 0 は、反射超音波に基づく素子受信信号を増幅した後整相加算して、音響線信号を生成する回路である。

復調処理部 4 0 は、受信信号処理部 3 0 が生成した音響線信号と、参照信号との相互相関値を算出し、相互相関値を時系列に整列した時系列信号を生成する回路である。詳細は後述する。

20

【0015】

超音波画像生成部 5 0 は、1 枚の断層画像を構築する上で必要な複数の時系列信号に対して輝度変換、直交座標系への座標変換を行うことで B モード画像信号を生成する回路である。

表示制御部 6 0 は、超音波画像生成部 5 0 が生成した B モード画像信号を表示部 3 に画像として表示させる回路である。

【0016】

表示部 3 は、表示制御部 6 0 に接続される画像表示装置であり、例えば、液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイ等である。

送信信号生成部 1 0、送信信号処理部 2 0、受信信号処理部 3 0、復調処理部 4 0、超音波画像生成部 5 0、表示制御部 6 0 はそれぞれ、例えば、メモリと、CPU (Central Processing Unit) や GPU (Graphic Processing Unit) などのプログラマブルデバイスとソフトウェア、あるいは、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェアにより実現される。

30

【0017】

<送信信号生成部 1 0 >

次に、送信信号生成部 1 0 の構成について説明する。

図 2 は、送信信号生成部 1 0 のブロック図である。送信信号生成部 1 0 は、搬送波生成部 1 1 と、符号列生成部 1 2 と、複数の変調部 1 3 1 ~ 1 3 3 と、多重化部 1 4 とを備える。

40

【0018】

搬送波生成部 1 1 は、周波数の異なる複数の搬送波を生成する。搬送波生成部 1 1 は、例えば、連続した矩形波を搬送波として 2 MHz、4 MHz、6 MHz のそれぞれで生成し、それぞれ変調部 1 3 1、変調部 1 3 2、変調部 1 3 3 に出力する。

符号列生成部 1 2 は、搬送波生成部 1 1 が生成するそれぞれの搬送波に対して、対応する符号列を生成する。生成する符号列の数は搬送波の数と等しく、また、各符号列は同一の長さ（含まれる符号の数と同じ）である。各符号は、1、0、-1 のいずれか 1 つからなる。さらに、各符号列はいずれも自己相関が大きく、符号列間の相互相関は小さい。符号列生成部 1 2 は、例えば、4 符号からなる 3 つの符号列を生成し、それぞれ変調部 1 3

50

1、変調部 1 3 2、変調部 1 3 3 に出力する。

【 0 0 1 9 】

変調部 1 3 1 ~ 1 3 3 は、それぞれ、符号列を用いて搬送波に変調を施し、変調信号を生成する。なお、変調部はそれぞれ 1 搬送波に対して変調を施すため、搬送波の数だけ存在する。例えば、変調部 1 3 1、変調部 1 3 2、変調部 1 3 3 はそれぞれ、2 MHz、4 MHz、6 MHz の各々の搬送波を、対応した符号列を用いて変調する。

多重化部 1 4 は、変調部 1 3 1 ~ 1 3 3 のそれぞれが生成した変調信号を多重化し、単一の送信信号として出力する。

【 0 0 2 0 】

< 復調処理部 4 0 >

次に、図 1 に戻って復調処理部 4 0 について説明する。

復調処理部 4 0 は、参照信号生成部 4 1 と相関処理部 4 2 を備える回路であり、以下に説明するように、音響線信号と参照信号との相関処理を行って時系列信号を生成する。

参照信号生成部 4 1 は、送信信号生成部 1 0 が生成する送信信号に略一致する波形を有する参照信号を生成する。図 6 に参照信号生成部 4 1 の機能ブロック図の例を示す。本実施の形態においては、参照信号生成部 4 1 は送信信号生成部 1 0 と全く同一の構成であり、送信信号生成部 1 0 が生成する送信信号と同一の参照信号を生成する。もっとも、参照信号生成部 4 1 は、送信信号と同一の参照信号を生成できる構成であればこの例に限られない。

【 0 0 2 1 】

図 1 に戻って説明を続ける。相関処理部 4 2 は、受信信号処理部 3 0 が生成した音響線信号と、参照信号生成部 4 1 が生成した参照信号との相互相関値を算出し、相互相関値を時系列に整列させた時系列信号を生成する。具体的には、複数の時差を設定し、それぞれの時差を用いて時刻を早めるようにシフトした複数の音響線信号と参照信号との相互相関値を算出する。そして、時差と相互相関値とを関連付けることで、時系列信号を生成する。

【 0 0 2 2 】

< 動作 >

本実施の形態に係る超音波診断装置 1 の動作について説明する。図 3 は、超音波診断装置 1 の動作を示すフローチャートである。なお、このフローチャートは、超音波診断装置 1 における超音波ビームの送信及び当該超音波ビームに係る反射超音波に対する一連の受信処理（以下、「送信イベント」と呼ぶ）について記載しており、終了後は次の送信イベントが再度開始される。

【 0 0 2 3 】

まず、送信信号生成部 1 0 において送信信号を生成する（ステップ S 1 0）。図 4 は、ステップ S 1 0 の具体的内容である、送信信号生成部 1 0 の動作を示すフローチャートである。以下、ステップ S 1 0 の動作の詳細を、図 4 のフローチャートを用いて説明する。また、図 5 は送信信号生成部で生成される、搬送波、変調信号、送信信号の波形を示す概略図であり、搬送波、変調信号、送信信号の具体例として随時参照する。

【 0 0 2 4 】

まず、搬送波生成部 1 1 が周波数の異なる n 個の搬送波を生成する（ステップ S 1 1）。例えば、2 MHz の搬送波 6 0 1、4 MHz の搬送波 6 0 2、6 MHz の搬送波 6 0 3 の 3 個の搬送波が生成される。図 5 には、2 MHz の搬送波 6 0 1、4 MHz の搬送波 6 0 2、6 MHz の搬送波 6 0 3 の 3 個の搬送波の波形を示している。なお、本実施の形態では、搬送波は全て矩形波として生成されるものとしたが、例えば、正弦波を用いてもよい。

【 0 0 2 5 】

次に、符号列生成部 1 2 が、n 個の搬送波の各々に対応する n 個の符号列を生成する（ステップ S 1 2）。例えば、2 MHz の搬送波 6 0 1 に対して { 1、- 1、1、1 } からなる符号列 7 0 1 が、4 MHz の搬送波 6 0 2 に対して { 1、- 1、- 1、1 } からなる

10

20

30

40

50

符号列 702 が、6 MHz の搬送波 603 に対して { - 1、1、- 1、1 } からなる符号列 703 が、それぞれ生成される。図 5 には、符号列 701、符号列 702、符号列 703 のそれぞれを、矩形波として表現している。なお、本実施の形態では、符号長は 4 符号であるとしたが、符号長は有限長であり、後述するパルス圧縮効果をもたらす相関性を確保できる程度に長く、送信信号に基づく超音波の送信が反射超音波の受信を妨げない程度に短ければよく、符号長は必ずしも 4 符号に限られない。

【0026】

次に、 n 個の変調部が符号列を用いて各搬送波を変調し、 n 個のバースト変調信号が生成される（ステップ S13）。本実施の形態では、例えば、変調部 131 が変調信号 801 を、変調部 132 が変調信号 802 を、変調部 133 が変調信号 803 を、それぞれ生成する。具体的には、変調処理は、（1）符号“1”に対しては、搬送波をそのまま用いる、（2）符号“-1”に対しては、搬送波の位相を 180° ずらす（正負を反転する）、（3）符号“0”に対しては振幅をゼロとする、（4）符号が存在しない期間は振幅をゼロとする（バースト変調）、のように行われる。

なお、ここで行う変調においては、（1）符号列の第 1 の符号の開始時刻、符号列の第 1 の符号の終了時刻、符号列の第 2 の符号の開始時刻、...、符号列の第 4 の符号の終了時刻が搬送波ごとに異ならないように、かつ、（2）符号間の間隔を開けない、ように行われる。したがって、搬送波 601 については 1 波長 1 符号、搬送波 602 については 2 波長 1 符号、搬送波 603 については 1 波長 3 符号とする。すなわち、ある周波数 f に対して k 番目の搬送波の周波数が $a_k f$ （ a_k は 1 以上の整数）である場合に、 k 番目の搬送波を a_k 波長 1 符号、とする。符号列 701 を用いて 2 MHz の搬送波 601 を変調してバースト状の変調信号（以下、「バースト変調信号」と呼ぶ）801 が生成される。同様に、符号列 702 を用いて 4 MHz の搬送波 602 を変調してバースト変調信号 802 が生成される。同様に、符号列 703 を用いて 6 MHz の搬送波 603 を変調してバースト変調信号 803 が生成される。

【0027】

最後に、多重化部 14 が n 個のバースト変調信号を多重化し、送信信号を生成する（ステップ S14）。例えば、変調信号 801、変調信号 802、変調信号 803 の振幅を揃えて加算する多重化処理により、送信信号 900 が生成される。

図 3 に戻って説明を続ける。次に、送信信号処理部 20 が送信ビームフォーミングを行う（ステップ S20）。具体的には、上述したように、超音波ビームの送信タイミングについて振動子毎に遅延時間を設定し、送信信号 900 を遅延時間だけ遅らせることで、素子駆動信号を振動子毎に生成する。送信信号処理部 20 は、生成した素子駆動信号を超音波探触子 2 の対応する各振動子に送出する。

【0028】

次に、超音波探触子 2 より被検体内に超音波ビームを送信する（ステップ S30）。具体的には、上述したように、超音波探触子 2 の各振動子が自身に対応する素子駆動信号を超音波に変換することで、超音波ビームが被検体内に送出される。

次に、超音波探触子 2 が被検体内から得た反射超音波を素子受信信号に変換する（ステップ S40）。具体的には、上述したように、超音波探触子 2 の各振動子がそれぞれ反射超音波を電気信号に変換し、その電気信号を素子受信信号として受信信号処理部 30 に送出する。

【0029】

次に、受信信号処理部 30 が素子受信信号に整相加算を施し、音響線信号に変換する（ステップ S50）。受信信号処理部 30 は、素子受信信号を増幅した後、被検体内の 1 のフォーカス点からの反射超音波の受信タイミングが同一となるように素子受信信号各々に遅延処理を行った後に遅延後の素子受信信号を加算し、音響線信号を生成する。

次に、復調処理部 40 が音響線信号に相関処理を施して時系列信号に変換する（ステップ S60）。まず、参照信号生成部 41 が送信信号生成部 10 と同じ動作（上述したステップ S10 と同様の動作）を行うことで、送信信号と同一の参照信号が生成される。次に

、複数の時差を設定し、それぞれの時差を用いて時刻を早めるようにシフトした複数の音響線信号と参照信号との相互相関値を算出する。図7は、音響線信号と参照信号との相関処理を示す概略図である。以下、図7の概略図を用いて具体的に説明する。まず、相関処理部42は、複数の時差を設定し、これを用いて音響線信号の時刻を早め、シフト処理後の音響線信号（以下、「シフト信号」と呼ぶ）を時差の数だけ生成する。例えば、送信信号の開始タイミングを時刻0とした音響線信号500に対し、時差 t_1 、 t_2 、 t_3 を設定する。次に、音響線信号500に対し、時差 t_1 、 t_2 、 t_3 を用いて時刻を早めたシフト信号511、512、513を生成する。シフト信号511は音響線信号500における時刻 t_1 を時刻0とした信号、シフト信号512は音響線信号500における時刻 t_2 を時刻0とした信号、シフト信号513は音響線信号500における時刻 t_3 を時刻0とした信号である。次に、各シフト信号と参照信号との相関処理を、例えば、次のように行う。まず、シフト信号が示す最初の値を第1の符号として取り出し、参照信号の第1の符号とを積算し、これを保持する。次に、シフト信号を1符号の時間長だけ遅延させる。これにより、シフト信号が示す値を取り出せば、これがシフト信号における第2の符号となる。取り出した第2の符号と、参照信号の第2の符号とを積算し、これを保持している値に加算する。同様に、シフト信号を1符号の時間長だけ遅延させ、シフト信号が示す値を第3の符号として取り出し、参照信号の第3の符号と積算し、これを保持している値に加算する。同様に、シフト信号を1符号の時間長だけ遅延させ、シフト信号が示す値を第4の符号として取り出し、参照信号の第4の符号と積算し、これを保持している値に加算する。この時点で保持されている値、すなわち、4つの積算値の総和が、シフト信号と参照信号の相互相関値となる。つまり、参照信号における符号数を n とした場合に、時差 t_x のシフト信号の k 番目の符号を A_{xk} 、 n 個の符号からなる参照信号の k 番目の符号を R_k とすると、相互相関値 C_x は次式で与えられる。

10

20

30

40

50

【0030】

【数1】

$$C_x = \sum_{k=1}^n A_{xk} R_k$$

最後に、相互相関値 C_x を時差 t_x と関連付けて時系列信号を生成する。具体的には、相互相関値 C_x を時差 t_x の小さい順に並べたデータを時系列信号とする。時系列信号は、時刻 $t=0$ に送信開始された超音波ビームに対応する反射超音波が時刻 $t=t_x$ にどの程度の強さで受信されたかを示す信号である。そのため、時系列信号は、そのまま高品質な音響線信号として使用できる。

【0031】

図3に戻って説明を続ける。次に、超音波画像生成部50が時系列信号に輝度変換と座標変換を施し、Bモード画像に変換する（ステップS70）。具体的には、包絡線検波、対数圧縮などにより時系列信号の相互相関値を輝度データに変換し、走査線の位置と時差とを直角座標に変換することで、Bモード画像を生成する。

最後に、表示部3にBモード画像を表示する（ステップS80）。具体的には、超音波画像生成部50が生成したBモード画像を表示制御部60が取得し、表示部3に出力する。

【0032】

< 符号列の変調方法 >

送信信号における符号列の変調方法について、以下に詳しく説明する。

図8に、符号列の変調方法の例を示している。以下の説明において、例えば、搬送波の数 n は3であり、各符号列は4つの符号からなるとする。

上述したように、送信信号は、周波数の異なる複数の搬送波に対し、それぞれ対応する符号列によってパースト変調を施した複数の変調信号を合成して作成されるパースト周波数多重信号である。送信信号の相関特性、すなわち相関処理部42から出力されるパルス

圧縮波形の品質を確保するためには、周波数成分毎の相関ピークを一致させることが好ましい。相互相関値は、言い換えれば、音響線信号と参照信号との波形の類似度を示している。周波数成分毎の相関ピークは、音響線信号における当該周波数成分と、参照信号における当該周波数成分との波形が類似している時差に対して検出される。したがって、例えば、送信信号において、各周波数成分が時間的に前または後ろに偏っていると、相関処理において、周波数成分毎に参照信号における着目ポイントがずれているので、周波数成分毎に相関ピークのタイミングの中心が異なってしまうおそれがある。そうすると、時系列信号の相関ピークは中心がずれた複数のピークの合成となるため、相関ピークの時間幅が広がってパルス圧縮波形の品質が低下する原因となってしまう。このため、図8(a)、(b)、(c)の各符号列変調方法では、1回の送信イベントにおける、各搬送波に対する符号列の変調期間(以下、単に「変調期間」と呼ぶ)の時間軸上の中心(図中に t_c で表示)を略一致させている。

10

【0033】

第1の符号列変調方法は、図5で例示した符号列変調方法である。すなわち、搬送波2の周波数が搬送波1の2倍、搬送波3の周波数が搬送波1の3倍である場合に、搬送波1に対しては符号{A1、A2、A3、A4}を1波長1符号で、搬送波2に対しては符号{B1、B2、B3、B4}を2波長1符号で、搬送波3に対しては符号{C1、C2、C3、C4}を3波長1符号で、それぞれ変調期間が一致するように変調する。なお、A1~A4の各々は符号{A1、A2、A3、A4}を構成する1符号であって、具体的には-1、0、1のいずれかである。なお、B1~B4、C1~C4も同様である。

20

【0034】

図8(a)に、第1の符号列変調方法の例を示している。なお、図8(a)において、例えば、1つのA1は、符号A1を用いて1波長分の搬送波を変調した変調信号の一部を示している。すなわち、搬送波2において、B1、B1、...のように同じ符号が2つずつ続いているのは、2波長1符号で変調しているため、B1を1波長1符号で変調した変調信号の一部が2つ連なったような信号となっていることを示している。

【0035】

第1の符号列変調方法は、超音波探触子2の各振動子が充分高速な応答特性(広帯域幅)を有する場合に適した符号列変調方法であり、各符号による変調が中断なく連続的に行われる。パースト変調信号ごとに変調期間が同一となるように、ある周波数 f に対して k 番目の搬送波の周波数が $a_k f$ (a_k は1以上の整数)である場合に、 k 番目の搬送波を a_k 波長1符号、とする。そのため、搬送波の周波数が、ある基本波の周波数 f の整数倍(1倍を含む)となっている必要がある。また、基本波となる搬送波以外において、1符号に対して複数の波長期間を割り当てる必要がある。なお、搬送波の1つが基本波である必要はなく、例えば、2MHzの基本波に対して4MHz、6MHz、10MHzの搬送波を用い、それぞれ、2波長1符号、3波長1符号、5波長1符号となってもよい。

30

【0036】

第2の符号列変調方法は、搬送波1に対しては符号{A1、A2、A3、A4}を1波長1符号で、搬送波2に対しては符号{B1、B2、B3、B4}を1波長1符号で、搬送波3に対しては符号{C1、C2、C3、C4}を1波長1符号で、変調期間の中心時刻が一致するように変調する。図8(b)に、第2の符号列変調方法の例を示している。

40

第2の符号列変調方法は、第1の符号列変調方法と同様に、超音波探触子2の各振動子が充分高速な応答特性(広帯域幅)を有する場合に適した符号列変調方法であり、各符号による変調が中断なく連続的に行われる。しかしながら、全ての搬送波において、1波長1符号となっている。そのため、全ての搬送波の1周期に対して1符号を割り当て、かつ各搬送波に対する符号列の時間的中心位置が一致させることにより、受信信号に対する相関処理がもたらすパルス圧縮効果(パルスレベル増とパルス幅の狭窄化)を理想的に高め、特に高周波成分による高い分解能を有した超音波診断画像を生成することができる。これは、周波数の高い周波数成分ほど変調期間が短くなるため、符号が時間的に散らばらずに時系列信号のパルスの時間幅が短くなるのと、各搬送波に対する符号列の時間的中心位

50

置が一致しているため、周波数成分毎の相関ピークが時間的に集中するからである。また、変調期間が変調信号ごとに異なってもよいから、搬送波の周波数が、ある基本波の周波数の整数倍（1倍を含む）となっている必要はなく、搬送波の周波数は、超音波探触子2の応答帯域に適していれば、任意の周波数のものを使用することができる。この第2の符号列変調方法によれば、高周波の超音波と低周波の超音波の双方の特性を生かせるため、SNR向上と画質改善を両立させることができる。

【0037】

第3の符号列変調方法は、搬送波1に対しては符号{A1、A2、A3、A4}を1波長1符号で、搬送波2に対しては符号{B1、B2、B3、B4}を1波長1符号で、搬送波3に対しては符号{C1、C2、C3、C4}を1波長1符号で、変調信号における各符号の中心時刻が一致するように変調する。図8(c)に、第3の符号列変調方法の例を示している。

10

【0038】

第3の符号列変調方法は、第1及び第2の符号列変調方法とは逆に、超音波探触子2の各振動子の応答特性が変調速度（符号の遷移速度）に対して充分ではない場合に適した符号列変調方法である。振動子の応答特性が変調速度に対して十分でない場合、いわゆる「尾引き現象」により前符号による変調状態が次符号の期間でも残存し、符号間干渉が発生する。これにより、送信信号品質が劣化し参照信号との相関性が低下して、パルス圧縮波形を劣化させる可能性がある。この符号列変調方法では、特に周波数の高い搬送波における符号間干渉を回避するため、各符号による変調期間の間に無信号期間（インターバル）を設けている。但し、無信号期間を挿入すると、パルス圧縮波形の狭窄化効果が低下する可能性があるため、インターバルの設定有無については、振動子の応答特性を考慮しながらパルス圧縮波形の品質の観点から選択される。振動子の応答特性が理想的、すなわち十分に広帯域である場合に、2MHz、4MHz、6MHz、8MHzの搬送波を用いて第2の符号列変調方法を用いた場合の送信符号の相関特性（パルス圧縮波形）を図9(a)に、第3の符号列変調方法を用いた場合の送信符号の相関特性（パルス圧縮波形）を図9(b)にそれぞれ示す。図9(a)に示すように、インターバルを設けない場合は、各周波数成分に応じたパルス幅を有した圧縮波形を重ね合わせたほぼ理想的な相関特性を示しているのに対して、図9(b)に示すように、インターバルを設けることで、当該相関特性に若干の劣化が生じている。すなわち、第3の符号列変調方法では、「尾引き現象」による符号間干渉による劣化を回避できる半面、インターバルを設けることによる相関関係の劣化が生じる。したがって、超音波探触子2の応答特性が十分でなく、インターバルを設けることによる相関関係の劣化より「尾引き現象」による符号間干渉による劣化が大きい場合に、第3の符号列変調方法を用いることが好ましい。このようにすることで、第2の符号列変調方法における利点に加えて、特に高周波成分に対する探触子の応答性に起因した波形劣化が、受信信号に対するパルス圧縮効果に及ぼす影響（パルスレベル低下、パルス幅の増大、不要信号成分の発生）を低減し、高品質の超音波画像信号を生成することができる。

20

30

【0039】

第4の符号列変調方法は、搬送波1に対しては符号{A1、A2、A3、A4}を1波長1符号で、搬送波2に対しては符号{B1、B2、B3、B4}を1波長1符号で、搬送波3に対しては符号{C1、C2、C3、C4}を1波長1符号で、変調信号における各符号の開始時刻が一致するように変調する。図8(d)に、第4の符号列変調方法の例を示している。

40

【0040】

第4の符号列変調方法は、第3の符号列変調方法と同様に、超音波探触子2の各振動子の応答特性が変調速度（符号の遷移速度）に対して充分ではない場合に適した符号列変調方法である。各変調信号において、符号の開始タイミングが揃っているため、変調部の制御が容易である。すなわち、変調部は、1の符号について、変調の開始タイミングを揃え、自身の変調が終わってから他の変調部の変調が終了するまでインターバルを設け、全て

50

の変調部の変調が終了すると次の符号を処理すればよい。従って、第3の符号変調方法の利点を享受しつつ、一般的な同期式デジタル回路に適した制御を行うことができる。

【0041】

<符号列割り当て方法>

各搬送波に対する符号列の割り当て方法について、以下に詳しく説明する。

図10に、符号列の割り当て方法の例を示している。ここで、搬送波の数 n は3であり、各符号列は4つの符号からなる。また、符号列の変調方法として、第3の符号列変調方法を使用した場合を示しているが、この場合に限られず、第1、第2、または、第4の符号列変調方法を使用した場合についても同様である。

【0042】

具体的に用いる符号としては、M系列やGold符号等の疑似雑音符号(PN符号)、Barker符号やGolay符号等の相補符号が挙げられる。これらの符号列の割り当て方法は、どのような相関性能を有した符号列を用いるかによって、以下の割り当て方法のうちから最適なものを選択する必要がある。

第1の符号列の割り当て方法は、図5で例示したように、搬送波ごとに全く異なる符号列を割り当てる方法である。すなわち、搬送波1に対しては符号列{A1、A2、A3、A4}を、搬送波2に対しては符号列{B1、B2、B3、B4}を、搬送波3に対しては符号列{C1、C2、C3、C4}を、それぞれ割り当てる。図10(a)に、第1の符号列の割り当て方法を例示する。自己相関値が充分高く、相互相関値が充分低い符号列を用いる場合に、好ましい割り当て方法である。送信信号の複雑性が増し、より最適な相関性(高い自己相関値と低い相互相関値)を有するためである。一方で、符号列の相関性能が充分でない場合は、各搬送波の符号列が互いに干渉し合うため、送信信号の相関性、すなわちパルス圧縮波形を劣化させる要因となる。いずれの符号を用いる場合であっても、符号列の数が増えるほど相互相関値を低く保つことが困難となるため、相互相関値が低く自己相関値が高い符号列の数は必然的に限られてくる。従って、第1の符号の割り当て方法は、搬送波数が少ない場合に好ましい。

【0043】

第2の符号の割り当て方法は、搬送波1に対しては符号列{A1、A2、A3、A4}を、搬送波2に対しては符号列{A4、A1、A2、A3}を、搬送波3に対しては符号列{A3、A4、A1、A2}を、それぞれ割り当てる。すなわち、同一の符号列の位相を異ならせて複数の搬送波に割り当てる。符号列の位相が異なるとは、同じ符号長 L からなる2つの符号列において、一方の符号列を2つ連続させた符号列から、先頭以外の符号を先頭として、連続した L 個の符号を符号列として抜き出したときに、他方の符号列となるような関係をいう。上述の例では、搬送波1に対する符号列を2つ連続させた符号列{A1、A2、A3、A4、A1、A2、A3、A4}から、4符号目(1つめのA4)を先頭に連続する4つの符号を抜き出すと搬送波2に対する符号列に、3符号目(1つめのA3)を先頭に連続する4つの符号を抜き出すと搬送波3に対する符号列に、それぞれ一致する。図10(b)に、第2の符号の割り当て方法による符号列を例示する。自己相関値は高いが、相互相関値が充分低くない符号列を用いる場合に、好ましい割り当て方法である。つまり、符号列の位相を異ならせることにより、符号列間の相互相関値を低下させる。第1の符号の割り当て方法と比べて、送信信号の複雑性と相関性が低下するものの、搬送波の数が多く、相互相関値が低く自己相関値が高い符号列を搬送波の数だけ確保できない場合には、第2の符号の割り当て方法を用いることで、容易に複数の符号列を準備することができる。

【0044】

第3の符号の割り当て方法は、搬送波1、搬送波2、搬送波3の全てに対して同一の符号列{A1、A2、A3、A4}を割り当てる。自己相関値が充分高くなく、相互相関値が充分低くない符号列を用いる場合に、好ましい割り当て方法である。図10(c)に、第3の符号の割り当て方法を例示する。第2の符号の割り当て方法と比べて、送信信号の複雑性と相関性がさらに低下するものの、自己相関値が充分高くなくことから符号列間の

10

20

30

40

50

干渉による悪影響も小さい。特に、容易に多くの符号列を準備することができるため、搬送波の数が多く、かつ、符号列の自己相関値が充分高くない場合には最適となる割り当て方法である。

【0045】

<まとめ>

上記構成により、高品位な時系列信号を生成することが可能となる。これは、相互相関値が、(1)シフト信号と参照信号とが同一の波形を有し、かつ位相が同一である場合のみ大きな値をとる、(2)相互相関値はシフト信号の振幅に比例する、という2つの性質を持つためである。これにより、時系列信号は、シフト信号と参照信号との相対位相差が0である場合のみ急峻なピークを示し、それ以外ではほぼ0の値をとる。すなわち、不要な信号成分を抑圧した高品質なパルス圧縮波形が得られる。ここで、パルス圧縮とは、(1)ピークの信号を強め、不要な信号を抑圧することによるSNRの向上、と、(2)ピークの時間幅を狭くすることによる解像度の向上、との2つを指す。また、反射超音波に高周波が含まれている場合には高周波を変調した変調信号による高分解能な時系列信号が生成できる。また、反射超音波において高周波が減衰している場合には、低周波を変調した変調信号による時系列信号が生成できる。そのため、SNR向上と画質改善を両立させることができる。また複数の搬送波を1つの送信信号に束ねるため、走査回数は搬送波数に依存せず、搬送波の数がフレームレートに影響を及ぼすことはない。

10

【0046】

また、相関処理はメモリと積算のみのデジタル処理により実施可能であるため、複雑な回路を必要としない。さらに、音響線信号から生成された時系列信号は、従来技術による音響線信号と同じ扱いでよいので、音響線信号に対する種々の技術をそのまま適用することができる。

20

さらに、超音波探触子の応答帯域に適した搬送波を用いることで、広帯域かつ変換効率の高い送信信号を生成できるので、電気信号から超音波信号への変換ロスを低減させることが可能となる。

【0047】

変形例1

実施の形態1では、符号列の種類について特に規定しなかったが、本変形例では、符号列としてGolay符号を用い、Golay符号の特性を引き出した構成であることを特徴とする。Golay符号は、2相の符号列、すなわち第1の符号列と第2の符号列からなる。Golay符号は、同じだけ位相がずれている同一符号間の相互相関、すなわち符号間干渉において、第1の符号列と第2の符号列とでは相互相関値のサイドローブ成分の符号が反転する特性がある。そのため、第1の符号列を用いた送信信号と当該送信信号に対する反射超音波に基づく音響線信号との相関処理を行って第1の相関信号を生成した後、第2の符号列を用いた送信信号と当該送信信号に対する反射超音波に基づく音響線信号との相関処理を行って第2の相関信号を生成し、第1の相関信号と第2の相関信号とを集計して1つの時系列信号を生成する。これにより、サイドローブ成分を打ち消すことができ、よりパルス圧縮効果を高めた高品質の時系列信号を生成することができる。

30

【0048】

<構成>

図11は、本変形例に係る超音波診断装置101のブロック図である。なお、図1と同じ構成については同じ符号を用い、説明を省略する。

超音波診断装置101は、復調処理部40に替えて、第1の相関信号と第2の相関信号とを集計する機能を持つ復調処理部140を備え、2回の送信イベントにより時系列信号を生成することに特徴があり、それ以外は超音波診断装置1と同じ構成である。

40

【0049】

復調処理部140は、参照信号生成部41と相関処理部42に加えて、相関値集計部143を備える。

相関値集計部143は、第1の符号列に基づく時系列信号と、第2の符号列に基づく時

50

系列信号とを加算し、加算結果を時系列信号として超音波画像生成部50に出力する。相関値集計部143は、内部に第1の符号列に基づく時系列信号を保持するための信号記憶部144と、加算処理を行う加算部145を備える。信号記憶部144は、例えば、RAM、フラッシュメモリ、ハードディスク等で実現される記憶媒体である。

【0050】

<動作>

図12は超音波診断装置101の動作を示すフローチャートである。なお、図3と同じ動作については同じステップを用い、説明を省略する。

まず、第1の符号列に基づく処理を開始する(ステップS101)。

まず、超音波生成部において第1の送信信号を生成する(ステップS110)。このとき、第1の送信信号は第1の符号列に基づいて生成される。

【0051】

次に、送信信号処理部20が送信ビームフォーミングを行う(ステップS20)。

次に、超音波探触子2より超音波ビームを送信する(ステップS30)。

次に、超音波探触子2が反射超音波を素子受信信号に変換する(ステップS40)。

次に、受信信号処理部30が素子受信信号に整相加算を施し、音響線信号に変換する(ステップS50)。

【0052】

次に、復調処理部40が音響線信号に相関処理を施して第1の相関信号に変換する(ステップS160)。まず、参照信号生成部41が送信信号生成部10と同様の動作を行うことで、第1の送信信号と同一の第1の参照信号が生成される。次に、複数の時差を設定し、それぞれの時差を用いて時刻を早めるようにシフトした複数の音響線信号と第1の参照信号との相互相関値を算出する。最後に、相互相関値を時差と関連付けて第1の相関信号を生成する。第1の相関信号は、信号記憶部144が保持を行う。

【0053】

続けて、第2の符号列に基づく処理を開始する(ステップS102、S103)。同様に、ステップS110からステップS160までを、第2の符号列に基づいて行う。具体的には、超音波生成部において第2の符号列に基づいて第2の送信信号を生成し(ステップS110)、第2の送信信号に基づく超音波ビームの送信(ステップS20、S30)と反射超音波に基づく音響線信号の生成(ステップS40、S50)が行われる。そして、第2の送信信号と同一の第2の参照信号と音響線信号とで相関処理を行い、第2の相関信号が生成される(ステップS160)。

【0054】

次に、相関値集計部143は、第1の相関信号と第2の相関信号とを加算して時系列信号を生成する(ステップS104)。具体的には、第1の相関信号と第2の相関信号はいずれも時差の関数であるので、同一の時差に対応する第1の相関信号の相関値と第2の相関信号の相関値とを加算部145で加算して、当該時差に対応する相関値とする。この処理により、相互相関処理によるサイドローブ成分が取り除かれた高品質な時系列信号が生成される。

【0055】

次に、超音波画像生成部50が時系列信号に輝度変換と座標変換を施し、Bモード画像に変換する(ステップS70)。

最後に、表示部3にBモード画像を表示する(ステップS80)。

<まとめ>

本変形例では、符号列としてGolay符号を用い、第1の符号列を用いた第1の送信信号と当該送信信号に対する反射超音波に基づく音響線信号との相関処理による第1の相関信号と、第2の符号列を用いた送信信号と当該送信信号に対する反射超音波に基づく音響線信号との相関処理による第2の相関信号とを加算して、1つの時系列信号を生成する場合について説明した。これにより、Golay符号の特性を生かして不要なサイドローブ成分を打ち消すことができ、よりパルス圧縮効果を高めた高品質の時系列信号を生成す

10

20

30

40

50

ることができる。

【0056】

変形例2

実施の形態1および変形例1では、素子受信信号を整相加算した音響線信号に対して相関処理を行い、時系列信号を生成する場合について説明した。これに対し、本変形例では、整相加算による信号劣化を防ぐため、素子受信信号に対して相関処理を行った後に相関処理を行う場合について説明する。

【0057】

<構成>

図13は、本変形例に係る超音波診断装置201のブロック図である。なお、図1と同じ構成については同じ符号を用い、説明を省略する。

超音波診断装置201は、超音波探触子2の各振動子からの出力が複数の復調処理部240-1~240-3のそれぞれに接続され、複数の復調処理部240-1~240-3の出力が整相加算を行う受信信号処理部230に接続されていることに特徴があり、それ以外は超音波診断装置1と同じ構成である。なお、図13には復調処理部240は3つしか図示していないが、復調処理部240は1対1で超音波探触子の各振動子と接続されており、復調処理部240は超音波探触子2の振動数の数だけ存在する。

【0058】

復調処理部240は、超音波探触子2の振動子から素子受信信号を直接受け取り、素子受信信号と相関信号とを行って時系列信号を素子時系列信号として出力することに特徴がある。構成は、復調処理部40と同じであるので図示および詳細な説明を省略する。

受信信号処理部230は、素子時系列信号に整相加算を施し、時系列信号に変換する。構成は、素子受信信号に替えて素子時系列信号に整相加算を行い、結果を時系列信号として出力すること以外は、受信信号処理部30と同じ構成である。具体的には、各素子時系列信号について、被検体内の1のフォーカス点からの反射超音波の受信タイミングが同一となるように各素子時系列信号各々に遅延処理を行った後に遅延後の素子時系列信号を加算し、時系列信号を生成する。

【0059】

<動作>

超音波診断装置201の動作を、図14のフローチャートを用いて説明する。

まず、送信信号生成部10において送信信号を生成する(ステップS10)。

次に、送信信号処理部20が送信ビームフォーミングを行う(ステップS20)。

次に、超音波探触子2より被検体内に超音波ビームを送信する(ステップS30)。

【0060】

次に、超音波探触子2が被検体内から得た反射超音波を素子受信信号に変換する(ステップS40)。

次に、復調処理部240が素子受信信号に相関処理を施して素子時系列信号に変換する(ステップS250)。生成される参照信号は、実施の形態1または変形例1と同じく、送信信号と同一である。次に、複数の時差を設定し、それぞれの時差を用いて時刻を早めるようにシフトした複数の素子受信信号と参照信号との相互相関値を算出する。最後に、相互相関値を時差と関連付けて素子時系列信号を生成する。この動作を、超音波探触子2の各振動子に対応した復調処理部240がそれぞれ行い、復調処理部240の数だけ素子時系列信号が生成される。

【0061】

次に、受信信号処理部230が素子時系列信号に整相加算を施し、時系列信号に変換する(ステップS260)。受信信号処理部230は、被検体内の1のフォーカス点からの反射超音波の受信タイミングが同一となるように素子時系列信号各々に遅延処理を行った後に遅延後の素子時系列信号を加算し、時系列信号を生成する。

次に、超音波画像生成部50が時系列信号に輝度変換と座標変換を施し、Bモード画像に変換する(ステップS70)。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

最後に、表示部 3 に B モード画像を表示する（ステップ S 8 0 ）。

< まとめ >

本変形例では、素子受信信号の各々に対して相関処理を行って素子時系列信号を生成し、素子時系列信号に整相加算を行うことで音響線信号を生成する場合について説明した。このようにすることで、整相加算による信号の劣化、特にダイナミックフォーカス動作による波形劣化などの影響を受けずに相関処理を行うことができ、より高品質の音響線信号を生成することができる。

【 0 0 6 3 】

なお、実施の形態 1 および当変形例で説明したように、参照信号を用いて相関処理を行う対象は、素子受信信号、または、素子受信信号に整相加算をおこなった音響線信号（以下、素子受信信号と、素子受信信号に基づく音響線信号をまとめて単に「受信信号」と呼ぶ）のいずれであってもよい。すなわち、受信信号と参照信号の相関処理を行うことで、振動子単位または整相加算後の時系列信号を生成することができる。

10

【 0 0 6 4 】

実施の形態 2

実施の形態 1 では、相関処理において、音響線信号と、送信信号と同一の参照信号との相関値を算出する場合について説明した。これに対し、本実施の形態は、音響線信号の各周波数成分と、各変調信号と同一の相関値とを算出し、合算することで音響線信号と参照信号との相関値を算出することを特徴とする。

20

【 0 0 6 5 】

< 構成 >

図 1 5 は、本実施の形態に係る超音波診断装置が備えている復調処理部 3 4 0 の機能ブロック図である。復調処理部 3 4 0 は、例えば、搬送波数 3 に対し、チャンネル抽出部 3 4 3 と、複数の参照信号生成部 3 4 1 - 1 ~ 3 4 1 - 3 と、相関処理部 3 4 2 - 1 ~ 3 4 2 - 3 と、合成部 3 4 4 とを備える。なお、参照信号生成部 3 4 1 と相関処理部 3 4 2 は、搬送波の数だけ存在する。

【 0 0 6 6 】

チャンネル抽出部 3 4 3 は、音響線信号から、3 個の各搬送波と同一周波数成分を抽出し、第 1 の搬送波と同一周波数成分を相関処理部 3 4 2 - 1 へ、第 2 の搬送波と同一周波数成分を相関処理部 3 4 2 - 2 へ、第 3 の搬送波と同一周波数成分を相関処理部 3 4 2 - 3 へ、それぞれ出力する。チャンネル抽出部 3 4 3 は、例えば、3 個のバンドパスフィルタで構成される。なお、チャンネル抽出部 3 4 3 は、搬送波数だけ出力を持ち、音響線のうち各搬送波と同一周波数成分を相関処理部 3 4 2 の各々に出力する。

30

【 0 0 6 7 】

参照信号生成部 3 4 1 - 1 ~ 3 4 1 - 3 は、それぞれ、送信信号に含まれる各周波数成分、すなわち、変調部によって生成された変調信号と同一の参照信号を生成する。具体的には、参照信号生成部 3 4 1 - 1 は第 1 の搬送波を変調した変調信号を生成して相関処理部 3 4 2 - 1 へ出力し、参照信号生成部 3 4 1 - 2 は第 2 の搬送波を変調した変調信号を生成して相関処理部 3 4 2 - 2 へ出力し、参照信号生成部 3 4 1 - 3 は第 3 の搬送波を変調した変調信号を生成して相関処理部 3 4 2 - 3 へ出力する。図 1 6 に参照信号生成部 3 4 1 のブロック図を示す。参照信号生成部 3 4 1 - 1 ~ 3 4 1 - 3 のそれぞれは、例えば、対応する搬送波のみを生成する搬送波生成部 3 1 1 と、対応する符号のみを生成する符号生成部 3 1 2 と、変調部 1 3 1 とを備える。

40

【 0 0 6 8 】

相関処理部 3 4 2 - 1 ~ 3 4 2 - 3 は、それぞれ、チャンネル抽出部 3 4 3 から受け取った音響線信号の単一周波数成分（以下、「音響線成分」と呼ぶ）と、対応する参照信号生成部 3 4 1 - 1 ~ 3 4 1 - 3 のいずれかから受け取った音響線成分と同一周波数の参照信号との相関処理を行い、時差と相互相関値とを対応付けた成分時系列信号を生成して合成部 3 4 4 に出力する。

50

【 0 0 6 9 】

合成部 3 4 4 は、相関処理部 3 4 2 - 1 ~ 3 4 2 - 3 が生成した 3 個の成分時系列信号を合成し、単一の時系列信号を生成する。合成の方法は、同一の時差に対応する複数の相互相関値の代表値を算出することによって行われる。代表値の算出方法は、例えば、同一の時差に対応する複数の相互相関値を加算し、加算結果を当該時差に対応する代表値とすることである。

【 0 0 7 0 】

< 動作 >

本実施の形態に係る超音波診断装置における、復調処理部 3 4 0 の動作について説明する。図 1 7 は、復調処理部 3 4 0 の動作を示すフローチャートである。また、本実施の形態に係る超音波診断装置における、復調処理部 3 4 0 以外の動作は実施の形態 1 と同じであるので、説明を省略する。すなわち、図 3 におけるステップ S 6 0 を、図 1 7 に示すフローチャート全体に置き換えたものが、本実施の形態に係る超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートとなる。

10

【 0 0 7 1 】

まず、チャンネル抽出部 3 4 3 が音響線信号を周波数成分ごとに分離する（ステップ S 3 6 1）。例えば、図 5 に図示された送信信号 9 0 0 を用いた場合、音響線信号を、2 MHz の音響線成分、4 MHz の音響線成分、6 MHz の音響性成分に分離し、それぞれを相関処理部 3 4 2 - 1、相関処理部 3 4 2 - 2、相関処理部 3 4 2 - 3 に出力する。

次に、参照信号生成部 3 4 1 が参照信号を生成する（ステップ S 3 6 2）。具体的には、例えば、変調部 1 3 1 が生成した変調信号と同一の 2 MHz の参照信号を、参照信号生成部 3 4 1 - 1 が生成する。詳しくは、搬送波生成部 3 1 1 が生成した 2 MHz の搬送波と符号生成部 3 1 2 が生成した符号列とを用いて変調部 1 1 3 が変調処理を行うことで参照信号が生成される。同様に、変調部 1 3 2 が生成した 4 MHz の変調信号と同一の参照信号を参照信号生成部 3 4 1 - 2 が生成し、変調部 1 3 3 が生成した 6 MHz の変調信号と同一の参照信号を参照信号生成部 3 4 1 - 3 が生成する。

20

【 0 0 7 2 】

次に、復調処理部 4 0 が音響線成分に相関処理を施して成分時系列信号に変換する（ステップ S 3 6 3）。個々の相関処理部 3 4 2 - 1 ~ 3 4 2 - 3 が、それぞれ、複数の時差を設定し、それぞれの時差を用いて時刻を早めるようにシフトした複数の音響線信号と参照信号との相互相関値を算出する。これにより、相関処理部 3 4 2 - 1 が音響線信号の 2 MHz 成分と 2 MHz の参照信号とにおける相互相関値と時差との関係を示す成分時系列信号を生成し、相関処理部 3 4 2 - 2 が音響線信号の 4 MHz 成分と 4 MHz の参照信号とにおける相互相関値と時差との関係を示す成分時系列信号を生成し、相関処理部 3 4 2 - 3 が音響線信号の 6 MHz 成分と 6 MHz の参照信号とにおける相互相関値と時差との関係を示す成分時系列信号を生成する。

30

【 0 0 7 3 】

次に、合成部が成分時系列信号を合成し、時系列信号を生成する（ステップ S 3 6 4）。具体的には、3 つの成分時系列信号において、同一の時差に対応する複数の相互相関値を加算して当該時差に対応する代表値とし、時系列信号を生成する。

40

< まとめ >

本実施の形態では、音響線信号の各々の周波数成分に対して相関処理を行って成分時系列信号を生成し、それらを合成することで時系列信号を生成する場合について説明した。このようにすることで、一度の超音波の送受信で複数の周波数の超音波を用いて相関処理を行えるため、フレームレートが搬送波数に依存して低下することなく、SNR と画質改善を両立した高品質の音響線信号を生成することができる。

【 0 0 7 4 】

変形例 1

実施の形態 2 では、チャンネル抽出をバンドパスフィルタで行う場合について説明した。本変形例では、符号列の変調方式を工夫することで、チャンネル抽出を容易にする方法につ

50

いて説明する。

<変調方式>

本変形例では、図8(a)に図示した第1の符号列の変調方法に従って、(1)搬送波の周波数が、ある基本波の周波数 f の整数倍(1倍を含む)となっている、(2)バースト変調信号ごとに変調期間が同一となるように符号列を生成する。すなわち、ある周波数 f に対して k 番目の搬送波の周波数が $a_k f$ (a_k は1以上の整数)である場合に、 k 番目の搬送波を a_k 波長1符号とする、の2条件を満たすように符号列を生成する。さらに、変調信号が互いに直交状態となるように直交周波数分割多重(OFDM; Orthogonal Frequency Division Multiplexing)を行う。

【0075】

10

<チャンネル抽出>

本変形例に係るチャンネル抽出部は、高速フーリエ変換(FFT; Fast Fourier Transform)処理により、音響線信号を各周波数成分(音響性成分)に分割する。

<まとめ>

本変形例の構成により、チャンネル抽出部による音響線信号を各周波数成分に分割する処理をより簡易な回路で行うことができる。

【0076】

変形例2

実施の形態1の変形例1では、符号列としてGolay符号を用い、サイドローブ成分を打ち消す構成について説明した。本変形例では、同様に、周波数成分毎に相関処理を行い、さらにGolay符号を用いてサイドローブ成分を打ち消す構成について説明する。

20

<構成>

図18は、本変形例に係る復調処理部440のブロック図である。復調処理部440は、実施の形態1の変形例1における復調処理部140と同じく、信号記憶部144と加算部145を備える相関値集計部143を備えることに特徴がある。

【0077】

<動作>

図19は、復調処理部440の動作を示すフローチャートである。なお、図12、17と同じ動作については同じステップを用い、説明を省略する。また、本実施の形態に係る超音波診断装置における、復調処理部440以外の動作は実施の形態1の変形例1と同じであるので、説明を省略する。すなわち、図12におけるステップS160を、図19に示すステップS361~S464に置き換えたものが、本実施の形態に係る超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートとなる。

30

【0078】

まず、第1の符号列に係る送信イベントの処理を行う(ステップS101)。

まず、チャンネル抽出部343が音響線信号を周波数成分ごとに分離する(ステップS361)。

次に、参照信号生成部341が参照信号を生成する(ステップS462)。具体的には、例えば、変調部131が生成した第1の符号列に係る変調信号と同一の2MHzの参照信号を、参照信号生成部341-1が生成する。同様に、変調部132が生成した第1の符号列に係る変調信号と同一の4MHzの参照信号を参照信号生成部341-2が生成し、変調部133が生成した第1の符号列に係る変調信号と同一の6MHzの参照信号を参照信号生成部341-3が生成する。

40

【0079】

次に、復調処理部40が第1の符号列に係る音響線成分に相関処理を施して成分時系列信号に変換する(ステップS463)。個々の相関処理部342-1~342-3が、それぞれ、複数の時差を設定し、それぞれの時差を用いて時刻を早めるようにシフトした複数の音響線信号と参照信号との相互相関値を算出する。

次に、合成部が第1の符号列に係る成分時系列信号を合成し、第1の符号列に係る時系

50

列信号を生成する（ステップ S 4 6 4）。

【 0 0 8 0 】

次に、第 2 の符号列に係る送信イベントの処理を行う（ステップ S 1 0 2）。

まず、チャンネル抽出部 3 4 3 が音響線信号を周波数成分ごとに分離する（ステップ S 3 6 1）。

次に、参照信号生成部 3 4 1 が参照信号を生成する（ステップ S 4 6 2）。具体的には、例えば、変調部 1 3 1 が生成した第 2 の符号列に係る変調信号と同一の 2 M H z の参照信号を、参照信号生成部 3 4 1 - 1 が生成する。同様に、変調部 1 3 2 が生成した第 2 の符号列に係る変調信号と同一の 4 M H z の参照信号を参照信号生成部 3 4 1 - 2 が生成し、変調部 1 3 3 が生成した第 2 の符号列に係る変調信号と同一の 6 M H z の参照信号を参照信号生成部 3 4 1 - 3 が生成する。

10

【 0 0 8 1 】

次に、復調処理部 4 0 が第 2 の符号列に係る音響線成分に相関処理を施して成分時系列信号に変換する（ステップ S 4 6 3）。個々の相関処理部 3 4 2 - 1 ~ 3 4 2 - 3 が、それぞれ、複数の時差を設定し、それぞれの時差を用いて時刻を早めるようにシフトした複数の音響線信号と参照信号との相互相関値を算出する。

次に、合成部が第 2 の符号列に係る成分時系列信号を合成し、第 2 の符号列に係る時系列信号を生成する（ステップ S 4 6 4）。

【 0 0 8 2 】

最後に、相関値集計部 1 4 3 は、第 1 の相関信号と第 2 の相関信号とを加算して時系列信号を生成する（ステップ S 1 0 4）。この処理により、符号間干渉によるノイズが取り除かれた高品質な時系列信号が生成される。

20

< まとめ >

本変形例では、周波数成分ごとに相関処理を行う場合において、G o l a y 符号の特性を生かすことで、不要なサイドローブ成分が取り除かれた高品質な時系列信号が生成される。

【 0 0 8 3 】

変形例 3

実施の形態 1 の変形例 2 では、整相加算前の素子受信信号に対して相関処理を行うことで、整相加算による信号劣化を防ぎ、より高品質な時系列信号を生成する構成について説明した。本変形例では、同様に、素子受信信号について周波数成分毎に相関処理を行い、相関処理後に整相加算を行うことで、より高品質な時系列信号を生成する構成について説明する。

30

【 0 0 8 4 】

< 構成 >

本変形例に係る超音波診断装置 5 0 1 のブロック図を図 2 0 に示す。超音波診断装置 5 0 1 は、周波数成分毎に相関処理を行う復調処理部 5 4 0 を超音波探触子 2 の振動子の数だけ備えていることに特徴があり、その他の構成は実施の形態 1 の変形例 2 に係る超音波診断装置 2 0 1 と同様である。なお、図 1 3 と同様に、図 2 0 には復調処理部 5 4 0 は 3 つしか図示していないが、復調処理部 5 4 0 は 1 対 1 で超音波探触子 2 の各振動子と接続されており、復調処理部 5 4 0 は超音波探触子 2 の振動数の数だけ存在する。

40

【 0 0 8 5 】

復調処理部 5 4 0 は、超音波探触子 2 の振動子から素子受信信号を直接受け取り、素子受信信号と相関信号とを行って時系列信号を素子時系列信号として出力することに特徴がある。構成は、復調処理部 3 4 0 と同じであるので図示を省略する。

< 動作 >

超音波診断装置 5 0 1 の動作については、図 1 4 に示す、超音波診断装置 2 0 1 の動作を示すフローチャートにおいて、ステップ S 2 6 0 を、図 1 7 に示すステップ S 3 6 1 ~ S 3 6 4 に置き換えた動作であるので、詳細な説明を省略する。

【 0 0 8 6 】

50

<まとめ>

本変形例では、超音波探触子の各振動子が受信した素子受信信号に対して、周波数成分ごとに相関処理を行い、周波数成分で集計した後さらに信号仕事の集計（整相加算）を行う。そのため、整相加算による波形の劣化、特にダイナミックフォーカス動作による波形劣化を防いだ、高品質な時系列信号が生成される。

【0087】

実施の形態に係るその他の変形例

(1) 実施の形態1、2、および各変形例において、各搬送波を矩形波として図示したが、本発明は必ずしもこの場合に限られず、例えば、各搬送波は正弦波であってもよい。また、図7(b)～(d)および(a)における基本波では、1波長1符号としたが、例えば、複数の波長周期に対して1つの符号が割り当ててもよい。

10

【0088】

また、送信信号生成部10において変調および多重化を行うことで送信信号を生成する場合について説明したが、本発明は必ずしもこの場合に限られない。例えば、送信信号生成部は、搬送波生成部と符号列生成部と変調部とに替えてメモリと制御回路を備え、メモリは、生成に用いた符号列や搬送波の周波数が異なる、複数の変調信号の波形を予め記憶しており、制御回路は、変調信号の波形データをメモリから読み出し、多重化部14に出力してもよい。また、例えば、送信信号生成部は、さらに多重化部を欠く構成であり、メモリは複数の変調信号を多重化した複数の送信信号の波形を予め記憶しており、制御回路は、送信信号の波形データをメモリから読み出して送信信号処理部20に出力してもよい。

20

【0089】

(2) 実施の形態1、2、および各変形例において、参照信号は参照信号生成部41または341-1～341-nによって生成され、送信信号または変調信号と同一である場合について説明したが、本発明は必ずしもこの場合に限られない。例えば、復調処理部40は参照信号生成部41を備えず、送信信号生成部10が生成した送信信号をそのまま参照信号として用いてもよい。

【0090】

また、実施の形態1の変形例2、実施の形態2の変形例3では、複数の変調処理部がそれぞれ参照信号生成部を有す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、実施の形態1の変形例2において、複数の変調処理部は、1つの参照信号生成部を共有するとしてもよい。同様に、例えば、実施の形態2の変形例3において、複数の変調処理部は、異なる周波数の参照信号を生成する参照符号生成部の組み合わせ（例えば、参照信号生成部341-1～341-3）を共有するとしてもよい。

30

【0091】

また、参照信号は送信信号と同一である場合に限られず、例えば、参照信号は送信信号より所定の時間遅れた信号であってもよい。この場合において、相関処理部42、341-1～341-nは、送信信号と参照信号との時間差を時差の値に加算することで、送信信号と音響線信号、素子受信信号、または、音響線成分との時間差を算出できる。

また、上述(1)と同様に、参照信号生成部は、参照信号の波形データまたは参照信号の周波数成分の波形データを予め記憶しているメモリと、メモリから波形データを読み出す制御回路で構成されてもよい。

40

【0092】

(3) 実施の形態1の変形例2、実施の形態2の変形例3において、さらに、Golay符号を用いるために、実施の形態1に係る変形例1、実施の形態2に係る変形例2を適用してもよい。すなわち、Golay符号を用いて、さらに、超音波探触子の振動子ごとに相関処理を行ってもよい。例えば、実施の形態1の変形例2において、復調処理部240に替えて復調処理部140を用いることで、Golay符号を用いた第1の符号列に係る時系列信号と第2の符号列に係る時系列信号との加算と、振動子ごとの相関処理とを両立できる。

50

【0093】

(4) 実施の形態1の変形例2および実施の形態2の変形例3において、変調処理部240-1~240-3または復調処理部540-1~540-3が超音波探触子の数だけ存在する場合について説明した。しかしながら、本発明は必ずしもこの場合に限られない。例えば、反射超音波の受信において、同時に受信処理を行う振動子の数が p (p は2以上で振動子の総数 m より小さい整数)以下である場合、超音波診断装置は p 個の復調処理部240-1~242-pまたは p 個の復調処理部540-1~540-pを備えと p 個の復調処理部240-1~242-pまたは p 個の復調処理部540-1~540-pと、超音波探触子2の各振動子との間に、 m 対 p の回路切り替え部を備える、としてもよい。このようにすることで、復調処理部の数を最低限に抑えながら、必要な復調処理を行うことができる。

10

【0094】

(5) 実施の形態2および変形例2、3では符号列の変調方法について、実施の形態2および各変形例では符号列の割り当て方法について特に記載していないが、符号列の変調方法および符号列の割り当て方法を変えることによる効果は、実施の形態1で説明した内容と同様である。

また、符号列の変調方法について、搬送波ごとに符号列が異なる割り当て方法(図10の(a)に図示した第1の符号列の割り当て方法)についてのみ説明しているが、符号列の変調方法を変えることによる効果は、符号列の割り当て方法に関わらず同様である。

【0095】

(6) 実施の形態1、2および各変形例に係る超音波診断装置は、超音波画像生成部50と表示制御部60とを備え、外部に接続された超音波探触子2を用いて超音波の送受信を行い、時系列信号、または、素子時系列信号に基づく音響線信号からBモード画像を生成して表示部3に表示する場合について説明した。しかしながら、本発明は必ずしもこの場合に限られない。例えば、超音波探触子2や表示部3は超音波診断装置の一部として構成されてもよい。また、例えば、超音波画像生成部50は、Bモード画像に替えてAモードやMモード等、他の画像を生成してもよい。また、例えば、超音波診断装置は、表示制御部60に替えて、または、さらに加えて、Bモード画像等を保存するための記憶媒体やBモード画像等を出力するためのインターフェースを備えていてもよい。または、例えば、超音波診断装置は、超音波画像生成部50に替えて、または、さらに加えて、時系列信号、または、素子時系列信号に基づく音響線信号を保存するための記憶媒体や出力するためのインターフェースを備えていてもよい。

20

30

【0096】

また、超音波探触子2において各振動子は一次元方向に配列されている場合について説明したが、各振動子は、二次元方向に配列されていてもよい。

(7) 各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、復調処理部を1チップで実現してもよいし、送信信号生成部のみを1チップで実現し、送信信号処理部等を別のチップで実現してもよい。

40

【0097】

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りコンフィギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

【0098】

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

50

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。

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、CD-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、ネットワークを経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。

【0099】

(7) 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。

10

【0100】

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。

20

【0101】

< 補足 >

(1) 実施の形態に係る超音波診断装置は、超音波探触子を用いて超音波を被検体に対して送受信し、反射超音波に基づいて時系列信号を生成する超音波診断装置であって、周波数の異なる複数の搬送波を、それぞれ符号列で位相変調し、位相変調により生成した複数の変調信号を多重化し、多重化した信号を送信信号として前記超音波探触子を発音駆動させる送信信号生成部と、反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子を通じて取得し、前記搬送波に位相変調を施した符号列を用いて生成した参照信号と、前記受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を算出する処理を行い、時系列信号を生成する復調処理部とを備えることを特徴とする。

30

また、実施の形態に係る超音波信号処理方法は、超音波探触子を用いて超音波を被検体に対して送受信し、反射超音波に基づいて時系列信号を生成する超音波診断装置における、超音波信号処理方法であって、周波数の異なる複数の搬送波を、それぞれ符号列で位相変調し、位相変調により生成した複数の変調信号を多重化し、多重化した信号を送信信号として前記超音波探触子を発音駆動させ、反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子を通じて取得し、前記搬送波に位相変調を施した符号列を用いて生成した参照信号と、前記受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を算出する処理を行い時系列信号を生成することを特徴とする。

40

また、実施の形態に係るプログラムは、超音波探触子を用いて超音波を被検体に対して送受信し、反射超音波に基づいて時系列信号を生成する超音波診断装置において、前記超音波診断装置に用いられるプロセッサに超音波信号処理を実行させるためのプログラムであって、前記超音波信号処理は、周波数の異なる複数の搬送波を、それぞれ符号列で位相変調し、位相変調により生成した複数の変調信号を多重化し、多重化した信号を送信信号として前記超音波探触子を発音駆動させ、反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子を通じて取得し、前記搬送波に位相変調を施した符号列を用いて生成した参照信号と、前記受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を算出する処理を行い、時系列信号を生成することを特徴とする。

【0102】

このようにすることで、周波数の異なる複数の搬送波を同時に送受信するため、フレー

50

ムレートが搬送波数に依存しない。また、搬送波の数を最適化することで、超音波探触子の応答帯域に適した広帯域の周波数スペクトルを有した送信信号を生成できるので、電気信号から超音波信号への変換ロスを低減させることが可能となる。さらに、相関処理がデジタル処理で実施可能であるため、複雑な回路を必要としない。

【0103】

(2) また、実施の形態に係る上記(1)の超音波診断装置は、前記参照信号は、前記送信信号と同一であり、前記相互相関値は、前記受信信号全体と、前記参照信号との相互相関値である、としてもよい。

このようにすることで、送信信号の全体の帯域を生かし、かつ、周波数成分ごとに分離せず単純な方法で相関処理を行うことができる。

10

【0104】

(3) また、実施の形態に係る上記(1)の超音波診断装置は、前記復調処理部は、相互相関値を算出する処理において、前記受信信号の一部の周波数成分と、当該周波数成分と同一の周波数を持ち、前記複数の変調信号のうちの一つと同一である参照信号との相互相関値を算出する処理を、受信信号の全ての周波数成分に対して行う、としてもよい。

このようにすることで、着目している周波数成分とは異なる周波数成分の影響を受けない相関処理を行うことができる。

【0105】

(4) また、実施の形態に係る上記(1)～(3)の超音波診断装置は、前記送信信号生成部は、さらに、前記符号列とは異なる第2の符号列を用いて、第2の送信信号を生成し、前記復調処理部は、さらに、前記第2の送信信号で前記超音波探触子を発音駆動することで得た反射超音波に基づく第2の受信信号を取得し、前記第2の符号列を用いて生成した第2の参照信号と、前記第2の受信信号の一部または全部の周波数成分との相互相関値を第2の相互相関値として算出する処理を行い、時系列信号を生成する、としてもよい。

20

【0106】

このようにすることで、Golay符号において、符号間干渉の影響を小さくすることができる。

(5) また、実施の形態に係る上記(1)～(4)の超音波診断装置は、前記符号列は有限長であり、前記変調信号は、対応する最初の符号の開始時刻から最後の符号の終了時刻までの変調期間以外の期間は無信号期間であり、前記複数の変調信号において、前記変調期間の中心時刻が一致する、としてもよい。

30

【0107】

このようにすることで、周波数成分毎に符号の時間的配置がばらつくことがなく、かつ、符号が変調期間内に集中するため、時系列信号のパルスの時間幅の短縮に奏功して受信信号に対する相関処理がもたらすパルス圧縮効果を理想的に高めることができ、また、超音波探触子の送信超音波への変換効率を高めることができる。

(6) また、実施の形態に係る上記(1)～(4)の超音波診断装置は、前記符号列は有限長であって前記複数の搬送波の位相変調を行ったそれぞれの符号列の長さが互いに同じであり、前記複数の変調信号において、符号の開始時刻が一致する、としてもよい。

40

【0108】

このようにすることで、送信信号生成部における変調信号の生成プロセスをデジタル回路に合わせて単純化することができる。

(7) また、実施の形態に係る上記(1)～(6)の超音波診断装置は、前記複数の変調信号において、符号の開始時刻と次の符号の開始時刻との間の時間が同一となるように、1以上の変調信号に無信号期間が存在する、としてもよい。

【0109】

このようにすることで、特に高周波成分に対する超音波探触子の応答性に起因した波形劣化による、パルス圧縮効果への影響を低減させることができる。

(8) また、実施の形態に係る上記(1)～(7)の超音波診断装置は、前記送信信号

50

生成部は、前記複数の搬送波の各々における1波長に対して、対応する前記符号列の1符号を用いて変調する、としてもよい。

【0110】

このようにすることで、送信信号の時間幅を狭窄化し、受信信号に対する相関処理がもたらすパルス圧縮効果を理想的に高めることができる。

(9)また、実施の形態に係る上記(1)～(8)の超音波診断装置は、前記送信信号生成部は、前記複数の搬送波の各々に対し、異なる符号列を用いて変調を行う、としてもよい。

【0111】

このようにすることで、送信信号の複雑性が増し、送信信号が最適な相関性を有するので、パルス圧縮効果を理想的に高めることができる。

(10)また、実施の形態に係る上記(1)～(8)の超音波診断装置は、前記送信信号生成部は、前記複数の搬送波の各々に対し、同一の符号列を用いて変調を行う、としてもよい。

【0112】

このようにすることで、符号列の相互相関が十分に低いと言えない場合に、相互相関による影響を大きく受けることなくパルス圧縮効果を得られ、かつ、搬送波数が多い場合であっても、容易に符号列を準備することができる。

(11)また、実施の形態に係る上記(10)の超音波診断装置は、前記送信信号生成部は、前記複数の搬送波の各々に対し、符号列の位相を異ならせて変調を行う、としてもよい。

【0113】

このようにすることで、符号列の自己相関が十分に高い場合に、パルス圧縮効果をより効果的に得ることができる。

(12)また、実施の形態に係る上記(1)～(11)の超音波診断装置は、前記符号列は疑似雑音符号である、としてもよい。

(13)また、実施の形態に係る上記(1)～(11)の超音波診断装置は、前記符号列は相補符号である、としてもよい。

【0114】

(14)また、実施の形態に係る上記(1)～(11)の超音波診断装置は、前記符号列はBarker符号である、としてもよい。

これら(12)～(14)のようにすることで、符号列の自己相関を高く、相互相関を低くすることができ、パルス圧縮効果を高めて高品質の時系列符号を生成することができる。

【0115】

(15)また、実施の形態に係る上記(4)の超音波診断装置は、前記符号列はGolay符号である、としてもよい。

このようにすることで、Golay符号による特性を生かし、相互相関処理によるサイドローブ成分を除去することができる。

【産業上の利用可能性】

【0116】

本発明に係る超音波診断装置、超音波信号処理方法、プログラムは、フレームレートを搬送波数に応じて低下させることなく、かつ、複雑な回路を必要とせず、SNRと画質向上を図ることができる。そのため、高解像度化を行ったまま、より深いエリアまで画像化す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】

【0117】

- 1、101、201、501 超音波診断装置
- 2 超音波探触子
- 3 表示部

10

20

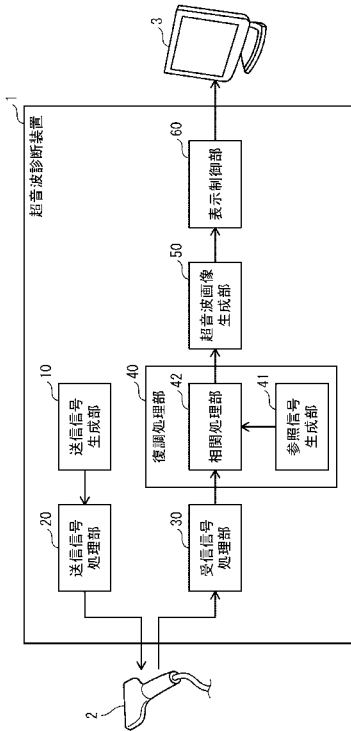
30

40

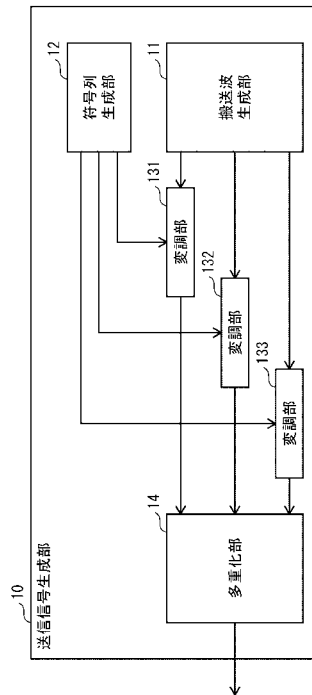
50

- 1 0 送信信号生成部
- 1 1、3 1 1 搬送波生成部
- 1 2、3 1 2 符号列生成部
- 1 3 1、1 3 2、1 3 3 変調部
- 1 4 多重化部
- 2 0 送信信号処理部
- 3 0、2 3 0 受信信号処理部
- 4 0、1 4 0、2 4 0、3 4 0、4 4 0、5 4 0 復調処理部
- 4 1、3 4 1 参照信号生成部
- 4 2、3 4 2 相関処理部
- 1 4 3 相関値集計部
- 1 4 4 信号記憶部
- 1 4 5 加算部
- 3 4 3 チャンネル抽出部
- 3 4 4 合成部
- 5 0 超音波画像生成部
- 6 0 表示制御部

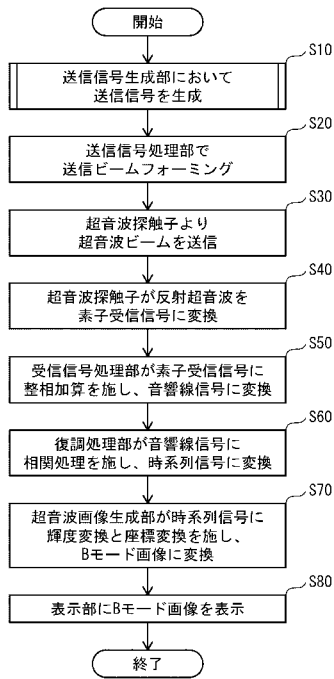
【 図 1 】



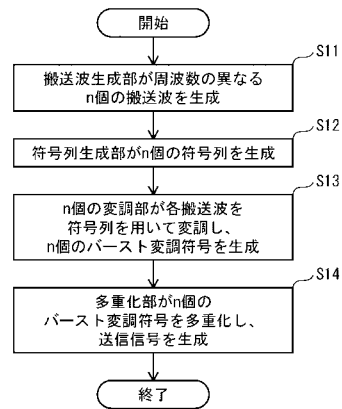
【 図 2 】



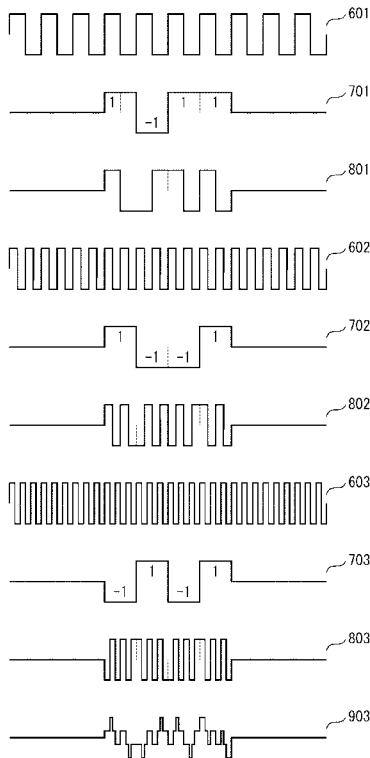
【 図 3 】



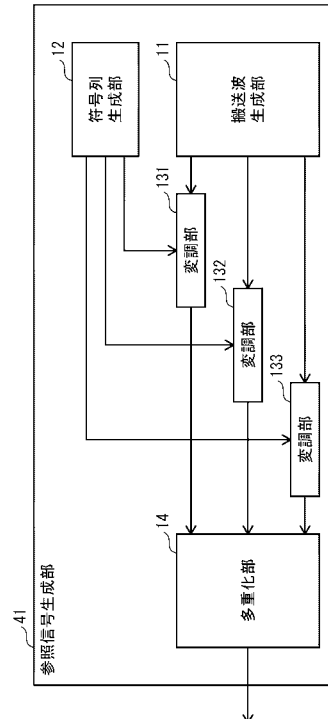
【 図 4 】



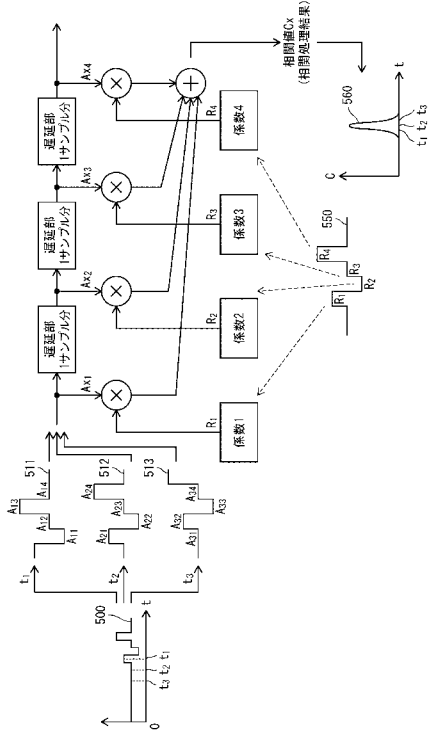
【 図 5 】



【 図 6 】

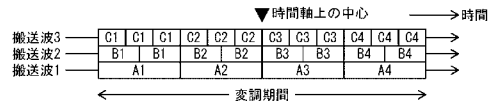


【 図 7 】

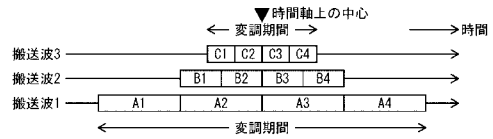


【 図 8 】

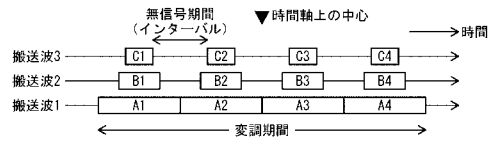
(a) 第1の符号列の変調方法



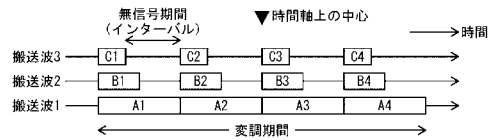
(b) 第2の符号列の変調方法



(c) 第3の符号列の変調方法

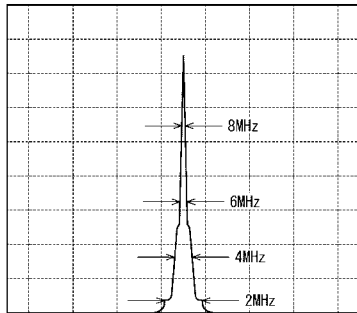


(d) 第4の符号列の変調方法

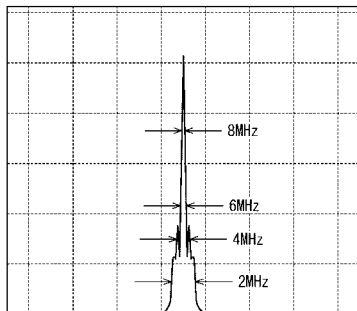


【 図 9 】

(a) インターバルなし

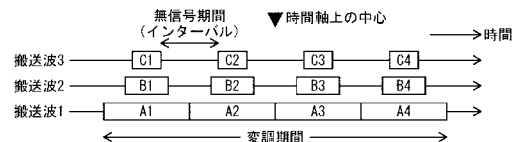


(b) インターバルあり

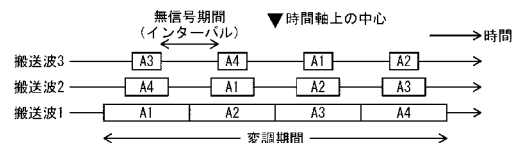


【 図 10 】

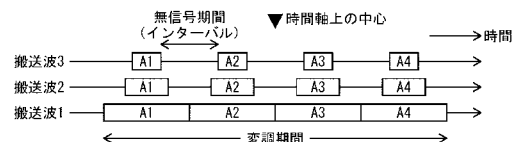
(a) 第1の符号列の割当て方法



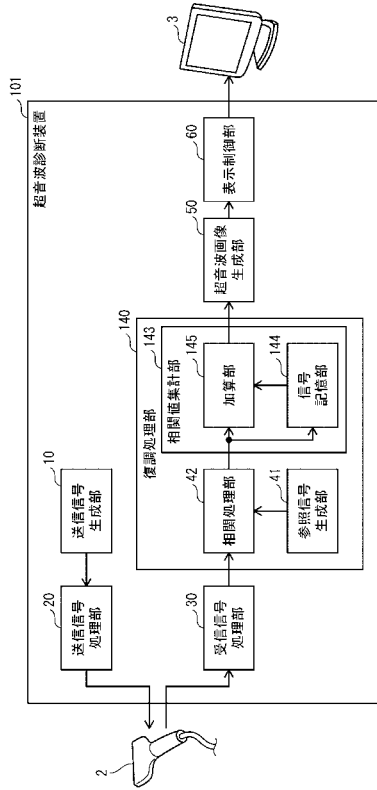
(b) 第2の符号列の割当て方法



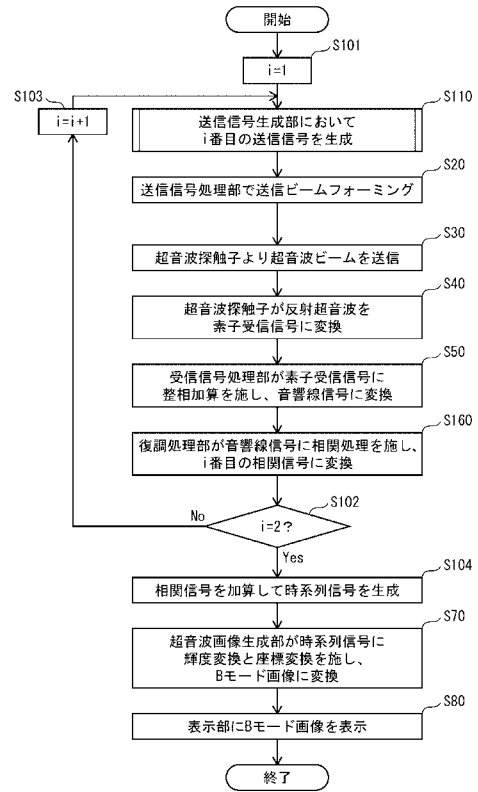
(c) 第3の符号列の割当て方法



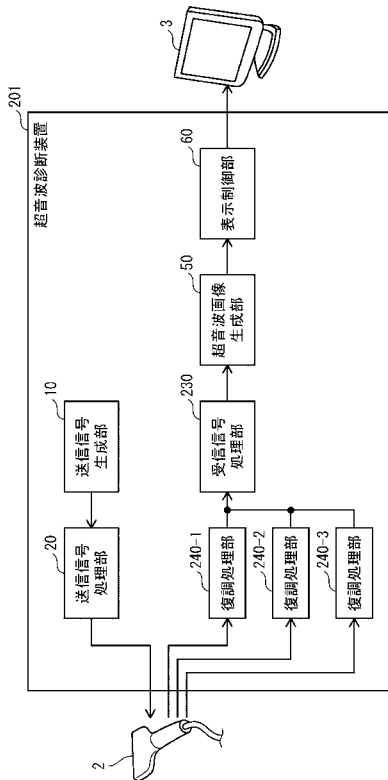
【図 1 1】



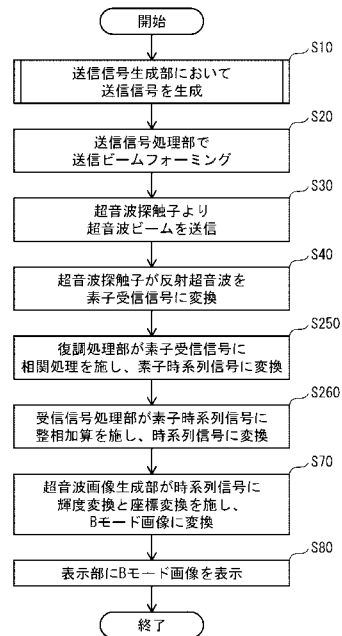
【図 1 2】



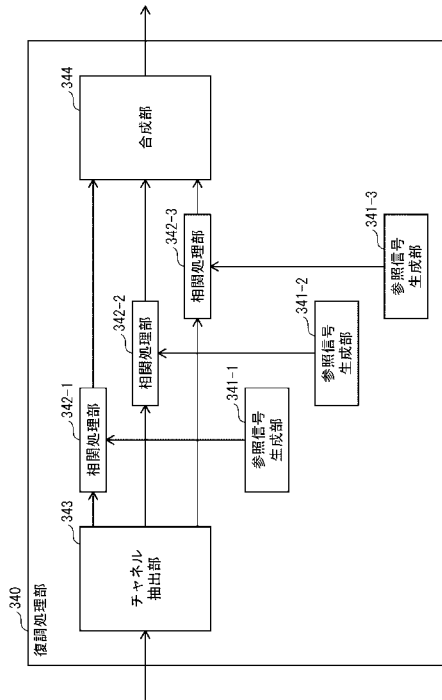
【図 1 3】



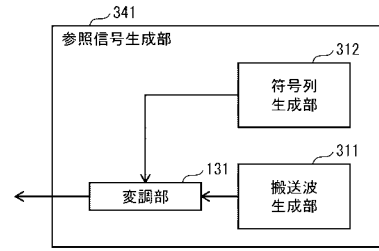
【図 1 4】



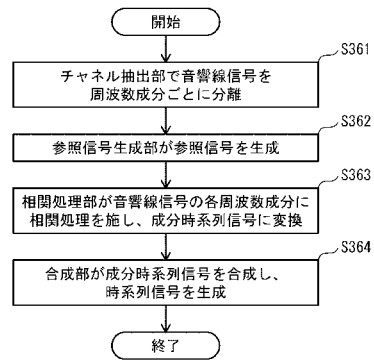
【図 15】



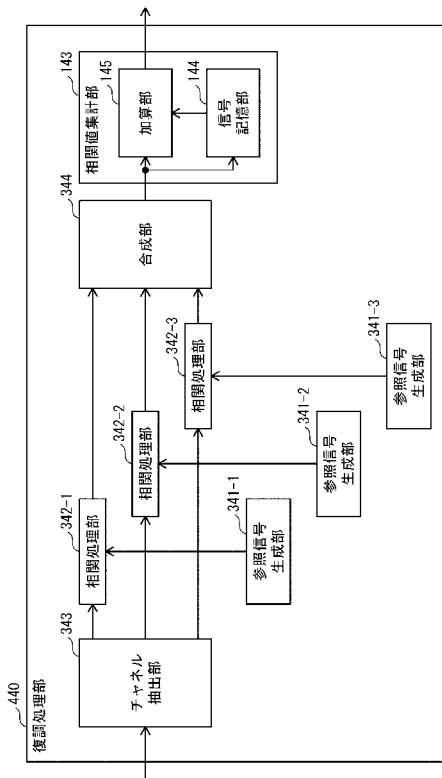
【図 16】



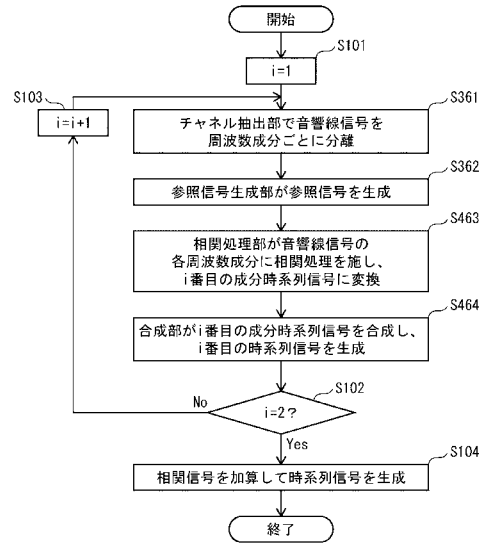
【図 17】



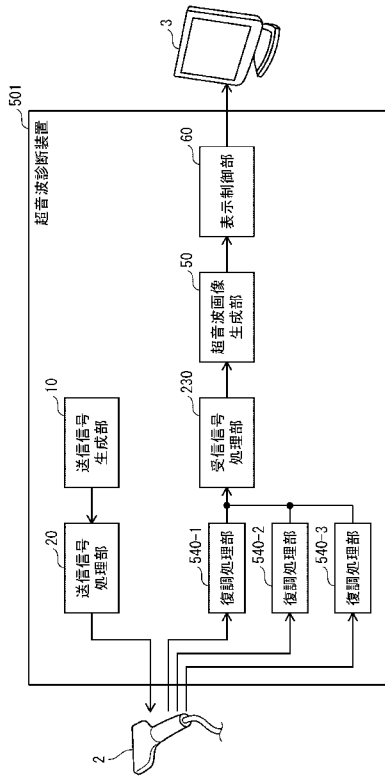
【図 18】



【図 19】



【 図 2 0 】



专利名称(译)	超声波诊断装置，超声波信号处理方法和程序		
公开(公告)号	JP2016112252A	公开(公告)日	2016-06-23
申请号	JP2014254226	申请日	2014-12-16
[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	布施優		
发明人	布施 優		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/EE08 4C601/HH06 4C601/HH08 4C601/HH09 4C601/HH11 4C601/HH12 4C601/HH14 4C601/HH35 4C601/JB44 4C601/JB45		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种超声波诊断装置，该超声波诊断装置能够获得既满足SNR又提高图像质量的超声波图像，而无需复杂的电路并且防止根据频率数量而降低帧频。 解决方案：通过代码串分别对具有不同频率的多个载波进行相位调制，对由相位调制生成的多个调制信号进行多路复用，并通过将多路复用的信号用作传输信号来驱动超声波探头以产生声音。 ，基于超声波探头接收到的反射超声波的接收信号，以及通过使用对载波进行相位调制的代码串生成的参考信号以及接收信号的一部分或全部频率成分 执行计算互相关值的过程以生成时间序列信号。 [选型图] 图1

