

(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2005-342141

(P2005-342141A)

(43) 公開日 平成17年12月15日(2005.12.15)

(51) Int.Cl.⁷

A 6 1 B 8/00

G 0 1 N 29/22

F I

A 6 1 B 8/00

G 0 1 N 29/22 5 0 1

テーマコード (参考)

2 G 0 4 7

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2004-164119 (P2004-164119)

(22) 出願日 平成16年6月2日(2004.6.2)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼2 1 0 番地

(74) 代理人 100100413

弁理士 渡部 温

(74) 代理人 100110777

弁理士 宇都宮 正明

(72) 発明者 唐澤 弘行

神奈川県足柄上郡開成町宮台7 9 8 番地

富士写真フイルム株式会社内

Fターム(参考) 2G047 AC13 BA03 CA01 DA02 DB02

EA02 EA03 EA04 EA07 EA14

GB02 GF07 GF10 GF11 GF12

GF21 GC34 GC35 GC36

最終頁に続く

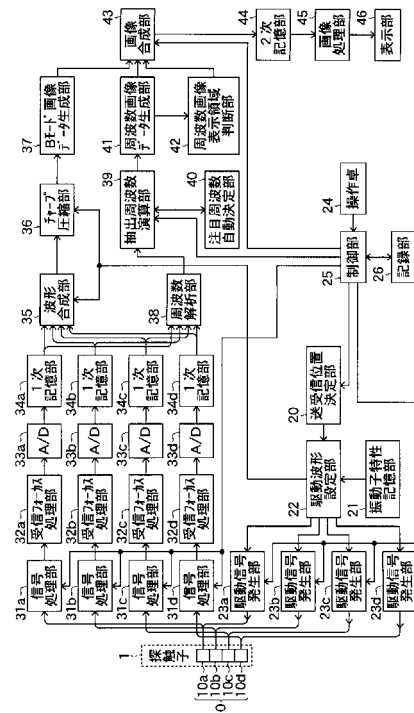
(54) 【発明の名称】 超音波送信方法及び超音波送受信方法、並びに、超音波送受信装置

(57) 【要約】

【課題】 複雑な駆動パターン等を用いることなく広帯域のチャープ波を形成することができる超音波送信方法を提供する。

【解決手段】 この超音波送信方法は、複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイからチャープ波形を有する超音波を送信する方法であって、複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定するステップ(a)と、ステップ(a)において設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生するステップ(b)と、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なる周波数特性を有する超音波をそれぞれ送信することによりチャープ波形を有する超音波を合成するステップ(c)とを具備する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイからチャープ波形を有する超音波を送信する方法であって、

前記複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定するステップ (a) と、

ステップ (a) において設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生するステップ (b) と、

互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、前記複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なる周波数特性を有する超音波をそれぞれ送信することによりチャープ波形を有する超音波を合成するステップ (c) と、

を具備する超音波送信方法。

【請求項 2】

ステップ (a) が、前記複数の超音波トランスデューサの各々を駆動するための駆動波形として、チャープ波形を設定することを含む、請求項 1 記載の超音波送信方法。

【請求項 3】

ステップ (a) が、前記複数の超音波トランスデューサの各々を駆動するための駆動波形として、インパルス波形と、該インパルス波形の駆動タイミングとを設定することを含む、請求項 1 記載の超音波送信方法。

【請求項 4】

複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイからチャープ波形を有する超音波を送信する方法であって、

前記複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形及び駆動タイミングを設定するステップ (a) と、

ステップ (a) において設定された駆動波形及び駆動タイミングに基づいて複数の駆動信号を発生するステップ (b) と、

互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、前記複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なるパルス状の超音波をそれぞれ送信することによりチャープ波形を有する超音波を合成するステップ (c) と、

を具備する超音波送信方法。

【請求項 5】

ステップ (a) が、前記複数種類の超音波トランスデューサからそれぞれ送信される複数の異なるパルス状の超音波に基づいて合成されるチャープ波形に所望の重み付けを与えるために、前記複数種類の超音波トランスデューサに印加される電圧を調節することを含む、請求項 4 記載の超音波送信方法。

【請求項 6】

ステップ (a) が、互いに異なる共振周波数を有する 1 組の超音波トランスデューサからチャープ波形を有する超音波を送信するように、駆動波形及び駆動タイミングを設定すると共に、複数組の超音波トランスデューサを順次駆動するように、駆動波形及び駆動タイミングを設定することを含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の超音波送信方法。

【請求項 7】

複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイを用いて超音波を送受信することにより、チャープ波形を有する検出信号を形成する方法であって、

互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサから、チャープ波形の成分を有する超音波を同時に送信するように、前記複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定するステップ (a) と、

ステップ (a) において設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生するステップ (b) と、

10

20

30

40

50

互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、前記複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なる周波数特性を有する超音波をそれぞれ送信するステップ(c)と、

前記複数の超音波トランスデューサが超音波エコーを受信することによりそれぞれ発生する複数の検出信号に信号処理を施すことにより、信号処理が施された複数種類の検出信号を出力すると共に、該複数種類の検出信号に基づいて、チャープ波形を有する信号を合成するステップ(d)と、

を具備する超音波送受信方法。

【請求項8】

ステップ(a)が、共振周波数が互いに隣接する複数種類の超音波トランスデューサの内の一方から、時間と共に周波数が上昇するチャープ波形を有する超音波を送信し、共振周波数が互いに隣接する前記複数種類の超音波トランスデューサの内の他方から、時間と共に周波数が下降するチャープ波形を有する超音波を送信するように、駆動波形及び駆動タイミングを設定することを含む、請求項7記載の超音波送受信方法。

【請求項9】

複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイを用いて超音波を送受信することにより、チャープ波形の成分を有する検出信号を形成する方法であって、

所定の音圧レベルにおいて互いに周波数帯域が分離している複数種類の超音波トランスデューサから、チャープ波形の成分を有する超音波を同時に送信するように、前記複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定するステップ(a)と、

ステップ(a)において設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生するステップ(b)と、

互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、前記複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なる周波数特性を有する超音波をそれぞれ送信するステップ(c)と、

前記複数の超音波トランスデューサが超音波エコーを受信することによりそれぞれ発生する複数の検出信号に信号処理を施すことにより、信号処理が施された複数種類の検出信号を出力すると共に、該複数種類の検出信号に基づいて、チャープ波形を有する信号を合成するステップ(d)と、

を具備する超音波送受信方法。

【請求項10】

複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイからチャープ波形を有する超音波を送信する超音波送受信装置であって、

前記複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定する駆動波形設定手段と、

前記駆動波形設定手段によって設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、

互いに異なる共振周波数を有し、前記駆動信号発生手段からそれぞれ供給される複数の駆動信号に従って超音波を送信する複数種類の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイと、

前記複数の超音波トランスデューサが超音波エコーを受信することによりそれぞれ発生する複数の検出信号に信号処理を施すことにより、信号処理が施された複数種類の検出信号を出力する信号処理手段と、

前記信号処理手段から出力される複数種類の検出信号に基づいて、チャープ波形を有する信号を合成する波形合成手段と、

を具備する超音波送受信装置。

【請求項11】

前記駆動波形設定手段が、前記複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なる周波数特性を有する超音波をそれぞれ送信するように駆動波形を設定する、請求項10記載の超音波送受信装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記駆動波形設定手段が、前記複数の超音波トランスデューサの各々を駆動するための駆動波形として、チャープ波形を設定する、請求項 1 1 記載の超音波送受信装置。

【請求項 1 3】

前記駆動波形設定手段が、前記複数の超音波トランスデューサの各々を駆動するための駆動波形として、インパルス波形と、該インパルス波形の駆動タイミングとを設定する、請求項 1 1 記載の超音波送受信装置。

【請求項 1 4】

前記駆動波形設定手段が、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサから、チャープ波形を有する超音波を同時に送信するように、駆動信号及び駆動タイミングを設定する、請求項 1 1 ~ 1 3 のいずれか 1 項記載の超音波送受信装置。 10

【請求項 1 5】

前記駆動波形設定手段が、共振周波数が互いに隣接する複数種類の超音波トランスデューサの内の一方から、時間と共に周波数が上昇するチャープ波形を有する超音波を送信し、共振周波数が互いに隣接する前記複数種類の超音波トランスデューサの内の他方から、時間と共に周波数が下降するチャープ波形を有する超音波を送信するように、駆動波形及び駆動タイミングを設定する、請求項 1 4 記載の超音波送受信装置。

【請求項 1 6】

前記駆動波形設定手段が、所定の音圧レベルにおいて互いに周波数帯域が分離している複数種類の超音波トランスデューサから、チャープ波形を有する超音波を同時に送信するように、駆動信号及び駆動タイミングを設定する、請求項 1 1 ~ 1 3 のいずれか 1 項記載の超音波送受信装置。 20

【請求項 1 7】

前記波形合成手段が、前記駆動波形設定手段によって前記複数種類の超音波トランスデューサの各々に設定された駆動タイミングに応じて、前記信号処理手段から出力される検出信号の位相を調整することにより、チャープ波形を有する信号を合成する、請求項 1 1 ~ 1 6 のいずれか 1 項記載の超音波送受信装置。

【請求項 1 8】

前記駆動波形設定手段が、前記複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なるパルス状の超音波をそれぞれ送信するように駆動波形及び駆動タイミングを設定する、請求項 1 0 記載の超音波送受信装置。 30

【請求項 1 9】

前記駆動設定手段が、前記複数種類の超音波トランスデューサからそれぞれ送信される複数の異なるパルス状の超音波に基づいて合成されるチャープ波形に所望の重み付けを与えるために、前記複数種類の超音波トランスデューサに印加される電圧を調節する、請求項 1 8 記載の超音波送受信装置。

【請求項 2 0】

前記駆動波形設定手段が、互いに異なる共振周波数を有する 1 組の超音波トランスデューサからチャープ波形を有する超音波を送信するように、駆動波形及び駆動タイミングを設定すると共に、複数組の超音波トランスデューサを順次駆動するように、駆動波形及び駆動タイミングを設定することを含む、請求項 1 0 ~ 1 9 のいずれか 1 項記載の超音波送受信装置。 40

【請求項 2 1】

前記波形合成手段によって合成されたチャープ波形を有する信号に対して、自己相関演算を施すことによりチャープ圧縮データを生成するチャープ圧縮手段と、

前記チャープ圧縮手段によって生成されたチャープ圧縮データに基づいて、超音波エコーの強度に関連する画像データを生成する画像データ生成手段と、
をさらに具備する請求項 1 0 ~ 2 0 のいずれか 1 項記載の超音波送受信装置。

【請求項 2 2】

前記信号処理手段から出力される複数種類の検出信号にそれぞれ含まれている複数の周 50

波数成分に基づいて、所定の期間内に取得された検出信号に関する特徴量を求め、該特徴量に関連する第2の画像データを生成する第2の画像データ生成手段をさらに具備する請求項21記載の超音波送受信装置。

【請求項23】

前記第2の画像データ生成手段が、所定の期間に求められた複数の周波数成分の強度の相対関係に基づいて第2の画像データを生成する、請求項22記載の超音波送受信装置。

【請求項24】

前記画像データ生成手段によって生成された画像データと前記第2の画像データ生成手段によって生成された第2の画像データとに基づいて合成画像データを生成する合成画像データ生成手段をさらに具備する請求項22又は23記載の超音波送受信装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を送受信することにより生体内の臓器や骨等の撮像を行って、診断のために用いられる超音波画像を生成する超音波撮像において用いられる超音波送信方法、及び、超音波送受信方法、並びに、超音波送受信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

医療診断に用いられる超音波送受信装置においては、超音波の送受信機能を有する複数の超音波トランスデューサを含む超音波用探触子（プローブ）が用いられる。そのような超音波用探触子から、複数の超音波の合波によって形成される超音波ビームを送信し、被検体内部において反射された超音波エコーを受信する。受信した超音波エコーの強度に基づいて超音波画像を構成することにより、被検体内部の様子を表示部の画面に再現することができる。

20

【0003】

近年、超音波撮像において、パルス圧縮技術を用いることが検討されている。このパルス圧縮においては、超音波信号を周波数変調することによってチャープ波形を有する信号を生成し、これを被検体に送信すると共に、受信された超音波エコー信号（チャープ波）について送信波形との相関を取ることで圧縮信号を生成する。生成された圧縮信号を超音波情報として用いることにより、超音波画像における分解能及びS/N比を向上させることができる。

30

【0004】

関連する技術として、特許文献1には、複数の周波数帯域で分割されたチャープ信号を合成することにより、多重チャープ信号を発生する多重チャープ信号発生部と、多重チャープ信号の超音波を送信して、測定対象からの反射波を受信する探触子と、該探触子からの受信信号と、複数の周波数帯域で分割したチャープ信号との相関を取ることで、複数の圧縮信号を得て、上記複数の圧縮信号を合成することにより、受信信号の圧縮信号を得る圧縮信号生成部とを備えることを特徴とする超音波測定装置が開示されている。

【0005】

この超音波測定装置によれば、チャープ信号を多重化することにより、パルス幅を拡大することなく、ドブラ・シフトの感度を上昇させることができる。しかしながら、そのような多重チャープ信号を送信するためには、例えば、1～4MHz（第4頁）の超音波を送信できる広帯域のトランスデューサが必要となるので、現実には実施することは困難であった。また、送信系において、多重チャープ信号を形成するための回路構成が複雑となる。さらに、受信系において、多重化されたチャープ波形の周波数帯域を分離するための複数のフィルタが必要となる。

40

【0006】

特許文献2には、フレームレートの低下なしに超音波映像の解像度を改善するために、重み直交チャープ信号を利用した同時多重送信集束技法を用いた超音波撮像方法が開示されている。この超音波撮像方法においては、互いに直交するN個の直交コードを含む重み

50

直交信号を設け、重み直交信号を超音波送信信号としてオブジェクト内に対応するN個の集束点に同時に送信し、送信した超音波信号に対して対応するN個の集束点から反射された信号を受信し、反射信号から格納されたN個の直交コードを取り出し、各々の直交コードに対してパルス圧縮を行い、受信集束した信号を処理して該処理信号をディスプレイする。しかしながら、この超音波撮像方法においても、多重化された受信信号を分離する際には(第13頁)特殊なフィルタが必要となるので、信号処理が煩雑となる。

【0007】

特許文献3には、時間的なずれを生じることなく、周波数成分毎に収束点の異なる超音波を送信することにより、全深度で良好な分解能を有する超音波診断装置が開示されている。この超音波診断装置においては、送信部が、制御部から送信の指示を受け取ると、任意符号発生器によりチャープ波形を発生し、増幅器により増幅して、探触子内の個々の振動子を駆動する。また、探触子から放射された超音波は、生体内で反射し探触子によって受信され、受信部において増幅され、目的とする地点で反射された信号の位相が一致するように遅延を与えられた後に加算され、信号処理部において、送信した超音波の周波数と収束深度との関係から中心周波数と帯域を決定してバンドパスフィルタ処理が行われる。しかしながら、この超音波診断装置においても、広帯域のトランスデューサが必要となると共に、受信された信号を分離する際にはバンドパスフィルタが用いられるので、やはり、信号処理が煩雑となる。なお、この超音波診断装置においては、チャープ波形の圧縮は行われていない。

【0008】

特許文献4には、超音波診断装置において、コード送信及びパルス圧縮の技術を適用する場合に、パルス圧縮処理部に入力される受信信号から超音波振動子の周波数特性の影響を除外することが開示されている。この超音波診断装置においては、送信信号発生器において生成される送信信号が、超音波振動子の周波数特性 $D(\omega)$ をキャンセルするように、事前に補正される。これにより、パルス圧縮処理部には超音波振動子の周波数特性の影響が除外された受信信号が入力されることになるので、パルス圧縮処理を適正に行うことができ、感度を向上させることができる。しかしながら、特許文献4においては、互いに周波数特性が異なる複数種類の超音波振動子を利用して、送信又は受信における波形をトータルに補正することについては示唆されていない。

【0009】

一方、広帯域の超音波を送信することができる超音波用探触子を実現するために、様々な検討が為されている。例えば、特許文献5には、超音波を送受信する複数の振動子素子が2次元に配列された超音波探触子であって、上記2次元に配列された複数の振動子素子が、その周波数特性が異なる複数種類の振動子素子から成り、2次元配列内に混在するように設けられている超音波探触子が開示されている。このような超音波探触子を用いることにより、ハーモニックイメージングに用いられる基本波の周波数成分と高調波の周波数成分とをカバーする広帯域な超音波を送信及び受信することができる。しかしながら、特許文献5においては、広帯域の超音波を送信することができる超音波用探触子をチャープ波形生成のために用いることは示唆されていない。

【0010】

特許文献6には、超音波の周波数を変化させて超音波走査することにより、複数のエコーデータを得て観察を行うことができる超音波診断装置が開示されている。この超音波診断装置は、超音波を送受波する広帯域超音波振動子を有する超音波プローブと、広帯域超音波振動子に付与する駆動周波数を変化させて供給すると共に、この広帯域超音波振動子から発せられた超音波のエコー信号を受信してエコーデータを得る送受信部と、この送受信部で得られたエコーデータを記憶する記憶手段と、送受信部で発生された駆動周波数の変化を制御するとともに、この駆動周波数の変化に対応させて上記エコーデータを記憶手段に記憶させる制御を行う制御手段と、記憶制御手段に駆動周波数に対応して記憶されているエコーデータに基づいて超音波断層像を生成する画像処理手段とを備えている。この超音波診断装置によれば、超音波プローブから被検部までの距離に応じて、1つの超音波

プローブから駆動周波数の異なる超音波をシーケンシャルに送受信し、それによって得られたエコーデータを用いて超音波断層像を構築することができる。特許文献6においては、広帯域超音波振動子を駆動するために、7.5MHz～12MHz、又は、7.5MHz～30MHzの駆動周波数を用いることが記載されているが(第4頁)、そのような広帯域超音波振動子を作製することは現状では困難である。

【特許文献1】特開2002-136522号公報(第2頁、第4～5頁、図6)

【特許文献2】特開2003-190164号公報(第1頁、第13頁)

【特許文献3】特開2002-58670号公報(第1頁)

【特許文献4】特開2003-325506号公報

【特許文献5】特開2003-169800号公報

【特許文献6】特開2001-333902号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、複雑な駆動パターン等を用いることなく広帯域のチャープ波を形成することができる超音波送信方法及び超音波送受信方法、並びに、そのような超音波送信方法又は超音波送受信方法を用いることにより、分解能及びSN比の高い超音波画像を生成することができる超音波送受信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】

上記課題を解決するため、本発明の第1の観点に係る超音波送信方法は、複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイからチャープ波形を有する超音波を送信する方法であって、複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定するステップ(a)と、ステップ(a)において設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生するステップ(b)と、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なる周波数特性を有する超音波をそれぞれ送信することによりチャープ波形を有する超音波を合成するステップ(c)とを具備する。

【0013】

また、本発明の第2の観点に係る超音波送信方法は、複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイからチャープ波形を有する超音波を送信する方法であって、複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形及び駆動タイミングを設定するステップ(a)と、ステップ(a)において設定された駆動波形及び駆動タイミングに基づいて複数の駆動信号を発生するステップ(b)と、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なるパルス状の超音波をそれぞれ送信することによりチャープ波形を有する超音波を合成するステップ(c)とを具備する。

【0014】

本発明の第1の観点に係る超音波送受信方法は、複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイを用いて超音波を送受信することにより、チャープ波形を有する検出信号を形成する方法であって、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサから、チャープ波形の成分を有する超音波を同時に送信するように、複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定するステップ(a)と、ステップ(a)において設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生するステップ(b)と、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なる周波数特性を有する超音波をそれぞれ送信するステップ(c)と、複数の超音波トランスデューサが超音波エコーを受信することによりそれぞれ発生する複数の検出信号に信号処理を施すことにより、信号処理が施された複数種類の検出信号を出力すると共に、該複数種類の検出信号に基づいて、チャープ波形を有する信号を合成するステップ(d)とを具備

10

20

30

40

50

する。

【 0 0 1 5 】

本発明の第2の観点に係る超音波送受信方法は、複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイを用いて超音波を送受信することにより、チャープ波形を有する検出信号を形成する方法であって、所定の音圧レベルにおいて互いに周波数帯域が分離している複数種類の超音波トランスデューサから、チャープ波形の成分を有する超音波を同時に送信するように、複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定するステップ(a)と、ステップ(a)において設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生するステップ(b)と、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサに複数の駆動信号をそれぞれ供給し、複数種類の超音波トランスデューサから複数の異なる周波数特性を有する超音波をそれぞれ送信するステップ(c)と、複数の超音波トランスデューサが超音波エコーを受信することによりそれぞれ発生する複数の検出信号に信号処理を施すことにより、信号処理が施された複数種類の検出信号を出力すると共に、該複数種類の検出信号に基づいて、チャープ波形を有する信号を合成するステップ(d)とを具備する。

10

【 0 0 1 6 】

さらに、本発明に係る超音波送受信装置は、複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイからチャープ波形を有する超音波を送信する超音波送受信装置であって、複数の超音波トランスデューサを駆動するための駆動波形を設定する駆動波形設定手段と、駆動波形設定手段によって設定された駆動波形に基づいて複数の駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、互いに異なる共振周波数を有し、駆動信号発生手段からそれぞれ供給される複数の駆動信号に従って超音波を送信する複数種類の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイと、複数の超音波トランスデューサが超音波エコーを受信することによりそれぞれ発生する複数の検出信号に信号処理を施すことにより、信号処理が施された複数種類の検出信号を出力する信号処理手段と、信号処理手段から出力される複数種類の検出信号に基づいて、チャープ波形を有する信号を合成する波形合成手段とを具備する。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサから送信された複数の異なる超音波を送信することによりチャープ波形を有する超音波を合成するので、広帯域の振動子や複雑な駆動波形等を用いることなく、広帯域のチャープ波を形成することができる。また、互いに異なる共振周波数を有する複数種類の超音波トランスデューサを用いて超音波エコーを受信することにより、複数の周波数成分を求めるためにバンドパスフィルタ等の処理を行う必要がなく、検出信号の周波数帯域を容易に分離することができる。従って、そのような広帯域のチャープ波を送受信することによって得られた検出信号に基づいて、分解能及びS/N比の高い超音波画像を生成することが可能となる。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

40

図1は、本発明の一実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。この超音波送受信装置は、複数の超音波トランスデューサ(振動子)を含む超音波用探触子(プローブ)1と、超音波を送信する送信系として、送受信位置決定部20、振動子特性記憶部21、駆動波形設定部22、及び、駆動信号発生部23a~23dと、受信された超音波を処理する受信系として、信号処理部31a~31d、受信フォーカス処理部32a~32d、A/D変換器33a~33d、及び、1次記憶部34a~34dとを含んでいる。

【 0 0 1 9 】

50

超音波用探触子 1 は、互いに異なる共振周波数を有する 4 種類の振動子 10 a ~ 10 d を含んでおり、それらの振動子 10 a ~ 10 d に対応して、送信系の駆動信号発生部 23 a ~ 23 d、及び、受信系の信号処理部 31 a ~ 1 次記憶部 34 d が設けられている。なお、図 1 においては、超音波用探触子 1 に含まれている多数の振動子の内の 4 つのみを示している。

【0020】

また、この超音波送受信装置は、波形合成部 35 と、チャープ圧縮部 36 と、B モード画像データ生成部 37 と、周波数解析部 38 と、抽出周波数演算部 39 と、注目周波数自動決定部 40 と、周波数画像データ生成部 41 と、周波数画像表示領域判断部 42 と、画像合成部 43 と、2 次記憶部 44 と、画像処理部 45 と、表示部 46 とを含んでいる。さらに、この超音波送受信装置は、オペレータによる命令等を入力するために用いられる操作卓 24 と、CPU を含み、超音波送受信装置の各部を制御する制御部 25 と、制御部 25 の CPU に各種の動作を実行させるための制御プログラムや振動子の送受信における周波数特性等を記録している記録部 26 とを含んでいる。記録部 26 としては、例えば、ハードディスク等が該当する。

10

【0021】

図 2 の (a) は、図 1 に示す超音波用探触子において用いられる超音波トランスデューサアレイを示す平面図であり、図 2 の (b) は、超音波トランスデューサアレイを含む超音波用探触子を示す側面図であり、図 2 の (c) は、図 2 の (a) に示す面 II - II における断面図である。

20

【0022】

超音波トランスデューサアレイ 10 に含まれている 4 種類の振動子 10 a ~ 10 d は、印加される駆動信号に基づいて、互いに異なる周波数帯域 Δf_A 、 Δf_B 、 Δf_C 、 Δf_D をそれぞれ有する超音波ビームを送信すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信して検出信号を出力する。本願において、周波数帯域とは、周波数を変化させながら駆動信号を振動子に供給した場合に、ピークとなる共振周波数における音圧レベルから所定の値だけ音圧レベルが低下するまでの周波数範囲をいう。例えば、音圧レベルがピークに対して - 10 dB となるまでの周波数範囲を、その振動子の周波数帯域とする。

【0023】

本実施形態においては、1 次元状に配列された複数の振動子 10 d の外側に、1 次元状に配列された複数の振動子 10 c、10 b、10 a を順に配置することにより、1.5 次元の超音波トランスデューサアレイ 10 が構成されている。本願において、1.5 次元の配列とは、1 次元配列を数行程度（例えば、3 ~ 5 行）並べたものをいう。

30

【0024】

このようにして、超音波用探触子においては、4 種類の振動子 10 a ~ 10 d によって構成される振動子の組が、複数組設けられている。なお、振動子の配列としては 1.5 次元に限定されることはなく、その他にも様々な配列を用いることができる。例えば、複数の振動子を 2 次元マトリクス状やスパース状に配置しても良い。また、音響レンズを設けることなく、各振動子の駆動タイミングを電氣的に制御することにより、送信される超音波を所望の領域に集束させても良い。

40

【0025】

振動子 10 a ~ 10 d の各々は、例えば、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛：Pb(lead) zirconate titanate）に代表される圧電セラミックや、PVDf（ポリフッ化ビニリデン：polyvinylidene difluoride）に代表される高分子圧電素子等の圧電性を有する材料（圧電体）の両端に電極を形成することによって構成される。このような振動子の電極に、パルス状又は連続波の電圧を印加すると、圧電体が伸縮し、それぞれの振動子からパルス状又は連続波の超音波が送信される。

【0026】

そこで、図 2 の (b) に示すように、振動子群 101 に含まれている 3 組の振動子を、所定の遅延を伴って駆動することにより、それらの振動子から送信される超音波の合成に

50

よって所望の方向に伝播する超音波ビームUSが形成される。同様に、位置をずらして設定された振動子群101、102、...を順次駆動することにより、超音波ビームの送信位置が矢印方向に移動する。これにより、被検体をリニアに走査することができる。また、振動子10a~10dは、超音波を受信することによって伸縮し、電気信号を発生する。これらの電気信号は、超音波の検出信号として出力される。

【0027】

図2の(c)に示すように、本実施形態においては、振動子の電界方向の長さを変えることにより、それらの振動子の共振周波数を変化させている。例えば、長さ L_A の振動子10aは、共振周波数 f_A を有しており、共振周波数 f_A を含む周波数帯域 Δf_A の超音波を送受信する。また、長さ L_B ($L_B < L_A$)の振動子10bは、共振周波数 f_B ($f_B > f_A$)を有しており、共振周波数 f_B を含む周波数帯域 Δf_B の超音波を送受信する。あるいは、振動子の材料や幅を変えることにより、各振動子の共振周波数を変化させても良い。

10

【0028】

また、図2の(c)に示すように、超音波トランスデューサレイ10の背面には、バッキング層11が配置されており、超音波トランスデューサレイ10の前面には、音響レンズ12が配置されている。

バッキング層11は、例えば、エポキシ樹脂やゴムに、フェライト又は金属の粉体やセラミックスの粉末を混入した材料のように、音響減衰の大きい材料によって形成されており、超音波トランスデューサレイ10から発生した不要な超音波を早く減衰させる。

20

【0029】

音響レンズ12は、領域12a~12dを含んでいる。これらの領域は、シリコンゴム等により、それぞれ所定の形状に成形されている。音響レンズ12は、振動子10a~10dから送信された超音波を、焦点距離Fに集束させる。音響レンズ12は、本実施形態におけるように、領域12a~12dが一体となるように成形されたものでも良いし、領域12a~12dの形状を有する音響レンズを組み合わせて用いても良い。

【0030】

超音波ビームの半径は、超音波の音速 v と、周波数 f と、焦点距離Fと、開口幅Dとを用いて、次式(1)によって表される。

$$\text{ビーム半径} = 1.22 \times (v / f) \times F / D \quad \dots (1)$$

30

従って、振動子10a~10dからそれぞれ送信された超音波ビームを、式(1)によって表される超音波ビームの焦点Fにおいてビーム半径が一致するように、各振動子の開口幅 D_A 、 D_B 、...を規定すれば良い。

【0031】

本実施形態においては、このような複数種類の振動子10a~10dを用いて、互いに周波数帯域の異なる複数の超音波を被検体の同一領域(例えば、焦点Fを含む領域)に送信することにより、広帯域なチャープ信号を形成する。ここで、チャープ信号とは、周波数を時間的に変化した信号のことであり、エネルギーを時間軸方向に分散させる効果がある。また、焦点Fを含む領域から取得される広帯域な成分を含む超音波エコー信号は、Bモード画像を生成する他に、周波数画像を生成するためにも用いられる。

40

【0032】

再び、図1を参照すると、送受信位置決定部20は、超音波ビームの送信位置と超音波エコーの受信位置とを順次決定する。また、振動子特性記憶部21は、超音波トランスデューサレイ10に含まれる振動子10a~10dが有する特性を記憶している。振動子の特性としては、例えば、印加された電圧に対する振幅特性や、時間的な応答特性が含まれる。

【0033】

駆動波形設定部22は、送受信位置決定部20によって決定された送信位置に基づいて、駆動される振動子群101、102、... (図2参照)を設定すると共に、それらの振動子群の各々から送信される超音波が所定の深さに集束するチャープ信号を形成するために

50

、各振動子に供給される駆動信号の駆動波形及び駆動タイミングを設定する。その際に、駆動波形設定部 22 は、振動子特性記憶部 21 に記憶されている各振動子の特性に応じて、望ましい波形やタイミングで超音波が送信されるように、駆動信号の波形等を決定する。駆動波形設定部 22 は、各振動子をチャープ波形で時分割又は同時に駆動するための駆動波形を設定しても良いし、各振動子をインパルス波形で時分割又は同時に駆動するための駆動波形を設定しても良い。さらに、駆動波形設定部 22 は、超音波エコーを受信する際に、送信されたチャープ信号の波形を、チャープ圧縮部 36 に出力する。

【0034】

駆動信号発生部 23a ~ 23d の各々は、複数の駆動信号発生回路と、複数の遅延回路とを含んでいる。複数の駆動信号発生回路は、駆動波形設定部 22 によって設定されたタイミングに従って、複数の振動子に与えられる駆動信号をそれぞれ発生する。例えば、図 3 に示すように、駆動信号発生部 23a が、周波数帯域 Δf_A (1 MHz ~ 2 MHz) の振動子 10a に、設定されたチャープ波形を有する駆動信号を時刻 t_A に供給することにより、チャープ波形成分 CW_A が送信される。同様に、駆動信号発生部 23b ~ 23d が、周波数帯域 Δf_B (1.6 MHz ~ 3.2 MHz) の振動子 10b、 Δf_C (2.56 MHz ~ 5.12 MHz) の振動子 10c、 Δf_D (4.1 MHz ~ 8.2 MHz) の振動子 10d に、設定されたチャープ波形を有する駆動信号を所定のタイミング(時刻 t_B 、 t_C 、 t_D) にそれぞれ供給することにより、チャープ波形成分 CW_B 、 CW_C 、 CW_D が順次送信される。これらの超音波の合成により、1 MHz ~ 4.8 MHz を含む広い周波数帯域を有するチャープ波形が形成される。

【0035】

あるいは、駆動信号発生部 23a ~ 23d が、図 4 の (a) に示すタイミングで振動子 10a ~ 10d をそれぞれインパルス駆動することによって、図 4 の (b) に示すチャープ波形を形成するようにしても良い。その際に、各振動子に印加される電圧を調節することにより、図 4 の (c) に示すように、形成されるチャープ波形に重み付けをしても良い。

【0036】

図 3 においては、複数種類の振動子を順次駆動しているが、それらを同時に駆動することにより、複数種類のチャープ波形成分を同時に多重送信するようにしても良い。例えば、図 5 に示すように、周波数帯域 $\Delta f_A \sim \Delta f_D$ の振動子 10a ~ 10d を同時(時刻 t_0) に駆動することにより、チャープ波形成分 $CW_A \sim CW_D$ がほぼ同時に送信される。これらの多重化されたチャープ波形成分 $CW_A \sim CW_D$ を、振動子 10a ~ 10d によって受信し、それらの波形の位相をずらして合成する演算を行うことにより、受信チャープ波形を形成することができる。ここで、チャープ波形成分を受信する際にも、周波数帯域が互いに異なる振動子 10a ~ 10d を用いるので、フィルタ処理を行うことなく複数種類のチャープ波形成分を分離することができる。

【0037】

また、複数種類のチャープ波形成分を同時に多重送信する際に、共振周波数が隣接する振動子、或いは、周波数帯域の一部が所定の音圧レベル以上において重なる複数の振動子の間で、送信波形を変化させても良い。例えば、図 6 に示すように、周波数帯域 Δf_A の振動子及び周波数帯域 Δf_C の振動子から、時間と共に周波数が上昇するアップ・チャープ波形成分 CW_A 及び CW_C を送信し、周波数帯域 Δf_B の振動子及び周波数帯域 Δf_D から、時間と共に周波数が下降するダウン・チャープ波形成分 CW_B ' 及び CW_D ' を送信する。それにより、受信時において、より簡単に複数種類のチャープ波形成分を分離することが可能になる。

【0038】

さらに、複数種類のチャープ波形成分を同時に多重送信する際に、所定の音圧レベル(例えば、ピークの音圧レベル - 10 dB)において互いに周波数帯域が分離している振動子のみを同時に駆動するようにしても良い。例えば、図 7 に示すように、周波数帯域 Δf_A の振動子及び周波数帯域 Δf_C の振動子とを時刻 t_1 に駆動することにより、チャープ

10

20

30

40

50

波形成分 CW_A 及び CW_C を送信し、周波数帯域 Δf_B の振動子及び周波数帯域 Δf_D の振動子を時刻 t_2 に駆動することにより、チャープ波形成分 CW_B 及び CW_D を送信する。このように、周波数帯域が分離している振動子の組からチャープ波形成分を同時に送信することにより、受信時において、フィルタ等を用いることなく、複数種類のチャープ波形成分を容易に分離することができる。

【0039】

或いは、別の超音波送信方法として、複数種類の振動子を順次インパルス駆動することにより、広帯域なチャープ波形を形成しても良い。図8に示すように、この超音波送信方法においては、互いに異なる周波数帯域 $\Delta f_1 \sim \Delta f_7$ をそれぞれ有し、中心周波数 f_c が1.3倍ずつ異なる7種類の振動子 ($f_c = 1\text{MHz}$ 、 1.3MHz 、 1.7MHz 、 2.2MHz 、 2.9MHz 、 3.7MHz 、 4.8MHz) を用いて超音波の送信を行う。そのため、図1に示す超音波送受信装置において、それらの7種類の振動子を用いて超音波用探触子1を用いると共に、超音波の送信系及び受信系を、7種類の振動子に対応して7系統設ける必要がある。

10

【0040】

図8に示すように、周波数帯域 Δf_1 の振動子を、時刻 t_1 にパルス駆動することにより、パルス波形成分 PW_1 を有する超音波が送信される。同様に、周波数帯域 $\Delta f_2 \sim \Delta f_7$ の振動子を、所定のタイミング(時刻 $t_2 \sim t_7$)で駆動することにより、パルス波形成分 $PW_2 \sim PW_7$ を有する超音波が送信される。これらのパルス波形成分 $PW_1 \sim PW_7$ を合成することにより、チャープ波形を有する送信波 CW_2 が形成される。この送信波は、 $1\text{MHz} \sim 4.8\text{MHz}$ を含む広い周波数帯域を有している。

20

【0041】

また、図9に示すように、7種類の振動子に供給される駆動電圧を調整することにより、パルス波形成分 $PW_1' \sim PW_7'$ の合成によって形成されるチャープ波形 CW_3 を所望の量だけアポダイズすることも可能である。

このように、互いに異なる周波数帯域を有する7種類の振動子から送信された超音波のエコーを受信することにより出力される検出信号(音線信号)を、図1に示す波形合成部35において合成することにより、チャープ波形を再現することができる。図8又は図9に示す超音波送信方法においては、複数種類の振動子によって超音波エコーを時分割で受信することができるので、フィルタ処理を行うことなく、複数の帯域を分離することが可能である。また、インパルス駆動であるため、駆動回路を簡単に構成することができる。

30

【0042】

再び図1を参照すると、信号処理部31aは、複数の振動子10aに対応する複数のチャンネルを有している。同様に、信号処理部31b~31dは、複数の振動子10b~10dの各々に対応する複数のチャンネルを有している。信号処理部31a~31dの各チャンネルは、対応する振動子から出力される検出信号を、制御部25の制御の下で所定のタイミングで取り込む。検出信号の取り込みタイミングを制御することにより、被検体の所定の深さにおいて反射した超音波エコーを表す信号を取得することができる。さらに、信号処理部31a~31dに含まれる各チャンネルは、取り込んだ検出信号を増幅すると共に、STC(sensitivity time control: センシティビティ・タイム・コントロール)増幅器を用いて距離による減衰の補正を施す。

40

【0043】

受信フォーカス処理部32a~32dの各々は、信号処理部31a~31dのそれぞれに含まれている複数のチャンネルにおいて処理された複数の検出信号に所定の遅延を与えて、それらを加算することにより、受信フォーカス処理を行う。この受信フォーカス処理により、超音波エコーの焦点が絞り込まれた音線信号が形成される。なお、受信フォーカス処理は、STC増幅器による補正の前に行うようにしても良い。

【0044】

A/D変換器33a~33dの各々は、受信フォーカス処理を施された音線信号をディジタル変換することにより、音線データを生成する。A/D変換器33a~33dにおけ

50

るサンプリング周波数は、少なくとも超音波の周波数の10倍程度であることが必要であり、超音波の周波数の16倍以上であることが望ましい。また、A/D変換器の分解能は、10ビット以上であることが望ましい。なお、エリアシング（折り返し歪）を低減又は除去するために、A/D変換を行う前に、音線信号にローパスフィルタ処理等のアンチエリアシングフィルタ処理を施すことが望ましい。また、A/D変換は、受信フォーカス処理を行う前の検出信号について施されても良い。

【0045】

1次記憶部34a~34dは、A/D変換器33a~33dによって生成された音線データをそれぞれ記憶する。これらの音線データによって表される複数種類のチャープ波形成分は、図3に示すように、互いに異なる周波数帯域 Δf_A 、 Δf_B 、 Δf_C 、 Δf_D をそれぞれ有している。 10

【0046】

波形合成部35は、1次記憶部34a~34dに記憶されている音線データによって表される複数種類のチャープ波形成分を合成する。ここで、波形合成部35の動作について、図3及び図10を参照しながら詳しく説明する。

図10の(a)は、図1に示す探触子1から送信される超音波の波形を示している。このようなチャープ波形を形成するために、図3に示すように、各振動子の周波数帯域に対応すると共に、各振動子の特性に応じて決定された駆動波形を有する駆動信号が生成される。それにより、図10の(b)に示すように、振動子10a~10dからチャープ波形 $CW_A \sim CW_D$ を有する超音波が所定の時刻 $t_A \sim t_D$ にそれぞれ送信される。図10の(c)に示すように、これらの送信波は被検体内において反射され、受信波 $RW_A \sim RW_D$ が時刻 $t_A' \sim t_D'$ にそれぞれ受信される。 20

【0047】

波形合成部35は、駆動波形設定部22において設定された駆動波形に基づいて、これらの受信波 $RW_A \sim RW_D$ に対して各振動子の特性に応じた補正を行う。これにより、図10の(d)に示すように、強度補正された受信波 $RW_A' \sim RW_D'$ が得られる。次に、図10の(e)に示すように、波形合成部35は、補正された受信波 $RW_A' \sim RW_D'$ について、各振動子の特性に応じた超音波の送信タイミング及び受信タイミングの補正量や、共振周波数が隣接する振動子間における周波数帯域の重なり量等を考慮しつつ位相を調整する。さらに、位相を調整された受信波 $RW_A' \sim RW_D'$ を合成することにより、図10の(f)に示すチャープ受信波が形成される。 30

【0048】

ここで、超音波を受信する振動子は、その超音波を送信した振動子に限定する必要はない。例えば、図3に示すように、振動子10bの周波数帯域 Δf_B の一部は、振動子10aの周波数帯域 Δf_A や、振動子10cの周波数帯域 Δf_C と重なっている。そのため、振動子10bから送信された超音波のエコー信号を、振動子10aや振動子10cで受信することも可能である。そのように受信した場合においても、振動子10a~10dによって受信された信号は、波形合成部35において合成されるので、最終的に取得される結果は、本実施形態において説明したものと同様になる。

【0049】

チャープ圧縮部36は、図10の(f)に示す波形合成部35によって合成されたチャープ信号に対して、図10の(a)に示す駆動波形設定部22から供給される送信波のエンコードに用いられたのと同じチャープコードを掛けて足し合わせることで、図10の(g)に示す自己相関係数を求める。このようにして音線データをデコードすることにより、広帯域のチャープ信号に含まれている複数の周波数成分が有する情報を圧縮して、超音波エコーの強度に関する時間分解能及びS/N比の高い情報を得ることができる。 40

本実施形態においては、波形合成部35における位相調整により、チャープ信号の波形が正確に合成されているので、特別なアポダイゼーション等を行うことなく、サイドローブが小さいパルス圧縮を行うことが可能になる。

Bモード画像データ生成部37は、チャープ圧縮部36から出力されるデコードされた 50

音線データに基づいて、Bモード画像データを生成する。

【0050】

図11に、音線データによって表されるチャープ信号の波形と自己相関計数との関係を示す。図11においては、時間 t_1 及び t_2 において大きな自己相関計数が観測されており、これらは、軟部組織と硬部組織との境界のように超音波の反射率の大きな部分において超音波が反射されたことを示している。このようにして、超音波の反射位置が求められる。

【0051】

周波数解析部38は、1次記憶部34a~34dに記憶されている音線データに対してフーリエ変換を行うことにより、互いに異なる周波数帯域を有する複数種類の検出信号（音線信号）に含まれている複数の周波数成分を求める。なお、周波数解析部38において、高速フーリエ変換（FFT）を行う場合には、周波数解析部38の前段に、音線データを構成するデータ数が 2^N 個（Nは整数）になるように補間を行う補間処理部を設ける。

10

【0052】

抽出周波数演算部39は、周波数解析部38によって求められた複数の周波数成分に基づいて、周波数画像を表示するために用いられる周波数成分を抽出すると共に、抽出された周波数成分に対して所定の演算処理を行う。ここで、抽出周波数演算部39は、複数の周波数成分の内から、例えば、強度の大きい1つの周波数成分を抽出して出力しても良いし、複数の周波数成分を抽出し、それらの間の差や比のように、強度の相対関係を算出して出力しても良い。これにより、所定の期間内に取得された検出信号に関して、被検体の深さ方向の各領域における組織特有の情報を表す特徴量が求められる。

20

【0053】

超音波エコー強度の大きい部分に着目する場合には、その部分における特定の組織の周波数特性に関する特徴に基づいて周波数成分を決定することにより、その特定の組織をより強調して表示することができる。反対に、超音波エコー強度の小さい部分に着目して周波数成分を決定することにより、多数の弱いエコーが加算され干渉した結果として生じるスペックル成分を低減することも可能である。いずれにしても、SN比を改善することができる。また、複数の周波数成分の相対値を算出する場合には、その相対値に基づいて、特定の組織の2次元的な分布を正確に求めることができる。

【0054】

注目周波数自動決定部40は、抽出周波数演算部39において用いられる注目すべき周波数を自動的に決定する。その際に、注目周波数自動決定部40は、予め定められている複数の周波数を自動的に決定しても良い。例えば、注目周波数自動決定部40は、周波数解析部38によって算出された複数の周波数成分の中から、被検体の深さ方向の全部又は一部の領域について、大きなピーク又はディップを有する少なくとも1つの周波数を自動的に決定しても良いし、所定の値だけ離れた周波数成分の組み合わせを用いても良い。

30

【0055】

さらに、振動子の送受信における周波数特性を記録部26に記録しておき、制御部25の制御の下で、振動子の周波数特性に対応して、駆動信号の振幅や検出信号の振幅を補正するようにすれば、より正確に周波数成分を抽出することができる。また、検出信号の周波数成分のみならず、位相成分も抽出して超音波画像の生成に利用すれば、さらに多くの情報を得ることができる。

40

【0056】

周波数画像データ生成部41は、抽出周波数演算部39から出力される特徴量に基づいて、該特徴量に関連する周波数画像データを生成する。その際には、被検体の深さ方向の各領域に対応する周波数画像上の領域を、抽出周波数演算部39からの出力値に応じて色分け、又は、輝度別に表示するようにしても良い。

【0057】

周波数画像表示領域判断部42は、抽出周波数演算部39における演算結果に基づいて、Bモード画像に合成して表示される周波数画像の領域（表示領域）を判断する。例えば

50

、抽出周波数演算部 39 において求められた特徴量が、複数の周波数成分の間の差である場合に、その差が所定の値以上である領域を表示領域とする。これにより、特定の性状を有する組織等を B モード画像と重ね合わせて表示することができる。

【0058】

画像合成部 43 は、B モード画像データ生成部 37 によって生成された B モード画像と、周波数画像データ生成部 41 によって生成された周波数画像データとに対して所定の演算処理を施すことにより、合成画像データを生成する。この合成画像データは、B モード画像と周波数画像とが重ね合わせられた画像を表す。周波数画像を重ね合わせて表示する領域は、操作卓 24 を用いてオペレータによりマニュアル指定されても良いし、周波数画像表示領域判断部 42 によって判断された表示領域を用いて設定されても良い。あるいは、それ以外の表示条件を予め設定しておき、その条件に従い、周波数画像の表示領域が自動的に指定されるようにしても良い。

10

【0059】

2 次記憶部 44 は、画像合成部 43 から出力される画像データを記憶する。画像処理部 45 は、2 次記憶部 44 に記憶されている画像データに、各種の画像処理を施す。表示部 46 は、例えば、CRT や LCD 等のディスプレイ装置を含んでおり、画像処理部 45 によって画像処理が施された画像データに基づいて超音波画像を表示する。

【0060】

図 12 は、本実施形態に係る超音波送受信装置によって生成される超音波画像を模式的に表す図である。なお、図 12 においては、参考のために、超音波用探触子（プローブ）1 の位置が示されている。この超音波画像は、関節を含む上肢を超音波撮像することによって得られるものであり、このような領域は、主に整形外科の分野において、しばしば撮像対象とされる。本実施形態においては、チャープ圧縮を行うことによって生成された B モードの全体像 110 に、周波数 f_i 成分及び f_j 成分（ $i \neq j$ ）に基づいて得られた周波数画像を重ね合わせて、1 枚の画像を生成している。

20

【0061】

ここで、骨部の表面 111 等の硬部組織は、周波数 f_i に関する周波数画像に表されたものであり、皮膚や筋肉等の軟部組織 112 や骨部の内部組織 113 は、周波数 f_j に関する周波数画像に表されたものであり、腱及び靭帯 114 や軟骨 115 は、周波数 f_i 成分と f_j 成分とを用いて演算を行うことによって表されたものである。このように、分解能が高く、且つ、SN 比が高い B モード画像に、組織の性状等が表された周波数画像を重ね合わせることにより、診断対象となる領域を明確に画像化することができる。

30

【0062】

以上説明したように、本実施形態においては、互いに異なる共振周波数を有する複数の振動子からチャープ波形の複数種類の成分を順次送信し、順次受信された複数種類の成分に基づいて、広帯域のチャープ波形を合成している。そのため、それぞれの振動子の周波数帯域が狭くても、振動子の種類（例えば、N 種類）に応じた量だけ（例えば、N 倍）周波数掃引したチャープ圧縮を行うことが可能となる。従って、時間分解能を向上させることができる。また、複数種類の振動子を組み合わせることにより、広帯域の振動子を使用することなく、実質的に広帯域の超音波用探触子を実現することができる。

40

【0063】

本実施形態においては、周波数帯域の異なる 4 種類の振動子を使用しているが、振動子の種類は少なくとも 2 種類あれば良く、あるいは、4 種類以上の振動子を用いても良い。その場合には、駆動信号発生部を含む送信系や、信号処理部～1 次記憶部を含む信号処理系を、振動子の種類に応じて変更すれば良い。振動子の種類を増やすことにより、超音波用探触子をさらに広帯域化し、チャープ圧縮率を高くすることができる。

【産業上の利用可能性】

【0064】

本発明は、超音波を送受信することにより生体内の臓器や骨等の撮像を行って、診断のために用いられる超音波画像を生成する超音波撮像において利用することが可能である。

50

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明の一実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示す超音波送受信装置において用いられる超音波用探触子の構造を示す図である。

【図3】図1に示す超音波送受信装置において用いられる超音波送信方法について説明するための図である。

【図4】インパルス駆動によりチャープ波形を形成する場合について説明するための図である。

【図5】複数種類のチャープ波形成分を同時に多重送信する超音波送信方法について説明するための図である。 10

【図6】複数種類のチャープ波形成分を同時に多重送信する別の超音波送信方法について説明するための図である。

【図7】周波数帯域が分離している複数種類の振動子を同時に駆動する超音波送信方法について説明するための図である。

【図8】パルス波形の合成によりチャープ波形を形成する超音波送信方法について説明するための図である。

【図9】パルス波形の合成によりアポダイズされたチャープ波形を形成する超音波送信方法について説明するための図である。

【図10】波形合成部の動作を説明するための図である。 20

【図11】音線データによって表されるチャープ信号の波形と自己相関計数との関係を示す図である。

【図12】図1に示す超音波送受信装置によって生成される超音波画像を模式的に表す図である。

【符号の説明】

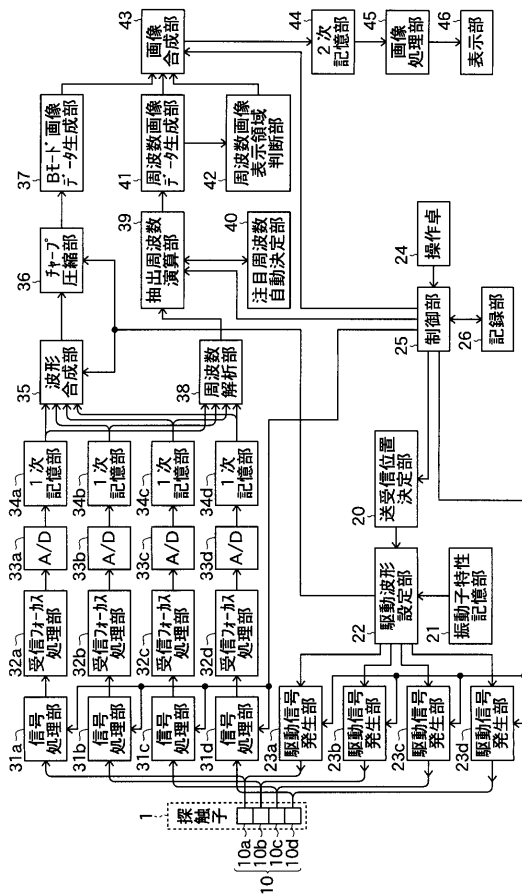
【0066】

- 1 超音波用探触子
- 10 超音波トランスデューサアレイ
- 10a ~ 10d 超音波トランスデューサ（振動子）
- 11 バッキング層 30
- 12 音響整合層
- 12a ~ 12d 音響整合層の領域
- 20 送受信位置決定部
- 21 振動子特性記憶部
- 22 駆動波形設定部
- 23a ~ 23d 駆動信号発生部
- 24 操作部
- 25 制御部
- 26 記録部
- 31a ~ 31d 信号処理部 40
- 32a ~ 32d 受信フォーカス処理部
- 33a ~ 33d A / D変換器
- 34a ~ 34d 1次記憶部
- 35 波形合成部
- 36 チャープ圧縮部
- 37 Bモード画像データ生成部
- 38 周波数解析部
- 39 抽出周波数演算部
- 40 注目周波数自動決定部
- 41 周波数画像データ生成部 50

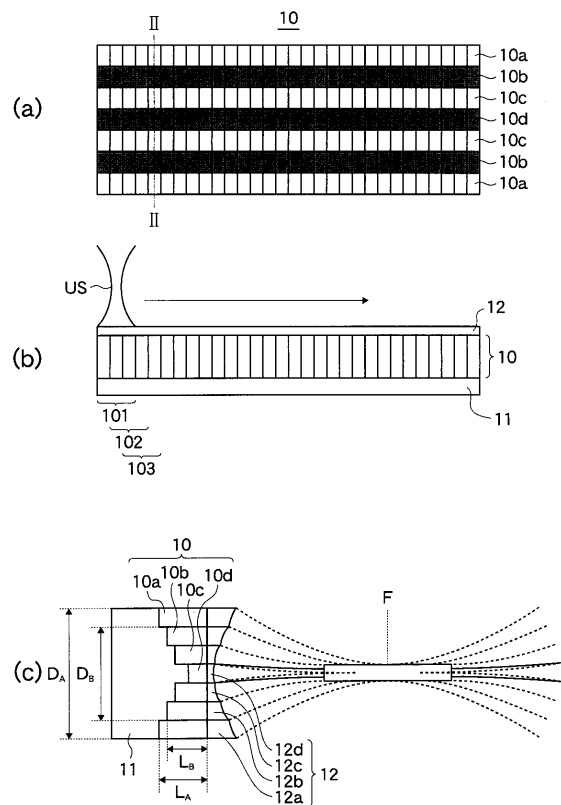
- 4 2 周波数画像表示領域判断部
- 4 3 画像合成部
- 4 4 2次記憶部
- 4 5 画像処理部
- 4 6 表示部
- 1 0 1、1 0 2、... 振動子群
- 1 1 0 Bモード画像
- 1 1 1 骨部表面
- 1 1 2 軟部組織
- 1 1 3 骨部内部組織
- 1 1 4 腱及び靱帯
- 1 1 5 軟骨

10

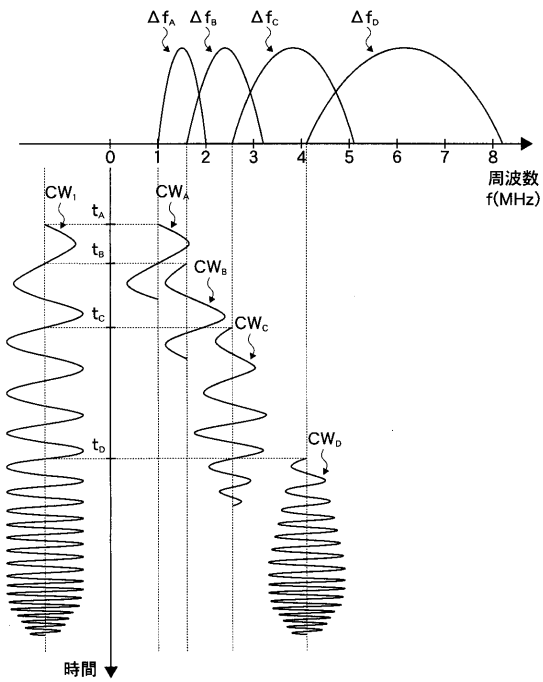
【図 1】



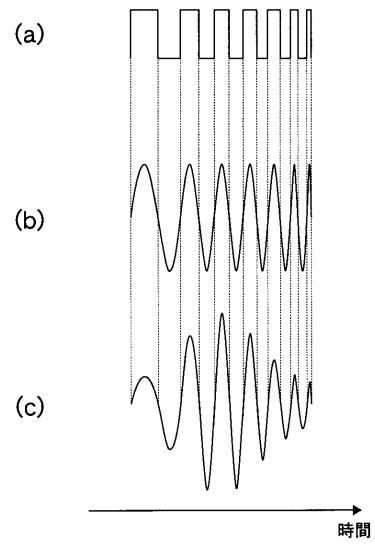
【図 2】



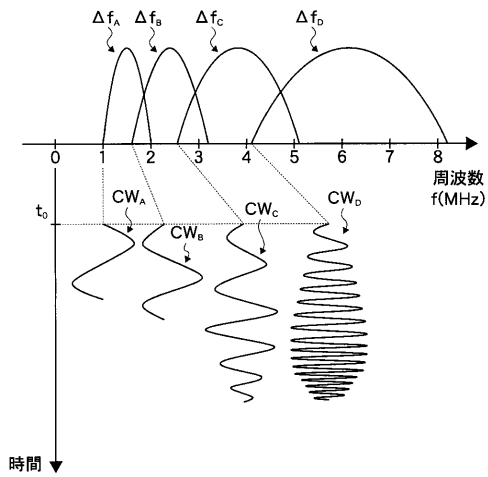
【 図 3 】



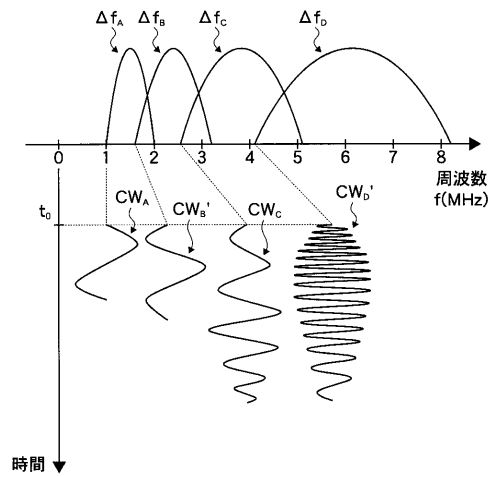
【 図 4 】



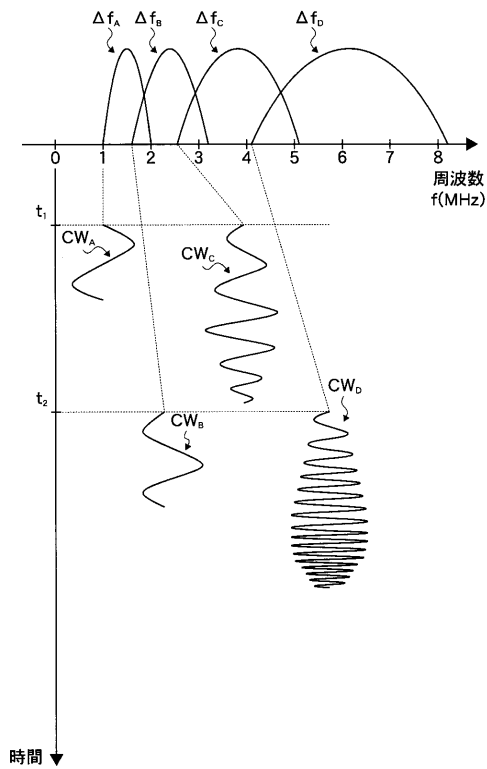
【 図 5 】



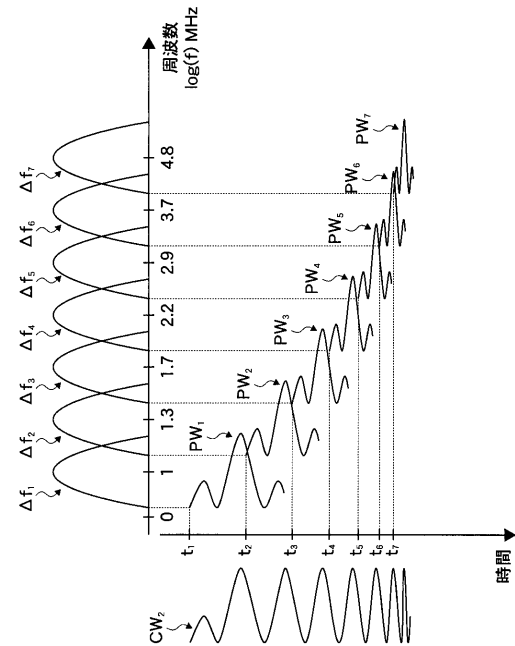
【 図 6 】



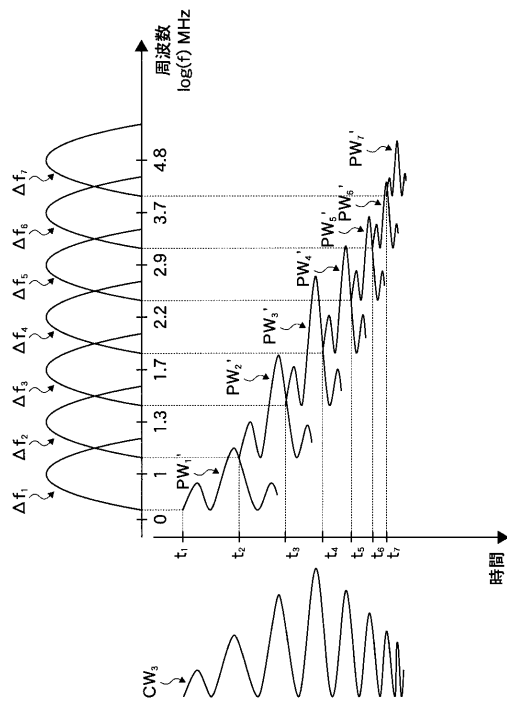
【図 7】



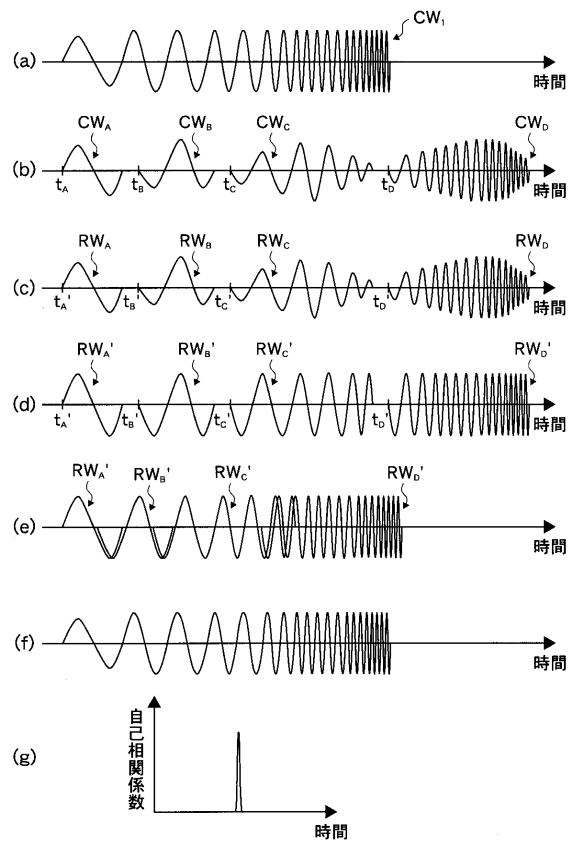
【図 8】



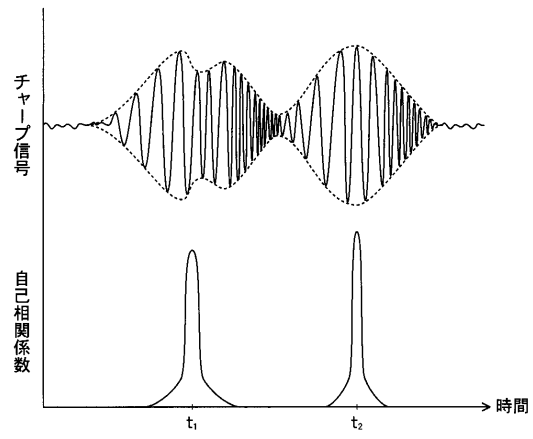
【図 9】



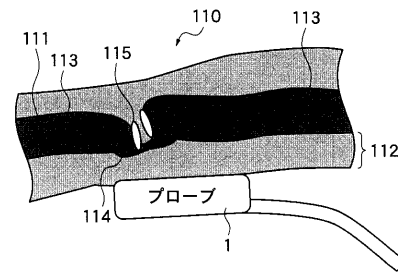
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4C601 BB02 EE01 EE02 EE04 EE12 GB04 HH05 HH06 HH09 HH10
HH12 HH35 JB44 JB45 JC21

专利名称(译)	超声波传输方法，超声波传输和接收方法，超声波传输/		
公开(公告)号	JP2005342141A	公开(公告)日	2005-12-15
申请号	JP2004164119	申请日	2004-06-02
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片有限公司		
[标]发明人	唐澤弘行		
发明人	唐澤 弘行		
IPC分类号	G01N29/44 A61B8/00 G01N29/22		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/22.501 A61B8/14		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/CA01 2G047/DA02 2G047/DB02 2G047/EA02 2G047/EA03 2G047/EA04 2G047/EA07 2G047/EA14 2G047/GB02 2G047/GF07 2G047/GF10 2G047/GF11 2G047/GF12 2G047/GF21 2G047/GG34 2G047/GG35 2G047/GG36 4C601/BB02 4C601/EE01 4C601/EE02 4C601/EE04 4C601/EE12 4C601/GB04 4C601/HH05 4C601/HH06 4C601/HH09 4C601/HH10 4C601/HH12 4C601/HH35 4C601/JB44 4C601/JB45 4C601/JC21		
代理人(译)	宇都宫正明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种能够在不使用复杂的驱动图案等的情况下形成宽带chirp声波的超声波传输方法。超声波发送方法是从包括多个超声波换能器的超声波换能器阵列发送具有线性调频波形的超声波的方法，其中，提供了用于驱动多个超声波换能器的驱动波形。步骤（a）进行设置，步骤（b）基于在步骤（a）中设置的驱动波形生成多个驱动信号，并对具有不同共振频率的多种类型的超声换能器进行多种驱动 步骤（c），通过分别提供信号并从多种类型的超声换能器发射具有多种不同频率特性的超声波，来合成具有线性调频波形的超声波。[选型图]图1

