

(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2019-80879

(P2019-80879A)

(43) 公開日 令和1年5月30日 (2019.5.30)

(51) Int.Cl.
A61B 8/14 (2006.01)F I
A 6 1 B 8/14テーマコード (参考)
4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2017-211446 (P2017-211446)
(22) 出願日 平成29年11月1日 (2017.11.1)(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 110001254
特許業務法人光陽国際特許事務所
(72) 発明者 谷口 哲哉
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 DD18 DE02 EE30 GB03 HH22
JB34 JC20 KK02 KK12

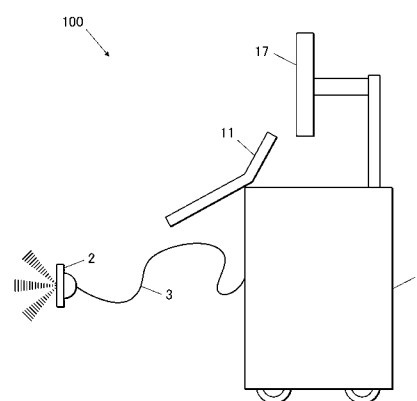
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び共振情報取得方法

(57) 【要約】

【課題】組織構造などに起因する共振挙動を定量化し、新たな組織性状などについての診断情報などを得ることである。

【解決手段】超音波診断装置100は、駆動信号を生成し、駆動信号に応じて複数の振動子のうちの任意の振動子から超音波を送受信する超音波探触子2に、生成した駆動信号を出力する送信部12と、送信中心周波数 f 及び増減周波数 α を用いて、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを集束するよう同時に送信させる第1の駆動信号を送信部12に生成させる制御部18と、超音波探触子2から第1の駆動信号の超音波に対応する第1の受信信号を取得する受信部13と、第1の受信信号から被検体の共振挙動を示す差周波数 2α の共振情報を生成する信号処理部15と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

駆動信号を生成し、駆動信号に応じて複数の振動子のうちの任意の振動子から超音波を送受信する超音波探触子に当該生成した駆動信号を出力する送信部と、

送信中心周波数 f 及び増減周波数 α を用いて、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを集束するよう同時に送信させる第 1 の駆動信号を前記送信部に生成させる送信制御部と、

前記超音波探触子から前記第 1 の駆動信号の超音波に対応する第 1 の受信信号を取得する受信部と、

前記第 1 の受信信号から被検体の共振挙動を示す差周波数 2α の共振情報を生成する信号処理部と、を備える超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記送信制御部は、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを所定の位置で交差するよう同時に送信させる第 1 の駆動信号を前記送信部に生成させる請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記送信制御部は、基準信号強度値に対応する超音波を送信させる第 2 の駆動信号を前記送信部に生成させ、

前記受信部は、前記超音波探触子から前記第 2 の駆動信号の超音波に対応する第 2 の受信信号を取得し、

20

前記信号処理部は、前記第 1 の受信信号の信号強度値と前記第 2 の受信信号の基準信号強度値との差分値を前記差周波数 2α の共振情報として算出する請求項 1 又は 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記信号処理部は、前記信号強度の差分値が所定の閾値以上であるか否かを判定し、当該判定の結果を共振情報とする請求項 3 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記送信制御部は、前記増減周波数 α を複数の設定値に変更しつつ前記第 1 の駆動信号を生成し、

前記信号処理部は、各増減周波数 α の前記第 1、第 2 の受信信号から各差周波数 2α の信号強度の差分値を示す共振情報を生成する請求項 3 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 6】

前記信号処理部は、前記各差周波数 2α の信号強度の差分値と、所定の組織の種類に対応して設定された周波数に対する信号強度の差分値を示す指標値基準情報との合致度を前記共振情報として算出する請求項 5 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記送信制御部は、関心領域の各位置の前記第 1 の駆動信号を前記送信部に生成させ、

前記信号処理部は、前記関心領域の各位置の前記合致度を示す合致度画像データを前記共振情報として生成する請求項 6 に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

40

前記送信制御部は、前記第 1 の駆動信号の出力後に、ドプラ法の第 3 の駆動信号を前記送信部に生成及び出力させ、

前記受信部は、前記超音波探触子から前記第 3 の駆動信号の超音波に対応する第 3 の受信信号を取得し、

前記信号処理部は、前記第 3 の受信信号を周波数解析してドプラスペクトル情報を生成し、当該ドプラスペクトル情報を前記差周波数 2α の共振情報とする請求項 1 又は 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記信号処理部は、前記生成したドプラ速度が所定の閾値以上であるか否かを判定し、当該判定の結果を共振情報とする請求項 8 に記載の超音波診断装置。

50

【請求項 10】

前記送信制御部は、前記増減周波数 α を複数の設定値に変更しつつ前記第 1、第 3 の駆動信号を生成し、

前記信号処理部は、各増減周波数 α の前記第 1、第 3 の受信信号から各差周波数 2α の共振情報を生成する請求項 8 又は 9 に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記生成された差周波数 2α の共振情報を表示部に表示させる表示制御部を備える請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

送信中心周波数 f 及び増減周波数 α を用いて、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを集束するよう同時に送信させる第 1 の駆動信号を生成し、駆動信号に応じて複数の振動子のうちの任意の振動子から超音波を送受信する超音波探触子に当該生成した駆動信号を出力する送信制御工程と、

前記超音波探触子から前記第 1 の駆動信号の超音波に対応する第 1 の受信信号を取得する受信工程と、

前記第 1 の受信信号から被検体の共振挙動を示す差周波数 2α の共振情報を生成する信号処理工程と、を含む共振情報取得方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置及び共振情報取得方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断は、超音波探触子を体表から当てるという簡単な操作で心臓の拍動や胎児の動きの様子が超音波画像として得られ、かつ安全性が高いため繰り返して検査を行うことができる。

【0003】

超音波診断における超音波画像は、送信超音波を被検体に送信し、当該被検体から受信した超音波に応じた電気信号である受信超音波信号として、通常、超音波波長よりも大きい構造物から反射されて得られる反射超音波信号と、超音波波長より小さな構造物によって散乱されて得られる散乱超音波信号と、から生成される。散乱超音波信号は干渉を生じてしまい、到達超音波波形とは異なる形状となるため、直接的にはその形態を反映しなくなるが、この干渉により生じたパターンも含めた形態情報が超音波画像診断の基本情報となっている。

【0004】

しかしながら、近年、形態情報だけでなくその組織性状情報を得ることが望まれている。組織の弾性率情報を得る方法としては、用手的な加圧などにより組織が変形した際の歪みを利用する方法（特許文献 1 参照）や音響放射力により組織内に剪断波を生じさせ、その伝搬速度から組織の硬さ情報を得る方法（特許文献 2 参照）がある。

【0005】

弾性率とは別の組織情報を示す現象として、腎結石や乳腺石灰化がドプラモードなどで尾引きやモザイク状の瞬きを表示する twinkling sign (twinkling artifact) が知られている。これはその成因を調査した研究により超音波放射による振動が要因であることがわかっている（非特許文献 1 参照）が、これを組織性状や定量指標として利用するには至っていない。

【0006】

超音波と対象物との相互作用により対象物の特性を得る方法としては、送信用、受信用の 2 つの超音波探触子を用い、通過させる超音波の周波数を掃引して周波数毎の透過性を定量化する超音波スペクトロスコピーという方法が知られている（特許文献 3 参照）。

【0007】

10

20

30

40

50

超音波探触子から送信された周波数とは大きく異なる周波数の音波を生成する方法としては、2つの異なる周波数を干渉させてうなりを生じさせる方法があり、これを利用して複数の目標からの音波を同時に受信して送受信時間を迅速化する方法に用いられている（特許文献4参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2000-60853号公報

【特許文献2】特表2014-503065号公報

【特許文献3】特表平10-505408号公報

【特許文献4】特開2015-202400号公報

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】Journal of Medical Ultrasonics, July 2013, Volume 40, Issue 3, p p 197-203

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、特許文献1、2の方法では、弾性率、硬さに関する情報は得られるものの、組織の微細構造に起因した情報は得られない。例えば、腫瘍内の分葉構造や肝内微小脈管の消失などの組織構造の違いがあっても、弾性率に十分な差がなければ判別することはできない。

【0011】

また、非特許文献1では、これを組織性状や定量指標として利用するには至っておらず、その方法の可能性についても述べられていない。

【0012】

特許文献3を用いた方法は、主に対象物の超音波吸収特性を得るものであり、構造に由来する吸収があったとしても透過法で測定するために経路中のどの位置にあるかを特定することはできない。よってこの手法は工業材料のような均質な対象物に用いることが前提であり、生体などの不均質対象物には不適である。更には用いる超音波の周波数は探触子の周波数帯域内に限定されるという問題がある。

【0013】

特許文献4による方法では、うなりを利用してはいるが、単に超音波画像生成に用いているのみで、これを組織性状などの情報として定量化することや、干渉領域を制御する送受信方法などについては記載がない。

【0014】

本発明の課題は、組織構造などに起因する共振挙動を定量化し、新たな組織性状などについての診断情報などを得ることである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題を解決するため、請求項1に記載の発明の超音波診断装置は、駆動信号を生成し、駆動信号に応じて複数の振動子のうちの任意の振動子から超音波を送受信する超音波探触子に当該生成した駆動信号を出力する送信部と、

送信中心周波数 f 及び増減周波数 α を用いて、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを集束するよう同時に送信させる第1の駆動信号を前記送信部に生成させる送信制御部と、

前記超音波探触子から前記第1の駆動信号の超音波に対応する第1の受信信号を取得する受信部と、

前記第1の受信信号から被検体の共振挙動を示す差周波数 2α の共振情報を生成する信号処理部と、を備える。

10

20

30

40

50

【0016】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の超音波診断装置において、
前記送信制御部は、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを所定の位置で交差するよう同時に送信させる第1の駆動信号を前記送信部に生成させる。

【0017】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の超音波診断装置において、
前記送信制御部は、基準信号強度値に対応する超音波を送信させる第2の駆動信号を前記送信部に生成させ、
前記受信部は、前記超音波探触子から前記第2の駆動信号の超音波に対応する第2の受信信号を取得し、
前記信号処理部は、前記第1の受信信号の信号強度値と前記第2の受信信号の基準信号強度値との差分値を前記差周波数 2α の共振情報として算出する。

10

【0018】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の超音波診断装置において、
前記信号処理部は、前記信号強度の差分値が所定の閾値以上であるか否かを判定し、当該判定の結果を共振情報とする。

【0019】

請求項5に記載の発明は、請求項3に記載の超音波診断装置において、
前記送信制御部は、前記増減周波数 α を複数の設定値に変更しつつ前記第1の駆動信号を生成し、
前記信号処理部は、各増減周波数 α の前記第1、第2の受信信号から各差周波数 2α の信号強度の差分値を示す共振情報を生成する。

20

【0020】

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の超音波診断装置において、
前記信号処理部は、前記各差周波数 2α の信号強度の差分値と、所定の組織の種類に対応して設定された周波数に対する信号強度の差分値を示す指標値基準情報との合致度を前記共振情報として算出する。

【0021】

請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の超音波診断装置において、
前記送信制御部は、関心領域の各位置の前記第1の駆動信号を前記送信部に生成させ、
前記信号処理部は、前記関心領域の各位置の前記合致度を示す合致度画像データを前記共振情報として生成する。

30

【0022】

請求項8に記載の発明は、請求項1又は2に記載の超音波診断装置において、
前記送信制御部は、前記第1の駆動信号の出力後に、ドプラ法の第3の駆動信号を前記送信部に生成及び出力させ、
前記受信部は、前記超音波探触子から前記第3の駆動信号の超音波に対応する第3の受信信号を取得し、
前記信号処理部は、前記第3の受信信号を周波数解析してドプラスペクトル情報を生成し、当該ドプラスペクトル情報を前記差周波数 2α の共振情報とする。

40

【0023】

請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の超音波診断装置において、
前記信号処理部は、前記生成したドプラ速度が所定の閾値以上であるか否かを判定し、当該判定の結果を共振情報とする。

【0024】

請求項10に記載の発明は、請求項8又は9に記載の超音波診断装置において、
前記送信制御部は、前記増減周波数 α を複数の設定値に変更しつつ前記第1、第3の駆動信号を生成し、
前記信号処理部は、各増減周波数 α の前記第1、第3の受信信号から各差周波数 2α の

50

共振情報を生成する。

【0025】

請求項11に記載の発明は、請求項1から10のいずれか一項に記載の超音波診断装置において、

前記生成された差周波数 2α の共振情報を表示部に表示させる表示制御部を備える。

【0026】

請求項12に記載の発明の共振情報取得方法は、において、

送信中心周波数 f 及び増減周波数 α を用いて、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを集束するよう同時に送信させる第1の駆動信号を生成し、駆動信号に応じて複数の振動子のうちの任意の振動子から超音波を送受信する超音波探触子に当該生成した駆動信号を出力する送信制御工程と、

前記超音波探触子から前記第1の駆動信号の超音波に対応する第1の受信信号を取得する受信工程と、

前記第1の受信信号から被検体の共振挙動を示す差周波数 2α の共振情報を生成する信号処理工程と、を含む。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、差周波数 2α の共振情報により、組織構造などに起因する共振挙動を定量化でき、新たな組織性状などについての診断情報などを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の実施の形態の超音波診断装置の外観図である。

【図2】超音波診断装置の機能構成を示すブロック図である。

【図3】(a)は、超音波を送信する振動子の第1のパターンを示す図である。(b)は、超音波を送信する振動子の第2のパターンを示す図である。

【図4】(a)は、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波送信を示す図である。(b)は、周波数 $(f - \alpha)$ の超音波送信を示す図である。(c)は、周波数 $(f + \alpha)$ 、 $(f - \alpha)$ の超音波送信を示す図である。

【図5】第1の共振検出処理を示すフローチャートである。

【図6】関心領域合致度算出処理を示すフローチャートである。

【図7】第2の共振検出処理を示すフローチャートである。

【図8】第3の共振検出処理を示すフローチャートである。

【図9】ファントムの構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

添付図面を参照して、本発明に係る実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は、図示例に限定されるものではない。

【0030】

図1～図9を参照して、本実施の形態を説明する。まず、図1及び図2を参照して、本実施の形態の装置構成を説明する。図1は、本実施の形態の超音波診断装置100の外観図である。図2は、超音波診断装置100の機能構成を示すブロック図である。

【0031】

本実施の形態に係る超音波診断装置100は、病院などの医療機関で使用され、患者の生体などの被検体を診断する装置である。図1及び図2に示すように、超音波診断装置100は、超音波診断装置本体1と、超音波探触子2と、を備える。超音波探触子2は、図示しない被検体に対して超音波（送信超音波）を送信するとともに、この被検体で反射した超音波の反射波（反射超音波（散乱超音波を含む））を受信する。超音波診断装置本体1は、超音波探触子2とケーブル3を介して接続され、超音波探触子2に電気信号の駆動信号を送信することによって超音波探触子2に被検体に対して送信超音波を送信させるとともに、超音波探触子2にて受信した被検体内からの反射超音波に応じて超音波探触子2

で生成された電気信号である受信信号に基づいて被検体内の内部状態を超音波画像として画像化する。

【0032】

超音波探触子2は、圧電素子からなる振動子2aを備えており、この振動子2aは、例えば、方位方向に一次元アレイ状に複数配列されている。本実施の形態では、例えば、192個の振動子2aを備えた超音波探触子2を用いている。なお、振動子2aは、二次元アレイ状に配列されたものであってもよい。また、振動子2aの個数は、任意に設定することができる。また、本実施の形態では、超音波探触子2について、リニア走査方式の電子スキャンプローブを採用したが、電子走査方式あるいは機械走査方式の何れを採用してもよく、また、リニア走査方式、セクター走査方式あるいはコンベックス走査方式の何れの方式を採用することもできる。

10

【0033】

また、超音波探触子2は、複数の振動子2aが一行に配列された超音波送信のための送信開口O1を有する。超音波探触子2は、制御部18の制御に従い、送信開口O1内の任意の位置及び数の振動子2aを駆動して超音波を出力可能である。

【0034】

なお、超音波診断装置本体1と超音波探触子2との通信は、ケーブル3を介する有線通信に代えて、UWB (Ultra Wide Band) などの無線通信により行うこととしてもよい。

【0035】

図2に示すように、超音波診断装置本体1は、例えば、操作入力部11と、送信部12と、受信部13と、音線信号生成部14と、信号処理部15と、表示制御部としての画像処理変換部16と、表示部17と、制御部18と、記憶部19と、を備える。

20

【0036】

操作入力部11は、例えば、診断開始を指示するコマンドや被検体の個人情報などのデータの入力などを行うための各種スイッチ、ボタン、トラックボール、マウス、キーボードなどを備えており、操作信号を制御部18に出力する。

【0037】

送信部12は、制御部18の制御に従って、超音波探触子2にケーブル3を介して電気信号である駆動信号を供給して超音波探触子2に送信超音波を発生させる回路である。より具体的には、送信部12は、例えば、クロック発生回路、パルス発生回路、電圧及びデューティ設定部、遅延回路（いずれも図示略）を備える。

30

【0038】

クロック発生回路は、駆動信号の送信タイミングや送信周波数を決定するクロック信号を発生させる回路である。パルス発生回路は、所定の周期で駆動信号としてのパルス信号を発生させるための回路である。パルス発生回路は、例えば、5値（+HV / +MV / 0 / -MV / -HV）の電圧を切り替えて出力することにより、矩形波によるパルス信号を発生させることができる。電圧及びデューティ設定部は、パルス発生回路から出力されるパルス信号の電圧及びデューティ比を設定する。すなわち、パルス発生回路は、デューティ設定部によって設定された電圧及びデューティ比に従ったパルス波形によるパルス信号を出力する。電圧及びデューティ比は、所定の周波数の成分を有する駆動信号となるように設定可能である。遅延回路は、駆動信号の送信タイミングを振動子毎に対応した個別経路毎に遅延時間を設定し、設定された遅延時間だけ駆動信号の送信を遅延させて送信超音波によって構成される送信ビームの集束を行うための回路である。

40

【0039】

以上のように構成された送信部12は、制御部18の制御に従って、駆動信号を供給する複数の振動子2aを、超音波の送受信毎に所定数ずらしながら順次切り替え、出力の選択された複数の振動子2aに対して駆動信号を供給することによりスキャンを行う。

【0040】

また、送信部12は、少なくとも、うなりモード、B (Brightness) モードの駆動信号を生成し、実施態様によって必要に応じ連続波ドプラモードの駆動信号を生成する。うな

50

りモードは、被検体内にうなりを発生させる超音波又はうなり発生時との比較のためうなりを発生させない超音波を送受信するモードである。うなりとは、周波数（振動数）がわずかに異なる2つの波が干渉して、振幅がゆっくり周期的に変わる合成波を生ずる現象をいう。実施態様によって必要に応じて用いられる連続波ドプラモードは、超音波の送信、受信を別々の振動子2aに分けて機能させ、一方向に連続して超音波を送受信し、受信信号を周波数解析することにより被検体の血流、組織などの動き（速度）を検出するモードである。Bモードは、被検体の断層構造を輝度により表したBモード画像を生成するモードである。

【0041】

送信部12は、うなりモードにおいて、うなり生成用の駆動信号として、任意の送信中心周波数 f [MHz]の送信超音波を生成させる成分を含む駆動信号を生成して出力する。このとき、超音波探触子2は、送信中心周波数 f の送信超音波が生成されて出力される。本実施の形態では、送信超音波でうなりを発生させるため、送信部12で、周波数 $(f + \alpha)$ [MHz]の成分を含む駆動信号及び周波数 $(f - \alpha)$ [MHz]の成分を含む駆動信号が生成される。増減周波数 α [kHz]は、周波数 $(f + \alpha)$ 、 $(f - \alpha)$ の差分の差周波数 2α がわずかな値となる周波数である。周波数 $(f + \alpha)$ の送信超音波と、周波数 $(f - \alpha)$ の送信超音波とが干渉することにより、差周波数 2α の送信超音波の合成波が発生する。この差周波数 2α の送信超音波の合成波と、被検体の組織などとの共振を検出することを目的とする。また、送信部12は、うなりモードにおいて、共振の検出に連続波ドプラではなく、うなりの生成有無によるエコー強度の差を用いる実施態様において、うなりを生成させない駆動信号として、周波数 $(f + \alpha)$ の送信超音波を生成させる成分を含む駆動信号又は周波数 $(f - \alpha)$ の送信超音波を生成させる成分を含む駆動信号が生成される。また、うなりを生成させない駆動信号の生成とその送受信は、上述のように周波数 $(f + \alpha)$ と周波数 $(f - \alpha)$ の2回行ってうなりの生成を検出する基準信号強度値を得る方法の他に、周波数 f の駆動信号生成とその送受信の1回のみ行い、基準信号強度値を得る方法でもよい。これらは測定対象部位の減衰特性や必要な検出精度に応じて適宜選択される。

【0042】

受信部13は、制御部18の制御に従って、超音波探触子2からケーブル3を介して電気信号の受信信号を受信する回路である。受信部13は、例えば、増幅器、A/D変換回路を備える。増幅器は、受信信号を、振動子2a毎に対応した個別経路毎に、予め設定された所定の増幅率で増幅させるための回路である。A/D変換回路は、増幅された受信信号をアナログデジタル変換（A/D変換）するための回路である。

【0043】

音線信号生成部14は、制御部18の制御に従って、受信部13からの受信信号に対して包絡線検波処理や対数増幅などを実施し、音線データを生成する。音線信号生成部14は、整相加算部14aと、包絡線検波部14bとを備える。整相加算部14aは、制御部18の制御に従って、受信部13でA/D変換された受信信号に対して、振動子2a毎に対応した個別経路毎に遅延時間を与えて時相を整え、これらを加算（整相加算）して音線データを生成するための回路である。包絡線検波部14bは、制御部18の制御に従って、整相加算部14aで生成された音線データに対して、包絡線検波処理や対数増幅などを実施する回路である。

【0044】

信号処理部15は、制御部18の制御に従って、音線信号生成部14からの音線データを信号処理する。信号処理部15は、うなり共振検知部15aと、うなり共振記憶部15bと、うなり共振解析部15cと、Bモード画像生成部15dと、を有する。

【0045】

うなり共振検知部15aは、うなりの検出にエコー強度の比較を用いる態様においては、制御部18の制御に従って、うなりモード時に、音線信号生成部14からうなり生成用の送信超音波（駆動信号）に対応する音線データの信号強度 I を検知し、（当該送信超音

10

20

30

40

50

波の周波数の) 検知した信号強度 I をうなり共振記憶部 15b に記憶する。具体的には、うなり共振検知部 15a は、うなりを発生した場合(周波数 $(f + \alpha)$ 及び周波数 $(f - \alpha)$ の送信超音波を送信した場合)に、うなり発生時の周波数(周波数 $(f \pm \alpha)$ とする)の音線データの信号強度 $I(f \pm \alpha)$ を検知し、うなりを発生しない場合(周波数 $(f + \alpha)$ 又は周波数 $(f - \alpha)$ の送信超音波を送信した場合)に、うなりを発生しない周波数の音線データの信号強度 $I(f + \alpha)$ 又は $I(f - \alpha)$ を検知する。

【0046】

また、うなり共振検知部 15a は、うなりの検出に連続波ドプラを用いる態様においては、制御部 18 の制御に従って、連続波ドプラモード時に、音線信号生成部 14 から連続波ドプラ用の送信超音波(駆動信号)に対応する音線データを周波数解析して被検体の組織などの速度(ドプラ速度(速度 0 に対する速度差))を検知する。

10

【0047】

うなり共振記憶部 15b は、DRAM (Dynamic Random Access Memory) などの半導体メモリーであり、うなり共振検知部 15a から入力された周波数の信号強度 I などを記憶する。

【0048】

うなり共振解析部 15c は、うなりの検出にエコー強度の比較を用いる態様においては、制御部 18 の制御に従って、うなりモード時に、うなり共振記憶部 15b に記憶された複数の周波数の信号強度 I を読み出して比較演算し、差周波数 2α における指標値を決定する。より具体的には、うなり共振解析部 15c は、音線データの信号強度 $I(f + \alpha)$ 及び信号強度 $I(f - \alpha)$ から演算された基準信号強度値(例えば、2つの信号強度 $I(f + \alpha)$ 及び $I(f - \alpha)$ の相加平均値や、2つの信号強度 $I(f + \alpha)$ 及び $I(f - \alpha)$ の 2 点を通る指数関数上の当該 2 点の間の値)と、信号強度 $I(f \pm \alpha)$ との差分値を算出して指標値とする。さらに、うなり共振解析部 15c は、算出した差周波数 2α の指標値がノイズに起因するばらつき閾値以上であるか否かを判定し、指標値がばらつき閾値以上である場合に、差周波数 2α におけるうなりによる差分検出(共振検出)を決定し、指標値がばらつき閾値未満である場合に、差分不検出を決定してその差分検出情報を生成する。

20

【0049】

また、うなり共振解析部 15c は、うなりの検出に連続波ドプラを用いる態様においては、制御部 18 の制御に従って、連続波ドプラモード時に、うなり共振検知部 15a から入力されるドプラ速度がノイズに起因するばらつき閾値以上であるか否かを判定し、指標値がばらつき閾値以上である場合に、差周波数 2α におけるうなりによる差分検出(共振検出)を決定し、指標値がばらつき閾値未満である場合に、差分不検出を決定してその差分検出情報を生成する。

30

【0050】

また、うなり共振解析部 15c は、制御部 18 の制御に従って、必要に応じてうなり共振検知部 15a から入力される関心領域 X の各位置の指標値の合致度をカラーマッピングして合致度画像データを生成する。

【0051】

Bモード画像生成部 15d は、制御部 18 の制御に従って、Bモード時に、音線信号生成部 14 から入力されたBモードの音線データに、ゲインの調整などを行って輝度変換することにより、Bモード画像データを生成する。すなわち、Bモード画像データは、受信信号の強さを輝度によって表した超音波画像データである。

40

【0052】

画像処理変換部 16 は、制御部 18 の制御に従って、うなり共振の解析結果に応じた表示情報を生成して表示部 17 に表示する。画像処理変換部 16 は、表示画像合成部 16a と、共振指標表示制御部 16b と、DSC (Digital Scan Converter) 16c と、を備える。

【0053】

50

表示画像合成部 16 a は、制御部 18 の制御に従って、うなり共振解析部 15 c から入力された合致度画像データと、B モード画像生成部 15 d から入力される B モード画像データと、を合成して合成画像データを生成する。

【0054】

共振指標表示制御部 16 b は、制御部 18 の制御に従って、うなり共振解析部 15 c から入力される指標値、指標値の合致度又は指標値若しくはドプラ速度の判定結果を表示部 17 に表示させる。D S C 16 c は、制御部 18 の制御に従って、表示画像合成部 16 a、B モード画像生成部 15 d から入力された超音波画像データ（合致度画像データ、B モード画像データ）に座標変換などの処理を行い表示用の画像信号に変換し、表示部 17 に出力する。

【0055】

表示部 17 は、L C D（Liquid Crystal Display）、C R T（Cathode-Ray Tube）ディスプレイ、有機 E L（Electronic Luminescence）ディスプレイ、無機 E L ディスプレイ及びプラズマディスプレイなどの表示装置が適用可能である。表示部 17 は、共振指標表示制御部 16 b 又は D S C 16 c から出力された画像信号に従って表示画面上に超音波画像データなどの情報の表示を行う。

【0056】

制御部 18 は、例えば、C P U（Central Processing Unit）、R O M（Read Only Memory）、R A M（Random Access Memory）を備えて構成され、R O M に記憶されているシステムプログラムなどの各種処理プログラムを読み出して R A M に展開し、展開したプログラムに従って超音波診断装置 100 の各部の動作を集中制御する。R O M は、半導体などの不揮発メモリーなどにより構成され、超音波診断装置 100 に対応するシステムプログラム及び該システムプログラム上で実行可能な各種処理プログラムや、各種データなどを記憶する。これらのプログラムは、コンピューターが読み取り可能なプログラムコードの形態で格納され、C P U は、当該プログラムコードに従った動作を逐次実行する。R A M は、C P U により実行される各種プログラム及びこれらプログラムに係るデータを一時的に記憶するワークエリアを形成する。特に、R O M には、後述する第 1 の共振検出処理を実行させるための第 1 の共振検出プログラム、第 2 の共振検出処理を実行させるための第 2 の共振検出プログラム、第 3 の共振検出処理を実行させるための第 3 の共振検出プログラムが記憶されているものとする。

【0057】

記憶部 19 は、例えば、H D D（Hard Disk Drive）などの大容量記録媒体によって構成されており、超音波画像データや、後述するうなりの指標値及び周波数の 2 軸の曲線の基準となる組織の種類ごとの曲線パターンを示す指標値基準情報などを記憶する。

【0058】

超音波診断装置 100 が備える各部について、各々の機能ブロックの一部又は全部の機能は、集積回路などのハードウェア回路として実現することができる。集積回路とは、例えば L S I（Large Scale Integration）であり、L S I は集積度の違いにより、I C（Integrated Circuit）、システム L S I、スーパー L S I、ウルトラ L S I と呼称されることもある。また、集積回路化の手法は L S I 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し、F P G A（Field Programmable Gate Array）や L S I 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。また、各々の機能ブロックの一部又は全部の機能をソフトウェアにより実行するようにしてもよい。この場合、このソフトウェアは一つ又はそれ以上の R O M などの記憶媒体、光ディスク、又はハードディスクなどに記憶されており、このソフトウェアが演算処理器により実行される。

【0059】

つぎに、図 3（a）～図 4（c）を参照して、超音波によるうなりの発生を説明する。図 3（a）は、超音波を送信する振動子 2 a のパターン I を示す図である。図 3（b）は、超音波を送信する振動子 2 a のパターン II を示す図である。図 4（a）は、周波数（f

10

20

30

40

50

+ α) の超音波送信を示す図である。図 4 (b) は、周波数 ($f - \alpha$) の超音波送信を示す図である。図 4 (c) は、周波数 ($f + \alpha$) , ($f - \alpha$) の超音波送信を示す図である。

【0060】

超音波探触子 2 は、複数の振動子 2 a のうち超音波を送信する振動子を選択することが可能である。また、うなりを発生させるためには、周波数がわずかに異なる 2 つの超音波を送信することを要する。

【0061】

このため、うなり発生に関する超音波送信のパターンは、例えば、図 3 (a) に示すように、超音波探触子 2 の送信開口 O 1 を左右の中心位置で空き領域なく分けられた左右の開口領域 O a , O b の振動子 2 a により、互いに周波数が異なる送信超音波 U a , U b を送信するパターン (パターン I とする) とする。開口領域 O a , O b からそれぞれ送信された送信超音波 U a , U b は、深度によらず常に接しており、焦点距離で集束する。

【0062】

うなり発生に関する別の超音波送信のパターンは、図 3 (b) に示すように、超音波探触子 2 の送信開口 O 1 に左右の中央部分に空き領域を設け、左右の端部の開口領域 O a , O b の振動子 2 a により、互いに周波数が異なる送信超音波 U a , U b を送信するパターン (パターン II とする) とする。開口領域 O a , O b からそれぞれ送信された送信超音波 U a , U b は、焦点距離で接し集束する。

【0063】

本実施の形態では、パターン I , II のように、2 つの開口領域からの送信超音波が焦点距離で集束する場合を、「(送信超音波が焦点距離で) 集束する」と定義する。また、パターン I のように、2 つの開口領域からの送信超音波が焦点距離のみで接し集束する場合を、「(送信超音波が) 交差する」と定義する。つまり、「集束する」は、「交差せずに集束する」と、「交差する」と、を含むものとする。

【0064】

対象物に対してうなりを発生させずに送信超音波を送信する場合、例えば、図 4 (a) に示すように、パターン II で、超音波探触子 2 の開口領域 O a , O b の双方から周波数 ($f + \alpha$) の送信超音波を、対象物 O B に焦点距離を合わせて送信する。また、図 4 (b) に示すように、パターン II で、超音波探触子 2 の開口領域 O a , O b の双方から周波数 ($f - \alpha$) の送信超音波を、対象物 O B に焦点距離を合わせて送信する。

【0065】

対象物に対してうなりを発生させるように送信超音波を送信する場合、例えば、図 4 (c) に示すように、パターン II で、超音波探触子 2 の開口領域 O a から周波数 ($f + \alpha$) の送信超音波を、対象物 O B に焦点距離を合わせて (交差させるように) 送信し、開口領域 O b から周波数 ($f - \alpha$) の送信超音波を、対象物 O B に焦点距離を合わせて送信する。なお、開口領域 O b から周波数 ($f + \alpha$) の送信超音波を送信し、開口領域 O a から周波数 ($f - \alpha$) の送信超音波を送信してもよい。また、パターン I についての超音波送信もパターン II と同様である。

【0066】

つぎに、図 5 ~ 図 8 を参照して、超音波診断装置 100 の動作を説明する。図 5 は、第 1 の共振検出処理を示すフローチャートである。図 6 は、関心領域合致度算出処理を示すフローチャートである。図 7 は、第 2 の共振検出処理を示すフローチャートである。図 8 は、第 3 の共振検出処理を示すフローチャートである。

【0067】

図 5 及び図 6 を参照して、超音波診断装置 100 で実行される第 1 の共振検出処理を説明する。第 1 の共振検出処理は、関心領域 (ROI : Region Of Interest) X の 1 点におけるうなりによる共振の度合いを示す指標値、若しくは探索指定条件に対応する指標値基準情報と指標値との合致度、又は関心領域 X の全面における合致度を表示する処理である。

。

【0068】

予め、超音波診断装置100が病院などの診察室に設けられ、診察室にユーザー（検査者（医師、技師など））と患者とが入室しているものとする。超音波診断装置100において、例えば、操作入力部11を介してユーザーから第1の共振検出処理の実行指示が入力されたことをトリガとして、制御部18は、ROMに記憶された第1の共振検出プログラムに従い、第1の共振検出処理を実行する。ユーザーは、被検体のうなりによる共振を検出する対象の部位に超音波探触子2を当てる。

【0069】

図5に示すように、先ず、制御部18は、うなりの増減周波数 α [kHz]を初期値としての $\alpha 1$ に設定する（ステップS11）。設定される複数の増減周波数 α [kHz]は、 $\alpha 1$, $\alpha 2$, ..., αn （ n は任意の自然数）が予め用意されているものとする。

10

【0070】

そして、制御部18は、うなりモードとして、設定中の増減周波数 α を用いて、超音波探触子2の送信開口O1の異なる開口領域Oa, Obの双方から、周波数 $(f + \alpha)$ [MHz]の送信超音波を送信させ関心領域Xの1点（例えば、操作入力部11を介してユーザーに入力される関心領域X内の任意の位置や、予め設定された関心領域Xの中心位置などの所定位置）に集束させる駆動信号を送信部12に生成させ、超音波探触子2から送信超音波を送信させる（ステップS12）。そして、制御部18は、ステップS11で送信された送信超音波に対応する反射超音波が超音波探触子2で受信され、受信部13、音線信号生成部14に受信信号の音線データを生成させ、うなり共振検知部15aに、生成された音線データの信号強度 $I(f + \alpha)$ を検知させ、うなり共振記憶部15bに記憶させる（ステップS13）。

20

【0071】

そして、制御部18は、設定中の増減周波数 α を用いて、超音波探触子2の送信開口O1の異なる開口領域Oa, Obの双方から、周波数 $(f - \alpha)$ [MHz]の送信超音波を送信させ関心領域Xの1点に集束させる駆動信号を送信部12に生成させ、超音波探触子2から送信超音波を送信させる（ステップS14）。そして、制御部18は、ステップS14で送信された送信超音波に対応する反射超音波が超音波探触子2で受信され、受信部13、音線信号生成部14に受信信号の音線データを生成させ、うなり共振検知部15aに、生成された音線データの信号強度 $I(f - \alpha)$ を検知させ、うなり共振記憶部15bに記憶させる（ステップS15）。

30

【0072】

そして、制御部18は、設定中の増減周波数 α を用いて、超音波探触子2の送信開口O1の一方の開口領域Oaから、周波数 $(f + \alpha)$ [MHz]の送信超音波を送信させ、他方の開口領域Obから、周波数 $(f - \alpha)$ [MHz]の送信超音波を送信させ関心領域Xの1点に交差させる駆動信号（例えば、パターンII）を送信部12に生成させ、超音波探触子2から送信超音波を送信させる（ステップS16）。そして、制御部18は、ステップS16で送信された送信超音波に対応する反射超音波が超音波探触子2で受信され、受信部13、音線信号生成部14に受信信号の音線データを生成させ、うなり共振検知部15aに、生成された音線データの信号強度 $I(f \pm \alpha)$ を検知させ、うなり共振記憶部15bに記憶させる（ステップS17）。

40

【0073】

そして、制御部18は、うなり共振解析部15cに、うなり共振記憶部15bに記憶された信号強度 $I(f + \alpha)$, $I(f - \alpha)$, $I(f \pm \alpha)$ を用いて、信号強度 $I(f + \alpha)$, $I(f - \alpha)$ から演算された基準信号強度値と、強度 $I(f \pm \alpha)$ との差分値を算出させ、算出された差分値を差周波数 2α [kHz]の指標値として決定させる（ステップS18）。そして、制御部18は、増減周波数 α [kHz]の設定値を全て設定したか否かを判別する（ステップS19）。増減周波数 α [kHz]の設定値を全て設定していない場合（ステップS19; NO）、制御部18は、増減周波数 α [kHz]を未設定の次の設定値に変更し（ステップS20）、ステップS12に移行する。

50

【0074】

増減周波数 α [kHz] の設定値を全て設定した場合（ステップS19；YES）、制御部18は、ステップS18で得られた各差周波数 2α の指標値を、差周波数 2α と指標値との2軸にプロットさせてグラフとしての指標値情報を生成させる（ステップS21）。指標値情報は、各差周波数 2α の指標値が連続的な値をとれる情報とするが、例えば、指標値を段階的に表した情報とする構成としてもよい。指標値情報は、被検体の組織の種類に応じて、分布のパターンが異なる。

【0075】

そして、制御部18は、操作入力部11を介して、ユーザーから任意の指定探索条件の入力を受け付け、指定探索条件が入力されたか否かを判別する（ステップS22）。指定探索条件とは、指標値情報がどの組織の種類に対応しているかを検出するため、記憶部19に記憶されている組織の種類ごとの指標値基準情報を指定するための情報であり、例えば、組織の種類や、指標値基準情報の識別番号である。

【0076】

指定探索条件が入力されていない場合（ステップS22；NO）、制御部18は、共振指標表示制御部16bに、ステップS21で生成された指標値情報を表示部17に表示させ（ステップS23）、第1の共振検出処理を終了する。

【0077】

指定探索条件が入力された場合（ステップS22；YES）、制御部18は、ステップS22で入力された指定探索条件に対応する指標値基準情報を記憶部19から読み出し、うなり共振解析部15cに、読み出した指標値基準情報とステップS21で生成された指標値情報との合致度（例えば、曲線のマッチング率 [%] ）を算出させる（ステップS24）。そして、制御部18は、操作入力部11を介して、ユーザーから合致度を関心領域Xの全面で表した合致度画像の画像表示要求と、合致度画像の表示条件との入力を受け付け、画像表示要求及び表示条件が入力されたか否かを判別する（ステップS25）。表示条件とは、後述する合致度画像の表示条件の情報として、合致度画像をBモード画像に並列又は重畳する表示方式などの情報である。

【0078】

画像表示要求及び表示条件が入力されていない場合（ステップS25；NO）、制御部18は、共振指標表示制御部16bに、ステップS21で生成された指標値情報とステップS24で算出された合致度とを表示部17に表示させ（ステップS26）、第1の共振検出処理を終了する。

【0079】

画像表示要求及び表示条件が入力された場合（ステップS25；YES）、制御部18は、関心領域合致度算出処理を実行する（ステップS27）。ここで、図6を参照して、ステップS27の関心領域合致度算出処理を説明する。

【0080】

図6に示すように、まず、制御部18は、関心領域Xの初期位置（画素）を選択する（ステップS31）。ステップS32～S41は、図5のステップS11～S20と同様である。ただし、ステップS33，S35，S37では、選択中の位置に集束又は交差するように送信超音波が送信される。

【0081】

増減周波数 α [kHz] の設定値を全て設定した場合（ステップS40；YES）、制御部18は、図5のステップS21と同様に、ステップS39で得られた各差周波数 2α の指標値を、差周波数 2α と指標値との2軸にプロットさせて指標値情報を生成させ、ステップS24と同様に、ステップS22で入力された指定探索条件に対応する指標値基準情報を記憶部19から読み出し、うなり共振解析部15cに、読み出した指標値基準情報と生成された指標値情報との合致度を算出させる（ステップS42）。

【0082】

そして、制御部18は、関心領域Xの全ての位置を選択したか否かを判別する（ステッ

10

20

30

40

50

プ S 4 3)。関心領域 X の全ての位置を選択していない場合（ステップ S 4 3；NO）、制御部 1 8 は、関心領域 X の未選択の次の位置を選択し（ステップ S 4 4）、ステップ S 3 2 に移行する。関心領域 X の全ての位置を選択した場合（ステップ S 4 3；YES）、関心領域合致度算出処理を終了する。

【0083】

図 5 に戻り、ステップ S 2 7 の後、制御部 1 8 は、うなり共振解析部 1 5 c に、ステップ S 2 7 で得られた関心領域 X の各位置の合致度を示す合致度画像データを生成させる（ステップ S 2 8）。ステップ S 2 8 では、例えば、合致度の高さに応じた色が予め設定されており、関心領域 X の各位置の合致度の高さに応じたカラーマッピングが施されて合致度画像データが生成される。

10

【0084】

そして、制御部 1 8 は、送信部 1 2、受信部 1 3、音線信号生成部 1 4 及び B モード画像生成部 1 5 d を制御して、B モードの駆動信号を生成させて超音波探触子 2 からの受信信号に応じた B モード画像データを生成させ、表示画像合成部 1 6 a に、ステップ S 2 5 で入力された表示方式で、生成された B モード画像データに、ステップ S 2 8 で生成された合致度画像データを合成させ合成画像データを生成させ、D S C 1 6 c に、生成された合成画像データに座標変換などを施して表示部 1 7 に表示させ（ステップ S 2 9）、第 1 の共振検出処理を終了する。

【0085】

ついで、図 7 を参照して、超音波診断装置 1 0 0 で実行される第 2 の共振検出処理を説明する。第 2 の共振検出処理は、連続波ドプラ法を用いて、関心領域 X の 1 点におけるうなりによる共振の有無を示す差分検出情報を生成して表示する処理である。

20

【0086】

第 1 の共振検出処理と同様に、超音波診断装置 1 0 0 において、例えば、操作入力部 1 1 を介してユーザーから第 2 の共振検出処理の実行指示が入力されたことをトリガとして、制御部 1 8 は、ROM に記憶された第 2 の共振検出プログラムに従い、第 2 の共振検出処理を実行する。

【0087】

図 7 に示すように、ステップ S 5 1、S 5 2 は、図 5 の第 1 の共振検出処理のステップ S 1 1、S 1 6 と同様である。ただし、ステップ S 5 2 では、送信超音波の送信方法として、パターン I、II が用いられ、送信超音波が関心領域 X の 1 点で集束される送信が行われる。そして、制御部 1 8 は、超音波探触子 2 から連続波ドプラの送信超音波を関心領域 X の 1 点へ送信させるための駆動信号を送信部 1 2 に生成させ、超音波探触子 2 から送信超音波を送信させる（ステップ S 5 3）。そして、制御部 1 8 は、ステップ S 5 3 で送信された送信超音波に対応する反射超音波が超音波探触子 2 で受信され、受信部 1 3、音線信号生成部 1 4 に受信信号の音線データを生成させ、うなり共振検知部 1 5 a に、生成された音線データを周波数解析させてドプラ速度を生成させ、うなり共振解析部 1 5 c に、生成されたドプラ速度が所定のばらつき閾値以上であるか否かを判定させ、判定結果に応じて差周波数 2α における差分（共振）検出／不検出を示す差分検出情報を決定（生成）させる（ステップ S 5 4）。

30

40

【0088】

ステップ S 5 5、S 5 6 は、図 5 のステップ S 1 9、S 2 0 と同様である。増減周波数 α [kHz] の設定値を全て設定した場合（ステップ S 5 5；YES）、制御部 1 8 は、ステップ S 5 4 で得られた各差周波数 2α の差分検出情報を表示部 1 7 に表示させ（ステップ S 5 7）、第 2 の共振検出処理を終了する。ステップ S 5 7 では、例えば、差周波数 2α 及び差分検出情報（検出／不検出）の 2 軸に差分検出情報をプロットしたグラフが生成されて表示される。

【0089】

ついで、図 8 を参照して、超音波診断装置 1 0 0 で実行される第 3 の共振検出処理を説明する。第 3 の共振検出処理は、第 1 の共振検出処理と同様な受信信号の信号強度の比較

50

により、関心領域 X の 1 点におけるうなりによる共振の有無を示す差分検出情報を生成して表示する処理である。

【0090】

第 1 の共振検出処理と同様に、超音波診断装置 100 において、例えば、操作入力部 11 を介してユーザーから第 3 の共振検出処理の実行指示が入力されたことをトリガとして、制御部 18 は、ROM に記憶された第 3 の共振検出プログラムに従い、第 2 の共振検出処理を実行する。

【0091】

図 8 に示すように、ステップ S 61～S 67 は、図 5 の第 1 の共振検出処理のステップ S 11, S 16, S 17, S 12～S 15 と同様である。そして、制御部 18 は、うなり共振解析部 15c に、うなり共振記憶部 15b に記憶された信号強度 $I(f + \alpha)$, $I(f - \alpha)$, $I(f \pm \alpha)$ を用いて、信号強度 $I(f + \alpha)$, $I(f - \alpha)$ から演算された基準信号強度値と、信号強度 $I(f \pm \alpha)$ との差分値を算出させ、算出された差分値が所定のばらつき閾値以上であるか否かを判定させ、判定結果に応じて差周波数 2α における差分（共振）検出／不検出を示す差分検出情報を決定（生成）させる（ステップ S 68）。

【0092】

ステップ S 69, S 70 は、図 5 のステップ S 19, S 20 と同様である。増減周波数 α [kHz] の設定値を全て設定した場合（ステップ S 69；YES）、制御部 18 は、ステップ S 68 で得られた各差周波数 2α の差分検出情報を表示部 17 に表示させ（ステップ S 71）、第 3 の共振検出処理を終了する。ステップ S 71 では、例えば、差周波数 2α 及び差分検出情報（検出／不検出）の 2 軸に差分検出情報をプロットしたグラフが生成されて表示される。

【0093】

つぎに、図 9 を参照して、本実施の形態の具体的な実施例及び比較例を説明する。図 9 は、ファントム P 1 の構成を示す図である。

【0094】

本実施の形態の実施例及び比較例として、超音波診断装置 100 を用いて、対象物としての図 9 に示すファントム P 1 について共振の検出を行った。

【0095】

次表 I に示すように、ゼラチンを溶解した 40℃ の水溶液に、直径 0.5 [mm]、1 [mm]、2 [mm]、4 [mm] のポリメチルメタクリレート製の真球状樹脂ビーズ及び直径 2 [mm] のシリコンゴム製の真球状粒子を各々分散し、各分散液を各混合比率 [%] で混合した後に冷却・ゲル化して図 9 に示した直径 10 [mm] の円筒状の円筒状領域 A, B, C, D, E, F を 30 [mm] の深さに有する直方体のファントム P 1 を作製した。なお、ファントム P 1 の円筒状領域 A, B, C, D, E, F 以外の周囲領域は、樹脂ビーズを含まない周囲領域 G とした。

【表 1】

【表 I】

対象領域	混合比率				
	樹脂ビーズ				シリコンゴム粒子
	0.5mm ϕ	1mm ϕ	2mm ϕ	4mm ϕ	
A	100	0	0	0	0
B	0	100	0	0	0
C	0	0	100	0	0
D	0	0	0	100	0
E	0	0	0	0	100
F	5	15	30	50	0
G	0	0	0	0	0

10

20

30

40

50

【0096】

こうして得られたファントムP1に対し、円筒状領域の短軸が断面となるように、 -6 dB送受信感度周波数帯域が $3 \sim 10$ [MHz]のリニアの超音波探触子2を当てて、次表IIの内容に従って超音波の送受信を行い、比較例1、実施例1、実施例2、実施例3、実施例4のそれぞれでうなりによる共振発生の解析を行った。

【0097】

<比較例1>

比較例1では、超音波診断装置を用い、送信超音波の送信方法を、図2(a)に示すパターンIとした。また、超音波診断装置で、図7に示す第2の共振検出処理を実行した。ただし、増減周波数 $\alpha = 0$ に固定し、ステップS55, S56の増減周波数 α の設定値変更を行っていない。また、送信中心周波数 f を 3.5 [MHz]とし、円筒状領域A~Eがある 30 [mm]の深さに送信超音波の送信焦点(関心領域Xの1点)を合わせて、対象領域として円筒状領域A~E、周囲領域Gに順次焦点を合わせた。

10

【0098】

<実施例1>

実施例1では、超音波診断装置100を用い、送信超音波の送信方法を、図2(a)に示すパターンIとした。また、超音波診断装置100で、図7に示す第2の共振検出処理を実行した。また、送信中心周波数 f を 3.5 [MHz]とし、増減周波数 α を、 500 、 250 、 125 、 62.5 [kHz]の4つの周波数に順次変更して設定した。また、円筒状領域A~E及び周囲領域Gがある 30 [mm]の深さに送信超音波の送信焦点(関心領域Xの1点)を合わせて、対象領域として円筒状領域A~E、周囲領域Gに順次焦点を合わせた。

20

【0099】

また、ステップS57で差分(共振)が検出された場合には、送信超音波の送信焦点を前後に 10 [mm]変化させて同様の検出判定を行い、その深度が特定できる場合、すなわち送信焦点が 30 [mm]の場合にのみ差分が検出されて、前後に送信焦点を変化させた場合に、差分が検出されないか否かを示す差分発生深度特定を測定した。

【0100】

<実施例2>

実施例2では、超音波診断装置100を用い、送信超音波の送信方法を、図2(b)に示すパターンIIとした。その他の条件は、実施例1の条件と同様である。

30

【0101】

<実施例3>

実施例3では、超音波診断装置100を用い、送信超音波の送信方法を、図2(a)に示すパターンIとした。また、超音波診断装置100で、図8に示す第3の共振検出処理を実行した。その他の条件は、実施例1の条件と同様である。

【0102】

<実施例4>

実施例4では、超音波診断装置100を用い、送信超音波の送信方法を、図2(b)に示すパターンIIとした。また、超音波診断装置100で、図8に示す第3の共振検出処理を実行した。その他の条件は、実施例1の条件と同様である。

40

【0103】

上記の比較例1と、実施例1~4とについて、測定条件及び測定結果を次表IIにまとめた。

【表 2】

【表II】

	送信方法	送信内容						解析方法	対象領域	差分検出判定/差周波数2 α kHz				差分発生深度特定		
		第1送信		第2送信		第3送信				1000	500	250	125			
		領域Oa	領域Ob	領域Oa	領域Ob	領域Oa	領域Ob									
比較例1	I	f	f	-	-	-	-	第2フロ-	A~G	1	0	0	0	-		
実施例1	I	$f+\alpha$	$f-\alpha$	-	-	-	-	第2フロ-	A	0	1	0	0	不可		
									B	0	0	1	0		0	
									C	0	0	0	1		0	0
									D	0	0	0	0		1	1
									E	0	0	0	0		0	0
									F	0	0	0	0		0	0
									G	0	0	0	0		0	0
実施例2	II	$f+\alpha$	$f-\alpha$	-	-	-	-	第2フロ-	A	1	0	0	0	可		
									B	0	1	0	0		0	0
									C	0	0	0	1		0	0
									D	0	0	0	0		1	1
									E	0	0	0	0		0	0
									F	0	0	0	0		0	0
									G	0	0	0	0		0	0
実施例3	I	$f+\alpha$	$f-\alpha$	$f+\alpha$	$f+\alpha$	$f-\alpha$	$f-\alpha$	第3フロ-	A	1	0	0	0	不可		
									B	0	1	0	0		0	0
									C	0	0	0	1		0	0
									D	0	0	0	0		1	1
									E	0	0	0	1		0	0
									F	1	1	1	1		1	1
									G	0	0	0	0		0	0
実施例4	II	$f+\alpha$	$f-\alpha$	$f+\alpha$	$f+\alpha$	$f-\alpha$	$f-\alpha$	第3フロ-	A	1	0	0	0	可		
									B	0	1	0	0		0	0
									C	0	0	0	1		0	0
									D	0	0	0	0		1	1
									E	0	0	0	1		0	0
									F	1	1	1	1		1	1
									G	0	0	0	0		0	0

比較例 1 については、円筒状領域 A～E、周囲領域 G の各領域に対して、送信超音波としてバースト波を送波し、第 2 の共振検出処理に従って連続波ドプラ法による差分（共振）の検出を試みたものの、いずれの領域についても差分を検出することができなかった。

【0105】

実施例 1 については、円筒状領域 A～E、周囲領域 G の各領域に対してうなり波が生成するよう送信超音波としてバースト波の送波を行い、第 2 の共振検出処理に従って、直後に連続波ドプラ法による共振の検出を行った。すると、単体の樹脂ビーズ領域からなる円筒状領域 A, B, C, D について、樹脂ビーズの振動と思われる差分が、樹脂ビーズの直径ごとに異なる差周波数 2α で検出された。しかしながら、シリコンゴム粒子を用いた円筒状領域 E や複数の樹脂ビーズで構成された円筒状領域 F ではいずれの差周波数 2α でも検出できなかった。

10

【0106】

また、差分発生深度特定（不可）に示されるように、円筒状領域 A, B, C, D について、20 [mm]、40 [mm] と送信焦点を変化させて同様の第 2 の共振検出処理を行った場合でも、同様に差分（共振）が検出されてしまい、30 mm 深度領域で差分が生じていることを特定できなかった。

【0107】

実施例 2 について、送信超音波の送信方法をパターン I からパターン II へ変更した以外は、実施例 1 と同様にして、うなり周波数での差分（共振）検出を行い、実施例 1 と同様の結果を得た。加えて、差分発生深度特定（可）に示されるように、送信焦点を 20 [mm]、40 [mm] と変化させた場合には差分が検出されず、30 mm のときのみ差分が検出されたため、差分（共振）を生じている領域が 30 mm 深度領域であることを特定することが可能となった。

20

【0108】

実施例 3 について、第 3 の共振検出処理に従い、うなり波を生成する送信超音波の第 1 送信の後に、周波数 $(f + \alpha)$ と周波数 $(f - \alpha)$ との 2 回の送信超音波の第 2 送信、第 3 送信を行い、信号強度 $I(f + \alpha)$ 、 $I(f - \alpha)$ から f [MHz] の参照エコー信号強度としての基準信号強度値を算出し、うなり波を生成する第 1 送信の信号強度 $I(f \pm \alpha)$ と比較することにより差分（共振）の検出を行った。この方法では、実施例 1, 2 で検出できた円筒状領域 A, B, C, D に加え、検出できていなかった円筒状領域 E, F についても差分の検出が可能となった。しかしながら、差分発生深度特定（不可）に示されるように、送信焦点を 20 [mm]、40 [mm] と変化させて同様の差分検出を行った場合でも、同様に差分が検出されてしまい、30 mm 深度領域で差分が生じていることを特定できなかった。

30

【0109】

実施例 4 について、送信超音波の送信方法をパターン I からパターン II へ変更した以外は実施例 3 と同様にして、うなり周波数での差分（共振）検出を行い、実施例 1 と同様の結果を得た。加えて、差分発生深度特定（可）に示されるように、送信焦点を 20 [mm]、40 [mm] と変化させた場合には差分が検出されず、30 mm のときのみ差分が検出されたため、差分（共振）を生じている領域が 30 mm 深度領域であることを特定することが可能となった。なお、周囲領域 G については粒子状の構造物を含まない均質媒質であるため、いずれの実施例、比較例においても共振は検出されなかった。

40

【0110】

以上、本実施の形態によれば、超音波診断装置 100 は、駆動信号を生成し、超音波探触子 2 に、生成した駆動信号を出力する送信部と、送信中心周波数 f 及び増減周波数 α を用いて、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを集束するよう同時に送信させる第 1 の駆動信号を送信部 12 に生成させる制御部 18 と、超音波探触子 2 から第 1 の駆動信号の超音波に対応する第 1 の受信信号を取得する受信部 13 と、第 1 の受信信号から被検体の共振挙動を示す差周波数 2α の共振情報（指標値情報、合致度、合致度画像データ、差分検出情報）を生成する信号処理部 15 と、を備える。

50

【0111】

このため、差周波数 2α の共振情報により、組織構造などに起因する共振挙動を定量化でき、新たな組織性状などについての診断情報などを得ることができる。なお、共振情報を穿刺針の抽出用の情報として利用することもできる。

【0112】

また、超音波送信のパターンIIにおいて、制御部18は、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の周波数の超音波とを所定の位置で交差するよう同時に送信させる第1の駆動信号を送信部12に生成させる。このため、実施例2、実施例4に示すように、うなりの共振を発生する位置を明確にでき、かつうなりの共振を発生する位置を自在に制御できる。

10

【0113】

また、第1、第3の共振検出処理において、制御部18は、基準信号強度値に対応する超音波として、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の超音波との2つを送信させる第2の駆動信号を送信部12に生成させる。受信部13は、超音波探触子2から第2の駆動信号の超音波に対応する第2の受信信号を取得する。信号処理部15は、第1の受信信号の信号強度値と第2の受信信号の基準信号強度値（信号強度 $I(f + \alpha)$ 、 $I(f - \alpha)$ から演算された基準信号強度値）との差分値（指標値）を差周波数 2α の共振情報として算出する。このため、差周波数 2α の共振情報により、周波数依存減衰を正確に得ることができ、組織構造などに起因する共振挙動を正確に定量化でき、新たな組織性状などについての診断情報などを正確に得ることができる。

20

【0114】

また、第1の共振検出処理において、信号処理部15は、信号強度の差分値が所定のばらつき閾値以上であるか否かを判定し、当該判定結果を共振情報とする。このため、ノイズによる誤差を除き、組織構造などに起因する共振の発生をより正確に判定できる。

【0115】

また、第1、第2、第3の共振検出処理において、制御部18は、増減周波数 α を複数の設定値に変更しつつ第1、第2（第3）の駆動信号を生成する。信号処理部15は、各差周波数 2α の第1、第2（第3）の受信信号から各増減周波数 α の共振情報を生成する。このため、複数の差周波数 2α にわたる共振情報を得ることができる。

【0116】

また、第1の共振検出処理において、信号処理部15は、各増減周波数 α の信号強度の差分値（指標値情報）と、所定の組織の種類に対応して設定された周波数に対する信号強度の差分値を示す指標値基準情報との合致度を共振情報として算出する。このため、うなりの送信超音波の集束部分が、所定の組織の種類に合致するかを定量的に認識できる。

30

【0117】

また、第1の共振検出処理において、信号処理部15は、関心領域の各位置の第1の駆動信号を送信部12に生成させる。信号処理部15は、関心領域の各位置の合致度を示す合致度画像データを共振情報として生成する。このため、関心領域の各位置が、所定の組織の種類に合致するかを定量的に認識できる。

【0118】

また、第2の共振検出処理において、制御部18は、第1の駆動信号の出力後に、連続波ドプラ法の第3の駆動信号を送信部12に生成及び出力させる。受信部13は、超音波探触子2から第3の駆動信号の超音波に対応する第3の受信信号を取得する。信号処理部15は、第3の受信信号を周波数解析してドプラスペクトル情報としてのドプラ速度を生成し、当該ドプラ速度が所定のばらつき閾値以上であるか否かを判定し、判定結果を差周波数 2α の共振情報とする。このため、組織構造などに起因する共振挙動を正確に定量化でき、新たな組織性状などについての診断情報などを正確に得ることができる。なお、ドプラ速度を差周波数 2α の共振情報とする構成としてもよい。

40

【0119】

また、画像処理変換部16は、生成された差周波数 2α の共振情報を表示部17に表示

50

させる。このため、ユーザーが、差周波数 2α の共振情報を目視により認識できる。

【0120】

なお、上記実施の形態における記述は、本発明に係る好適な超音波診断装置及び共振情報取得方法の一例であり、これに限定されるものではない。

【0121】

例えば、超音波診断装置 100 において、上記実施の形態の第 1 の共振検出処理、第 2 の共振検出処理、第 3 の共振検出処理の少なくとも 2 つを適宜組み合わせた共振検出処理が実行される構成としてもよい。

【0122】

また、上記実施の形態では、第 1 の共振検出処理において、関心領域の各位置について、信号強度 $I(f \pm \alpha)$ と信号強度 $I(f + \alpha)$ 及び $I(f - \alpha)$ から演算された基準信号強度値との差分値（指標値）の指標値情報と指標値基準情報との合致度を示す合致度画像データを生成及び表示する構成としたが、これに限定されるものではない。例えば、第 1 の共振検出処理において、関心領域の各位置で任意の差周波数 2α について、信号強度 $I(f \pm \alpha)$ と信号強度 $I(f + \alpha)$ 及び $I(f - \alpha)$ から演算された基準信号強度値との差分値（指標値）を示す指標値画像データを生成及び表示する構成としてもよい。

【0123】

また、上記実施の形態において、第 1、第 3 の共振検出処理において、制御部 18 が、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の超音波との 2 つを送信させる第 2 の駆動信号を送信部 12 に生成させ、信号処理部 15 が、第 1 の受信信号の信号強度と第 2 の受信信号の信号強度（信号強度 $I(f + \alpha)$ 、 $I(f - \alpha)$ から演算された基準信号強度値）との差分値（指標値）を差周波数 2α の共振情報として算出する構成としたが、これに限定されるものではない。例えば、制御部 18 が、周波数 $(f + \alpha)$ の超音波と周波数 $(f - \alpha)$ の超音波とのいずれか 1 つを送信させる第 2 の駆動信号を送信部 12 に生成させ、信号処理部 15 が、第 1 の受信信号の信号強度と第 2 の受信信号の信号強度（基準信号強度値としての信号強度 $I(f + \alpha)$ 又は $I(f - \alpha)$ ）との差分値（指標値）を差周波数 2α の共振情報として算出する構成としてもよい。この構成によれば、差周波数 2α の共振情報により、超音波の送受信回数を低減でき、組織構造などに起因する共振挙動を容易に定量化でき、新たな組織性状などについての診断情報などを容易に得ることができる。

【0124】

また、第 1 の共振検出処理のステップ S27～S29 において、静止画の合致度画像及び B モード画像を合成した静止画の合成画像を表示する構成を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、第 1 の共振検出処理において、ステップ S27～S29 を繰り返し実行することにより、動画の合致度画像及びライブの B モード画像を合成した動画の合成画像を表示する構成としてもよい。

【0125】

また、以上の実施の形態における超音波診断装置 100 を構成する各部の細部構成及び細部動作に関して本発明の趣旨を逸脱することのない範囲で適宜変更可能である。

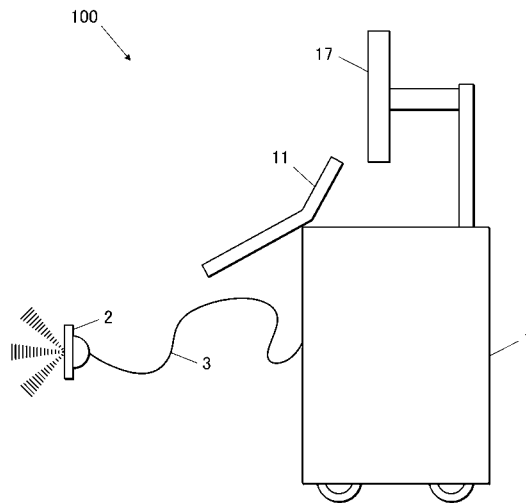
【符号の説明】

【0126】

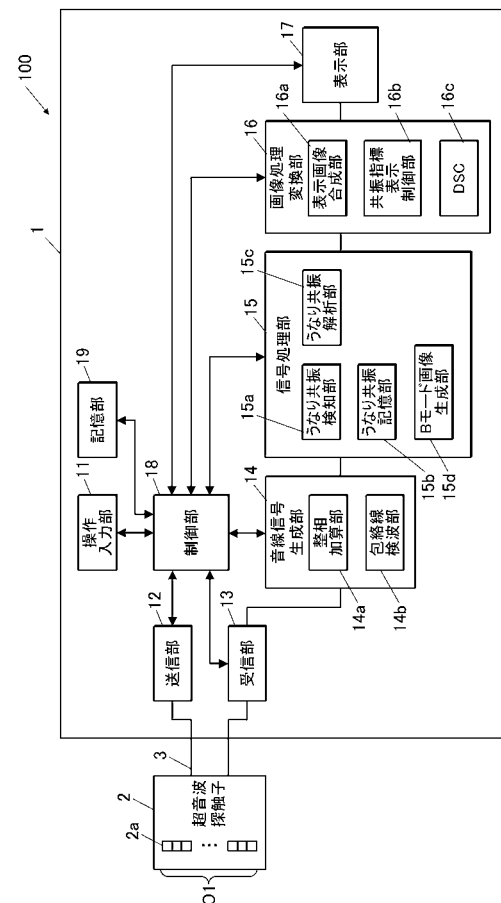
- 100 超音波診断装置
- 1 超音波診断装置本体
- 11 操作入力部
- 12 送信部
- 13 受信部
- 14 音線信号生成部
- 14a 整相加算部
- 14b 包絡線検波部
- 15 信号処理部

- 15a うなり共振検知部
- 15b うなり共振記憶部
- 15c うなり共振解析部
- 15d Bモード画像生成部
- 16 画像処理変換部
- 16a 表示画像合成部
- 16b 共振指標表示制御部
- 16c DSC
- 17 表示部
- 18 制御部
- 19 記憶部
- 2 超音波探触子
- 2a 振動子
- 3 ケーブル

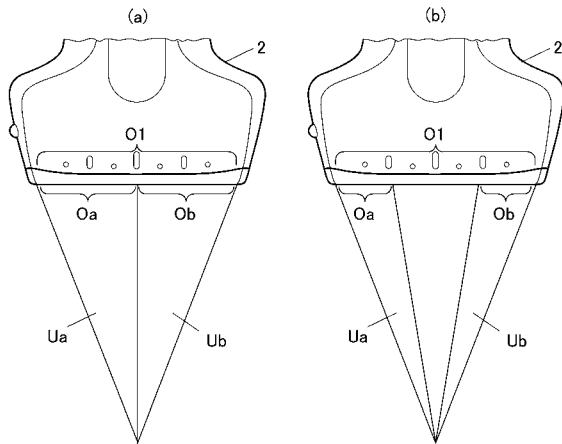
【図 1】



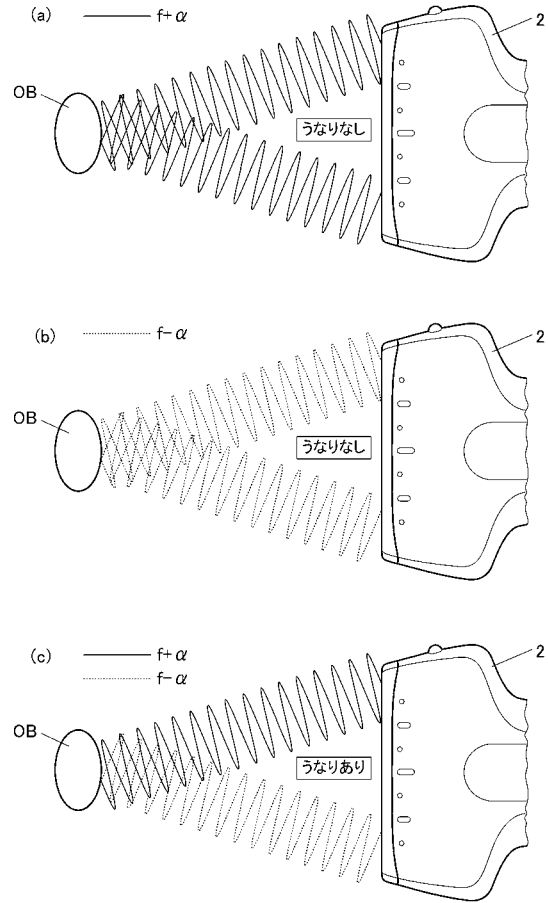
【図 2】



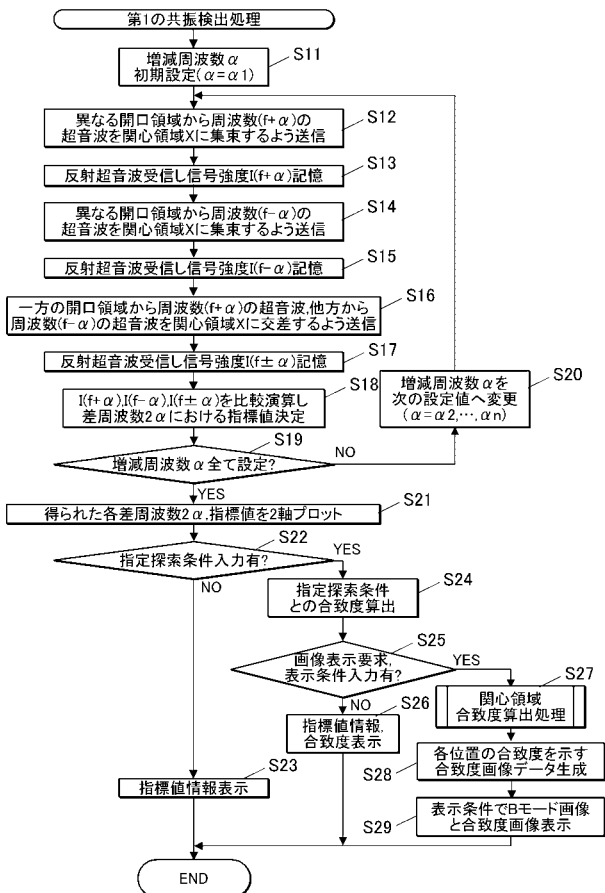
【図 3】



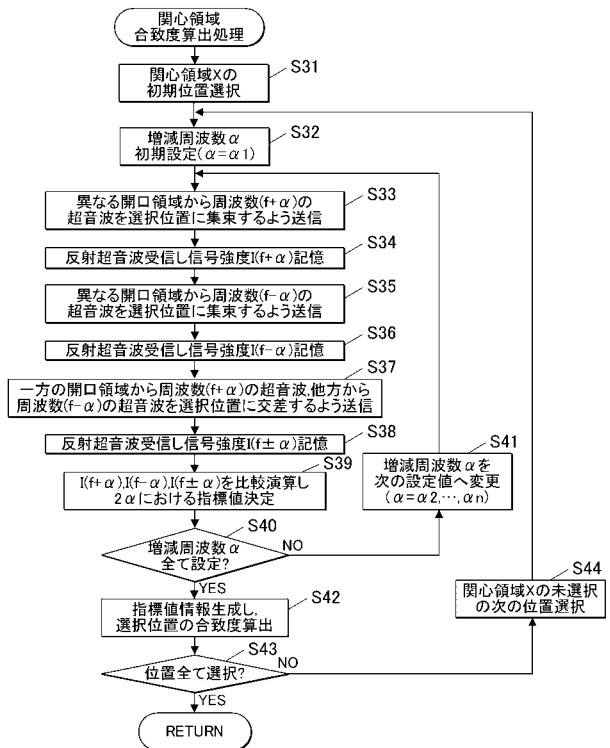
【図 4】



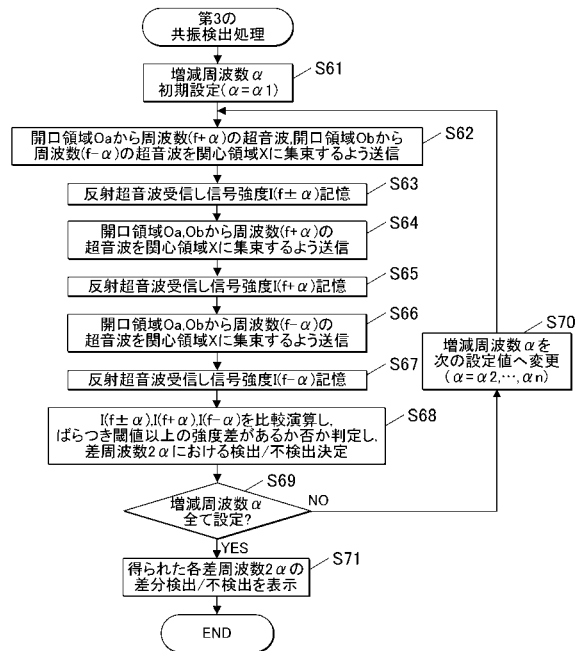
【図 5】



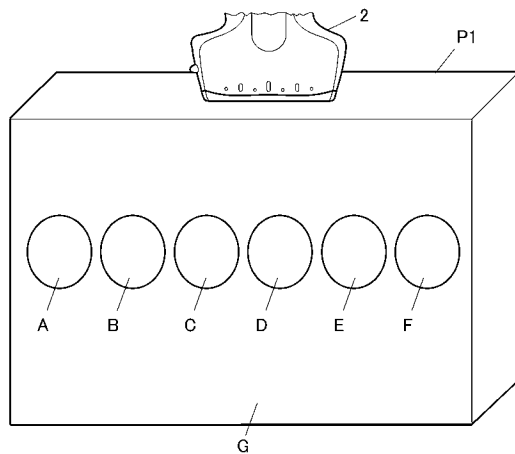
【図 6】



【图 8】



【图 9】



专利名称(译)	超声波诊断装置和共振信息获取方法		
公开(公告)号	JP2019080879A	公开(公告)日	2019-05-30
申请号	JP2017211446	申请日	2017-11-01
[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	谷口哲哉		
发明人	谷口 哲哉		
IPC分类号	A61B8/14		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DD18 4C601/DE02 4C601/EE30 4C601/GB03 4C601/HH22 4C601/JB34 4C601/JC20 4C601/KK02 4C601/KK12		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的目的是量化由组织结构等引起的共振行为，并获得关于新组织特征等的诊断信息等。超声波诊断装置产生驱动信号，并产生对超声波探头的驱动，该超声波探头根据驱动信号从多个换能器中的任意一个发送和接收超声波。用于输出信号的发送单元12和发送中心频率 f 和增加/减少频率 α 用于同时发送频率 $(f + \alpha)$ 和频率 $(f - \alpha)$ 的超声波的超声波。控制单元18，其使得发送单元12生成第一驱动信号;接收单元13，其从超声波探头2获取与来自第一驱动信号的超声波相对应的第一接收信号;并且信号处理单元15用于根据接收信号产生表示物体的共振行为的差频 2α 的共振信息。[选图]图1

