

(19) 日本国特許庁(JP)

再 公 表 特 許(A1)

(11) 国際公開番号

W02017/061560

発行日 平成30年8月2日 (2018.8.2)

(43) 国際公開日 平成29年4月13日 (2017.4.13)

(51) Int.Cl.
A 6 1 B 8/08 (2006.01)F I
A 6 1 B 8/08テーマコード (参考)
4 C 6 0 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 55 頁)

出願番号 特願2017-544228 (P2017-544228)
(21) 国際出願番号 PCT/JP2016/079831
(22) 国際出願日 平成28年10月6日 (2016.10.6)
(31) 優先権主張番号 特願2015-200488 (P2015-200488)
(32) 優先日 平成27年10月8日 (2015.10.8)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

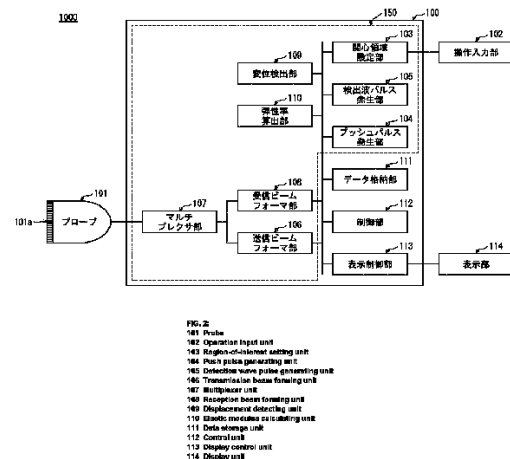
(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(74) 代理人 110001900
特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
(72) 発明者 進 泰彰
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内
Fターム(参考) 4C601 DD19 DD23 EE04 EE08 GB04
HH02 HH14 HH21 HH22 JB01
JB34 JC37

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、及び超音波信号処理方法

(57) 【要約】

超音波診断装置は、被検体中に特定部位を設定し、複数の振動子101aにプッシュパルスppを送信させるプッシュパルス発生部104と、被検体中の関心領域roi外に集束し関心領域roiを通過する検出波パルスpsiを複数回送信させる検出波パルス発生部105と、複数の検出波パルスpsiの各々に対応して関心領域roi内の複数の観測点Pijに対する音響線信号を生成して、音響線信号フレームデータdsiのシーケンスから関心領域roi内の組織の変位を検出する変位検出部109と、せん断波の波面位置を表した波面フレームデータwfiのシーケンスを生成し、これに基づき関心領域roi内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率のフレームデータemkを算出する弾性率算出部110とを備えた。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の振動子が列設されたプローブが接続可能に構成されており、前記プローブに被検体内の特定部位に集束するプッシュパルスを送信させ、当該プッシュパルスの音響放射圧により生じたせん断波の伝播速度を検出する超音波診断装置であって、

操作入力を受付ける操作入力部と、

前記操作入力に基づき被検体内の解析対象範囲を表す関心領域を設定する関心領域設定部と、

被検体中に前記特定部位を設定し、前記複数の振動子に前記プッシュパルスを送信させるプッシュパルス発生部と、

前記プッシュパルスに続き、前記複数の振動子の一部又は全部に被検体中の前記関心領域外に集束し当該関心領域を通過する検出波パルスを複数回送信させる検出波パルス発生部と、

前記複数回の検出波パルスの各々に対応して前記複数の振動子において時系列に受信された被検体組織からの反射検出波に基づき、前記関心領域内の複数の観測点に対する音響線信号を生成して音響線信号フレームデータのシーケンスを生成する受信ビームフォーマ部と、

前記音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記関心領域内の組織の変位を検出し、前記複数回の検出波パルスのそれぞれに対応する時間軸上の複数時点におけるせん断波の波面位置を表した波面フレームデータのシーケンスを生成し、複数の前記波面フレームデータ間の波面位置の変化量と時間間隔とに基づき、前記関心領域内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率のフレームデータを算出する弾性率算出部とを備えた

超音波診断装置。

【請求項 2】

前記検出波パルス発生部は、被検体中の前記関心領域より超音波送信方向において深い位置で集束するよう検出波パルスを送信させる

請求項 1 に記載の超音波処理装置。

【請求項 3】

前記検出波パルス発生部は、被検体中の前記関心領域より超音波送信方向において浅い位置で集束するよう検出波パルスを送信させる

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記検出波パルス発生部は、超音波ビームが関心領域全体を通過するように前記検出波パルスを送信する送信振動子と、被検体中において前記検出波パルスを集束させる深さを決定する

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記関心領域は、前記送信振動子の列の両端部と被検体中の前記検出波パルスが集束する深さにおけるビーム中心とを各々結ぶ 2 直線に挟まれた範囲内に存在する

請求項 4 に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記検出波パルス発生部は、超音波ビームが関心領域内の一部領域を通過するように前記検出波パルスを送信する送信振動子と、被検体中において前記検出波パルスを集束させる深さを決定する

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記検出波パルス発生部は、被検体中の前記関心領域の深さ及び前記関心領域の列方向の大きさに基づき、前記検出波パルスを送信する送信振動子と、被検体中において前記検出波パルスを集束させる深さを決定する

請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記検出波パルス発生部は、被検体中の前記関心領域の深さ、前記関心領域の列方向の大きさ、及び前記検出波パルスを送信する送信振動子の数に基づくパラメータが所定の閾値以下である場合には、被検体中の前記関心領域より超音波送信方向において深い位置で集束するよう検出波パルスを送信させ、閾値より大きい場合には被検体中の前記関心領域より超音波送信方向において浅い位置で集束するよう検出波パルスを送信させる

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記検出波パルスを送信する送信振動子の列長を a 、被検体表面から前記関心領域中心までの深さを d 、前記関心領域の被検体深さ方向の長さを h 、前記関心領域の列方向幅を w 、前記送信振動子の列の両端部と被検体中の前記検出波パルスが集束する深さにおけるビーム中心とを各々結ぶ 2 直線の何れかと関心領域との列方向距離を β としたとき、前記パラメータは、

【数 1】

$$a = nxk - 2\alpha \quad (\text{式1})$$

10

20

により算出される $f \geq 1$ であり、前記閾値は 2 である

請求項 8 に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記プッシュパルス発生部は、被検体中の前記関心領域内の異なる位置に複数の前記特定部位を設定し、各特定部位に集束する複数回の前記プッシュパルスを送信させ、

前記検出波パルス発生部は、前記複数のプッシュパルスの各々に続き、前記検出波パルスを複数回送信させ、

前記受信ビームフォーマ部は、前記複数のプッシュパルスの各々に続いて送信される前記複数回の検出波パルスの各々に対応して前記音響線信号フレームデータのシーケンスを複数生成し、

30

弾性率算出部は、前記複数の音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記複数のプッシュパルスの各々に対応して前記関心領域内の複数の観測点に対するせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータを複数算出し、さらに、算出した複数の伝播速度又は弾性率フレームデータを前記観測点の位置を指標として加算することにより、前記関心領域内の複数の観測点に対するせん断波の合成伝播速度又は合成弾性率のフレームデータを算出する

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記検出波パルスの送信振動子の列中心と前記関心領域の前記列方向の中心とは合致する

40

請求項 1 から 10 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

前記プッシュパルス発生部は、被検体中の前記関心領域内の複数の異なる位置に前記特定部位を設定し、各特定部位に集束する複数回の前記プッシュパルスを送信させ、

前記検出波パルス発生部は、前記複数のプッシュパルスの各々に続き、前記複数の振動子の一部から前記関心領域内の一部領域を通過する検出波パルスを複数回送信させ、

前記受信ビームフォーマ部は、前記複数のプッシュパルスの各々に続いて送信される前記複数回の検出波パルスの各々に対応して、前記関心領域内の一部領域内の複数の観測点に対する音響線信号を生成して音響線信号フレームデータのシーケンスを複数生成し、

50

前記弾性率算出部は、前記複数の音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記複数のプッシュパルスの各々に対応して前記関心領域内の一部領域内の複数の観測点に対するせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータを複数算出し、さらに、算出した複数のせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータを前記観測点の位置を指標として加算することにより、前記関心領域内の複数の観測点に対するせん断波の合成伝播速度又は合成弾性率のフレームデータを算出する

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 1 3】

前記プッシュパルスに対応する前記特定部位の列方向位置は、当該プッシュパルスに続く前記検出波パルスの前記送信振動子の列中心と合致する

10

請求項 1 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 1 4】

受信ビームフォーマ部は、前記複数の振動子において時系列に受信された被検体組織からの反射検出波に基づいて、前記振動子各々に対する受波信号列を生成する入力部と、

前記各観測点から得られた反射等音波に基づく前記受波信号列を整相加算することにより前記関心領域内の複数の観測点についての前記音響線信号を生成する整相加算部とを備えた

請求項 1 ~ 1 3 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 1 5】

前記整相加算部は、

20

送信された前記検出波パルスが、前記関心領域内の観測点に到達するまでの送信時間と

、前記観測点からの反射波が前記振動子の各々に到達するまでの受信時間との和から、

送信された超音波が前記観測点で反射され前記複数の振動子の各振動子へ到達するまでの総伝播時間を算出し、当該総伝播時間に基づいて前記各振動子に対する遅延量を算出し

、前記各振動子に対する前記受波信号列から前記各振動子に対する遅延量に相当する受波信号値を同定して前記複数の振動子について加算することにより、前記観測点に対する音響線信号を生成する

請求項 1 4 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 1 6】

前記検出波パルスを送信する前記複数の振動子の列中心と、被検体中の前記検出波パルスが集束する深さにおけるビーム中心との距離を第1距離、前記ビーム中心と前記関心領域内の観測点との距離を第2距離としたとき、

前記整相加算部は、

前記関心領域が前記ビーム中心よりも被検体深さ方向において深い場合には、前記第1距離と前記第2距離との和を音速で除して前記送信時間を算出し、

前記関心領域が前記ビーム中心よりも被検体深さ方向において浅い場合には、前記第1距離から前記第2距離を減じた差を音速で除して前記送信時間を算出する

請求項 1 5 に記載の超音波診断装置。

40

【請求項 1 7】

弾性率算出部は、前記複数の音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記関心領域内の複数の観測点に対するせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータのシーケンスを複数算出し、各フレームデータのシーケンスを前記観測点の位置を指標として加算することにより、前記複数のプッシュパルスの各々に対応するせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータを合成する

請求項 1 0 又は 1 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 1 8】

さらに、画像を表示する表示部を備え、

前記弾性率算出部は、前記弾性率フレームデータをマッピングして弾性画像を生成し、

50

当該弾性画像を表示用の画像に変換して前記表示部に表示させる、
請求項 1 から 17 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 19】

複数の振動子が列設されたプローブに被検体内の特定部位に集束するプッシュパルスを送信させ、当該プッシュパルスの音響放射圧により生じたせん断波の伝播速度を検出する超音波信号処理方法であって、

操作入力を受け、

前記操作入力に基づき被検体内の解析対象範囲を表す関心領域を設定し、

被検体中に前記特定部位を設定し、前記複数の振動子に前記プッシュパルスを送信させ

10

、
前記プッシュパルスに続き、前記複数の振動子の一部又は全部に被検体中の前記関心領域外に集束し当該関心領域を通過する検出波パルスを複数回送信させ、

前記複数回の検出波パルスの各々に対応して前記複数の振動子において時系列に受信された被検体組織からの反射検出波に基づき、前記関心領域内の複数の観測点に対する音響線信号を生成して音響線信号フレームデータのシーケンスを生成し、

前記音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記関心領域内の組織の変位を検出し、前記複数回の検出波パルスのそれぞれに対応する時間軸上の複数時点におけるせん断波の波面位置を表した波面フレームデータのシーケンスを生成し、複数の前記波面フレームデータ間の波面位置の変化量と時間間隔とに基づき、前記関心領域内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率のフレームデータを算出する

20

超音波信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超音波診断装置、及び超音波信号処理方法に関し、特に、せん断波を用いた組織の弾性率測定に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、超音波プローブを構成する複数の振動子から被検体内部に超音波を送信し、被検体組織の音響インピーダンスの差異により生じる超音波反射波（エコー）を受信し、得られた電気信号に基づいて被検体の内部組織の構造を示す超音波断層画像を生成して表示する医療用検査装置である。

30

【0003】

近年、この超音波診断の技術を応用した組織の弾性率計測（SWSM：Shear Wave Speed Measurement、以後「超音波弾性率計測」とする）が広く検査に用いられている。臓器や体組織内に発見された腫瘍の硬さを非侵襲かつ簡易に計測することができるために、癌のスクリーニング検査において腫瘍の硬さを調べることや、肝臓疾患の検査において肝線維化の評価に用いることができ有用である。

【0004】

この超音波弾性率計測では、被検体内の関心領域（ROI；Region of Interest）を定めると共に、複数の振動子から被検体内の特定部位に超音波を集束させたプッシュパルス（集束超音波、又は、ARFI：Acoustic Radiation Force Impulse）を送信した後、検出用の超音波（以後、「検出波パルス」とする）の送信と反射波の受信とを複数回繰り返して、プッシュパルスの音響放射圧により生じたせん断波の伝播解析を行うことにより組織の弾性率を表すせん断波の伝播速度を算出して、組織弾性の分布を例えば画像化して弾性画像として表示することができる（例えば、特許文献 1、2）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】米国特許公報 US 7 2 5 2 0 0 4 号

50

【特許文献 2】米国特許公報 US 7 3 7 4 5 3 8 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、超音波弾性率計測による検査では、弾性画像取得の時間分解能を高め組織弾性の画像の更新速度を高めたり、又は、得られる信号の S / N を高め弾性画像の高画質化を図ることにより、病変の細かい変化の確認を容易にすることが求められている。

【0007】

しかしながら、検出波パルスに複数の振動子から超音波ビームが平行に送信される平面波を用いた、例えば、特許文献 1 に記載の構成では、1 回の送受信で関心領域内の信号を取得することができるために信号取得の時間分解能は高まるものの、反面、信号 S / N の向上が図れないという課題があった。他方、検出波パルスに超音波ビームを絞った集束超音波を用いた特許文献 2 に記載の技術では、反面、信号 S / N は高まるものの、反面、関心領域内からの信号を得るためには送受信の回数が多くなるために、信号取得の時間分解能の向上が図れないという課題があった。したがって、弾性画像取得の時間分解能の改善と、信号 S / N の向上に伴う弾性画像の高画質化について更なる改善が必要であった。

【0008】

本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、超音波弾性率計測において、信号取得時間分解能と、弾性画像生成のため信号 S / N とを改善可能な超音波診断装置及び超音波信号処理方法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】

【0009】

本開示の一態様に係る超音波診断装置は、複数の振動子が列設されたプローブが接続可能に構成されており、前記プローブに被検体内の特定部位に集束するプッシュパルスを送信させ、当該プッシュパルスの音響放射圧により生じたせん断波の伝播速度を検出する超音波診断装置であって、超音波信号処理回路を有し、前記超音波信号処理回路は、操作入力を受付ける操作入力部と、前記操作入力に基づき被検体内の解析対象範囲を表す関心領域を設定する関心領域設定部と、被検体中に前記特定部位を設定し、前記複数の振動子に前記プッシュパルスを送信させるプッシュパルス発生部と、前記プッシュパルスに続き、前記複数の振動子の一部又は全部に被検体中の前記関心領域外に集束し当該関心領域を通過する検出波パルスを複数回送信させる検出波パルス発生部と、前記複数回の検出波パルスの各々に対応して前記複数の振動子において時系列に受信された被検体組織からの反射検出波に基づき、前記関心領域内の複数の観測点に対する音響線信号を生成して音響線信号フレームデータのシーケンスを生成する受信ビームフォーマ部と、前記音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記関心領域内の組織の変位を検出し、前記複数回の検出波パルスのそれぞれに対応する時間軸上の複数時点におけるせん断波の波面位置を表した波面フレームデータのシーケンスを生成し、複数の前記波面フレームデータ間の波面位置の変化量と時間間隔とに基づき、前記関心領域内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率のフレームデータを算出する弾性率算出部とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本開示の一態様に係る超音波診断装置及び超音波信号処理方法によれば、超音波弾性率計測において、信号取得時間分解能と弾性画像生成のための信号 S / N とを改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 おける超音波弾性率計測法による S W S サブシーケンスの概要を示す概略図である。

【図 2】超音波診断装置 100 を含む超音波診断システム 1000 の機能ブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 3】(a)(b)は、プッシュパルス発生部 104 で発生させるプッシュパルスの構成概要を示す模式図である。

【図 4】検出波パルス発生部 105 で発生させる検出波パルスの構成概要を示す模式図である。

【図 5】(a)は、送信ビームフォーマ部 106 の構成を示す機能ブロック図、(b)は、受信ビームフォーマ部 108 の構成を示す機能ブロック図である。

【図 6】受信ビームフォーマ部 108 中の遅延処理部 10831 において、超音波の伝播経路の計算方法の概要を示す模式図である。

【図 7】変位検出部 109、弾性率算出部 110 の構成を示す機能ブロック図である。

【図 8】超音波診断装置 100 における SWS シーケンスの工程の概要を示す概略図である。

【図 9】超音波診断装置 100 における超音波弾性率算出の動作を示すフローチャートである。

【図 10】超音波診断装置 100 における SWS サブシーケンスの工程の概要を示す概略図である。

【図 11】(a)から(e)は、プッシュパルス pp によるせん断波の生成の様子を示す模式図である。

【図 12】超音波診断装置 100 におけるせん断波の伝播解析の動作を示すフローチャートである。

【図 13】(a)から(f)は、せん断波の伝播解析の動作を示す模式図である。

【図 14】受信ビームフォーマ部 108 のビームフォーミングの動作を示すフローチャートである。

【図 15】受信ビームフォーマ部 108 における観測点 P_{ij} についての音響線信号生成動作を示すフローチャートである。

【図 16】受信ビームフォーマ部 108 における観測点 P_{ij} についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

【図 17】検出波パルスに基づき生成した音響線信号を示すシミュレーション画像であり、(a)は検出波パルスに平面波パルスを用いた比較例に係る結果、(b)は超音波診断装置 100 に係る検出波パルスを用いた結果をあらわす画像である。

【図 18】図 17 における関心領域 roi 中心軸 A 上の音響線信号の最大音圧を示す結果であり、破線は比較例、実線は超音波診断装置 100 に係る結果である。

【図 19】実施の形態 2 に係る超音波診断装置 100A における検出波パルス発生部 105 で発生させる検出波パルスの構成概要を示す模式図である。

【図 20】超音波診断装置 100A における複数の SWS サブシーケンスから構成される SWS シーケンスの工程の概要を示す概略図である。

【図 21】超音波診断装置 100A における受信ビームフォーミング方法の概要を示す模式図である。

【図 22】超音波診断装置 100A における超音波弾性率算出の動作を示すフローチャートである。

【図 23】超音波診断装置 100B における検出波パルス発生部 105 で発生させる、関心領域 roi よりも浅い位置にある送信焦点 F にて超音波ビームが集束する検出波パルスの構成概要を示す模式図である。

【図 24】(a)(b)は、超音波診断装置 100B における受信ビームフォーミング方法の概要と、関心領域 roi 内にある観測点 P_{ij} についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

【図 25】超音波診断装置 100B における検出波パルス発生部 105 の検出波パルス発生動作を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

実施の形態 1

10

20

30

40

50

超音波診断装置１００は、超音波弾性率計測法により組織の弾性率を表すせん断波の伝播速度を算出する処理を行う。図１は、超音波診断装置１００における超音波弾性率計測法によるＳＷＳサブシーケンスの概要を示す概略図である。図１に示すように、超音波診断装置１００の処理は、「基準検出波パルス送受信」、「プッシュパルス送信」、「検出波パルス送受信」、「弾性率算出」の工程から構成される。

【００１３】

「基準検出波パルス送受信」の工程では、被検体内の解析対象範囲を表す関心領域に検出波パルス p_w0 の送信と反射波 $e_{c1} \sim 4$ の受信とを行い組織の初期位置の基準となる音響線信号を生成し、「プッシュパルス送信」の工程では、複数の振動子から被検体内の特定部位に超音波を集束させたプッシュパルス p_p を送信してせん断波励起する。その後、「検出波パルス送受信」の工程で、検出波パルス p_{wi} （ i は１から検出波パルスの送信回数 m までの自然数）の送信と反射波 $e_{c1} \sim 4$ の受信とを複数回繰り返すことによりせん断波を計測する。「弾性率算出」の工程では、先ず、プッシュパルスの音響放射圧により生じたせん断波の伝播に伴う組織の変位分布 p_t を時系列に測定する。次に、得られた変位分布 p_t の時系列な変化から組織の弾性率を表すせん断波の伝播速度を算出するせん断波伝搬解析を行い、最後に組織弾性の分布を例えば画像化して弾性画像として弾性率表示する。

10

【００１４】

以上に示した、プッシュパルス p_p 送信に基づく１回のせん断波励起に伴う一連の工程を「ＳＷＳサブシーケンス」（（ＳＷＳ：Shear Wave Speed）、複数回の「ＳＷＳサブシーケンス」が統合された工程を「ＳＷＳシーケンス」とする。

20

【００１５】

< 超音波診断システム１０００ >

１．構成概要

実施の形態１に係る超音波診断装置１００を含む超音波診断システム１０００について、図面を参照しながら説明する。図２は、実施の形態１に係る超音波診断システム１０００の機能ブロック図である。図２に示すように、超音波診断システム１０００は、被検体に向けて超音波を送信しその反射波の受信する先端表面に列設された複数の振動子１０１ a を有する超音波プローブ１０１（以下、「プローブ１０１」とする）、プローブ１０１に超音波の送受信を行わせプローブ１０１からの出力信号に基づき超音波画像を生成する超音波診断装置１００、検査者からの操作入力を受け付ける操作入力部１０２、超音波画像を画面上に表示する表示部１１４を有する。プローブ１０１、操作入力部１０２、表示部１１４は、それぞれ、超音波診断装置１００に各々接続可能に構成されている。図１は超音波診断装置１００に、プローブ１０１、操作入力部１０２、表示部１１４が接続された状態を示している。なお、プローブ１０１、操作入力部１０２、表示部１１４が、超音波診断装置１００に含まれる態様であってもよい。

30

【００１６】

次に、超音波診断装置１００に外部から接続される各要素について説明する。

【００１７】

２．プローブ１０１

プローブ１０１は、例えば一次元方向（以下、「振動子配列方向」とする）に配列された複数の振動子１０１ a を有する。プローブ１０１は、後述の送信ビームフォーマ部１０６から供給されたパルス状の電気信号（以下、「送信信号」とする）をパルス状の超音波に変換する。プローブ１０１は、プローブ１０１の振動子側外表面を被検体の皮膚表面に当接させた状態で、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測定対象に向けて送信する。そして、プローブ１０１は、被検体からの複数の超音波反射波（以下、「反射超音波」とする）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に変換して受信ビームフォーマ部１０８に供給する。

40

【００１８】

３．操作入力部１０２

50

操作入力部 102 は、検査者からの超音波診断装置 100 に対する各種設定・操作等の各種操作入力を受け付け、関心領域設定部 103 を介して制御部 112 に出力する。

【0019】

操作入力部 102 は、例えば、表示部 114 と一体に構成されたタッチパネルであってもよい。この場合、表示部 114 に表示された操作キーに対してタッチ操作やドラッグ操作を行うことで超音波診断装置 100 の各種設定・操作を行うことができ、超音波診断装置 100 がこのタッチパネルにより操作可能に構成される。また、操作入力部 102 は、例えば、各種操作のキーを有するキーボードや、各種操作のボタン、レバー等を有する操作パネルであってもよい。また、表示部 114 に表示されるカーソルを動かすためのトラックボール、マウスまたはフラットパッド等であってもよい。または、これらを複数用いてもよく、これらを複数組合せた構成のものであってもよい。

10

【0020】

4. 表示部 114

表示部 114 は、いわゆる画像表示用の表示装置であって、後述する表示制御部 113 からの画像出力を画面に表示する。表示部 114 には、液晶ディスプレイ、CRT、有機 EL ディスプレイ等を用いることができる。

【0021】

< 超音波診断装置 100 の構成概要 >

次に、実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 について説明する。

【0022】

超音波診断装置 100 は、プローブ 101 の複数ある振動子 101a のうち、送信又は受信の際に用いる振動子を各々に選択し、選択された振動子に対する入出力を確保するマルチプレクサ部 107、超音波の送信を行うためにプローブ 101 の各振動子 101a に対する高電圧印加のタイミングを制御する送信ビームフォーマ部 106 と、プローブ 101 で受信した反射超音波に基づき、受信ビームフォーミングして音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部 108 を有する。

20

【0023】

また、操作入力部 102 からの操作入力に基づき被検体内の解析対象範囲を表す関心領域 roi を複数の振動子 101a を基準に設定する関心領域設定部 103、複数の振動子 101a にプッシュパルスを送信させるプッシュパルス発生部 104、プッシュパルスに続き検出波パルスを複数回送信させる検出波パルス発生部 105 を有する。

30

【0024】

また、音響線信号から関心領域 roi 内の組織の変位を検出する変位検出部 109、検出した組織の変位からせん断波の伝播解析を行い関心領域 roi 内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率を算出する弾性率算出部 110 を有する。

【0025】

また、受信ビームフォーマ部 108 が出力する音響線信号、変位検出部 109 が出力する変位量データ、弾性率算出部 110 が出力する波面データ及び弾性率データ等を保存するデータ格納部 111、表示画像を構成して表示部 114 に表示させる表示制御部 113、さらに、各構成要素を制御する制御部 112 を備える。

40

【0026】

このうち、マルチプレクサ部 107、送信ビームフォーマ部 106、受信ビームフォーマ部 108、関心領域設定部 103、プッシュパルス発生部 104、検出波パルス発生部 105、変位検出部 109、弾性率算出部 110 は、超音波信号処理回路 150 を構成する。

【0027】

超音波信号処理回路 150 を構成する各要素、制御部 112、表示制御部 113 は、それぞれ、例えば、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェア回路により実現される。あるいは、CPU (Cen

50

tral Processing Unit)やGPGPU(General - Purpose computing on Graphics Processing Unit)やプロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される構成であってもよい。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。また、複数の構成要素を組合せて一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。

【0028】

データ格納部111は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であり、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、MO、DVD、DVD-RAM、半導体メモリ等を用いることができる。また、データ格納部111は、超音波診断装置100に外部から接続された記憶装置であってもよい。

10

【0029】

なお、本実施の形態1に係る超音波診断装置100は、図1で示した構成の超音波診断装置に限定されない。例えば、マルチプレクサ部107が不要な構成もあるし、プローブ101に送信ビームフォーマ部106や受信ビームフォーマ部108、またその一部などが内蔵される構成であってもよい。

【0030】

<超音波診断装置100の各部構成>

次に、超音波診断装置100に含まれる各ブロックの構成について説明する。

【0031】

20

1. 関心領域設定部103

一般に、表示部114にプローブ101によりリアルタイムに取得された被検体の断層画像であるBモード画像が表示されている状態において、操作者は、表示部114に表示されているBモード画像を指標として、被検体内の解析対象範囲を指定し操作入力部102に入力する。関心領域設定部103は、操作入力部102から操作者により指定された情報を入力として設定し、制御部112に出力する。このとき、関心領域設定部103は、被検体内の解析対象範囲をあらわす関心領域roiをプローブ101にある複数の振動子101aからなる振動子列の位置を基準に設定してもよい。例えば、関心領域roiは、振動子101aの上記振動子列を含む仮想的な平面内の一部領域を示す情報であってもよい。

30

【0032】

2. プッシュパルス発生部104

プッシュパルス発生部104は、制御部112から関心領域roiを示す情報を入力し、被検体中の関心領域roi内の所定位置に超音波ビームが集束する送信焦点Fを設定し、複数の振動子101aにプッシュパルスを送信させる。あるいは、関心領域roiの近傍であって関心領域roi外の所定位置に送信焦点Fを設定する構成としてもよい。関心領域roiの近傍に設定する場合には、送信焦点Fは関心領域roiに対してせん断波が関心領域roiへ到達可能な距離に設定される。

【0033】

具体的には、プッシュパルス発生部104は、関心領域roiを示す情報に基づき、プッシュパルスの送信焦点Fの位置とプッシュパルスを送信させる振動子列(以後、「プッシュパルス送信振動子列Px」とする)を以下に示すように決定する。

40

【0034】

図3(a)(b)は、プッシュパルス発生部104で発生させるプッシュパルスの構成概要を示す模式図である。

【0035】

図3(a)に示すように関心領域幅wが振動子列よりも相対的に小さく、両者の列方向中心が一致している場合には、送信焦点Fの位置のうち、列方向送信焦点位置fxは関心領域roiの列方向中心位置wcと一致し、深さ方向送信焦点位置fzは関心領域roi中心までの深さdと一致する構成とした。また、プッシュパルス送信振動子列長aは複数

50

の振動子 101a 全部の列長とする構成としている。

【0036】

図3(b)に示すように関心領域幅 w が相対的に大きい場合には、複数のプッシュパルスが発生する。この場合、送信焦点 F の位置のうち、列方向送信焦点位置 f_{x1} 、 f_{x2} は関心領域 roi の幅 w を列方向に内分して分割される位置と一致し、深さ方向送信焦点位置 f_z は関心領域 roi 中心までの深さ d と一致する構成としている。また、プッシュパルス送信振動子列長 a は複数の振動子 101a 全部の列長とする構成としている。

【0037】

送信焦点 F の位置と、プッシュパルス送信振動子列 P_x を示す情報は、プッシュパルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部 106 に出力される。

10

【0038】

3. 検出波パルス発生部 105

検出波パルス発生部 105 は、制御部 112 から関心領域 roi を示す情報を入力し、被検体中の関心領域 roi 外の位置にある送信焦点 F に超音波ビームが集束し、超音波ビームが関心領域 roi を通過するよう送信焦点 F を設定し、複数の振動子 101a に検出波パルスを送信させる。具体的には、検出波パルス発生部 105 は、関心領域 roi を示す情報に基づき、検出波パルスの送信焦点 F の位置と検出波パルスを送信させる振動子列（以後、「検出波パルス送信振動子列 T_x 」とする）を、以下に示すように決定する。

【0039】

ここで、検出波パルスによる超音波ビーム及び上記したプッシュパルスによる超音波ビームが「集束」とするとは、超音波ビームが絞られフォーカスビームであること、すなわち、超音波ビームに照射される面積が送信後に減少し特定の深さにおいて最小値を採ることを指し、超音波ビームが 1 点にフォーカスされる場合に限られない。この場合、「送信焦点 F 」とは、超音波ビームが集束する深さにおける超音波ビーム中心をさす。

20

【0040】

図4は、検出波パルス発生部 105 で発生させる検出波パルスの構成概要を示す模式図である。図4に示すように、送信焦点 F の位置のうち、列方向送信焦点位置 f_x は関心領域 roi の列方向中心位置と一致する。また、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 roi 外であって関心領域 roi よりも深い位置にある送信焦点 F にて集束し、かつ、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 roi 全体を通過するような深さ f_{z1} とした。これより、1 回の検出波の送受信により関心領域全体にある観測点について音響線信号を生成できる。例えば、関心領域 roi は、検出波パルス送信振動子列 T_x の列の両端部と被検体中の検出波パルスが集束する深さにおけるビーム中心である送信焦点 F とを各々結ぶ 2 直線に挟まれた範囲内に存在する構成としてもよい。これより、超音波ビームが確実に関心領域全体を通過するように前記検出波パルスを送信することができる。

30

【0041】

また、検出波パルス送信振動子列 T_x は複数の振動子 101a 全部とする構成としている。また、 $SW S$ シーケンスを構成する全ての $SW S$ サブシーケンス (1 ~ n) において、送信焦点 F の位置及び検出波パルス送信振動子列 T_x は変化しない構成とした。

40

【0042】

具体的には、複数の振動子 101a の個数を n_x 、列方向ピッチを k とし、図4に示すように、送信振動子列長のマージンを α としたとき、検出波パルス送信振動子列 T_x の列長 a は、

【0043】

【数 1】

$$a=nxk-2\alpha \quad (式1)$$

となる。関心領域 r o i の列方向中心位置を w c としたとき、送信焦点 F の位置のうち列方向送信焦点位置 f x は、

【 0 0 4 4 】

10

【数 2】

$$f_x=w_c \quad (式2)$$

となる。被検体表面から関心領域 r o i 中心までの深さを d、関心領域 r o i の被検体深さ方向の長さを h、関心領域 r o i の列方向幅を w、関心領域 r o i に対する送信ビームのマーヅンを表す検出波パルス送信振動子列 T x の両端部と被検体中の送信焦点 F (検出波パルスが集束する深さにおけるビーム中心) とを各々結ぶ 2 直線の何れかと関心領域 r o i との列方向距離を β としたとき、送信焦点 F の位置のうち深さ方向送信焦点位置は、

20

【 0 0 4 5 】

【数 3】

$$f_{z1}=\frac{a\left(d+\frac{h}{2}\right)}{a-w-2\beta} \quad (式3)$$

30

で示される f z 1 となり、方向送信焦点位置は f z 1 以上の値に設定されることが好ましい。

【 0 0 4 6 】

送信焦点 F の位置と、検出波パルス送信振動子列 T x を示す情報は、検出波パルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部 1 0 6 に出力される。

【 0 0 4 7 】

40

4 . 送信ビームフォーマ部 1 0 6

送信ビームフォーマ部 1 0 6 は、マルチプレクサ部 1 0 7 を介してプローブ 1 0 1 と接続され、プローブ 1 0 1 から超音波の送信を行うために、プローブ 1 0 1 に存する複数の振動子 1 0 1 a の全てもしくは一部に当たるプッシュパルス送信振動子列 P x 又は検出波パルス送信振動子列 T x に含まれる複数の振動子各々に対する高電圧印加のタイミングを制御する回路である。

【 0 0 4 8 】

図 5 は、送信ビームフォーマ部 1 0 6 の構成を示す機能ブロック図である。図 5 に示すように、送信ビームフォーマ部 1 0 6 は、駆動信号発生部 1 0 6 1、遅延プロファイル生成部 1 0 6 2、駆動信号送信部 1 0 6 3 を含む。

50

【 0 0 4 9 】

(1) 駆動信号発生部 1 0 6 1

駆動信号発生部 1 0 6 1 は、プッシュパルス発生部 1 0 4 又は検出波パルス発生部 1 0 5 からの送信制御信号のうち、プッシュパルス送信振動子列 P_x 又は検出波パルス送信振動子列 T_x とパルス幅を示す情報とに基づき、プローブ 1 0 1 に存する振動子 1 0 1 a の一部又は全部に該当する送信振動子から超音波ビームを送信させるためのパルス信号 s_p を発生する回路である。

【 0 0 5 0 】

(2) 遅延プロファイル生成部 1 0 6 2

遅延プロファイル生成部 1 0 6 2 では、プッシュパルス発生部 1 0 4 又は検出波パルス発生部 1 0 5 から得られる送信制御信号のうち、プッシュパルス送信振動子列 P_x 又は検出波パルス送信振動子列 T_x と送信焦点 F の位置を示す情報とに基づき、超音波ビームの送信タイミングを決める遅延時間 t_{p1} (1 は、 1 から検出波パルス送信振動子の数までの自然数) を振動子毎に設定して出力する回路である。これにより、遅延時間分だけ振動子毎に超音波ビームの送信を遅延させて超音波ビームのフォーカシングを行う。

【 0 0 5 1 】

(2) 駆動信号送信部 1 0 6 3

駆動信号送信部 1 0 6 3 は、駆動信号発生部 1 0 6 1 からのパルス信号 s_p と遅延プロファイル生成部 1 0 6 2 からの遅延時間 t_{p1} とに基づき、プローブ 1 0 1 に存する複数の振動子 1 0 1 a 中、プッシュパルス送信振動子列 P_x 又は検出波パルス送信振動子列 T_x に含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるための送信信号 s_{c1} を供給する送信処理を行う回路である。プッシュパルス送信振動子列 P_x 又は検出波パルス送信振動子列 T_x は、マルチプレクサ部 1 0 7 によって選択される。

【 0 0 5 2 】

送信ビームフォーマ部 1 0 6 は、プッシュパルス発生部 1 0 4 からの送信制御信号に基づき、プッシュパルスの送信ごとに送信焦点 F を列方向に漸次移動させながらプッシュパルス送信を繰り返し、関心領域 roi 内の領域全てに対しせん断波を伝播させる。このとき、例えば、送信ビームフォーマ部 1 0 6 は、プッシュパルス送信ごとにプッシュパルス送信振動子列 P_x を列方向に漸次移動させながらプッシュパルス送信を繰り返すことにより送信焦点 F を列方向に移動させる構成としてもよい。

【 0 0 5 3 】

送信ビームフォーマ部 1 0 6 は、プッシュパルス送信後に、検出波パルス発生部 1 0 5 からの送信制御信号に基づき検出波パルスを複数回送信させる。1 回のプッシュパルス送信後に、同一の検出波パルス送信振動子列 T_x から複数回行われる一連の検出波パルス送信の各回を「送信イベント」と称呼する。

【 0 0 5 4 】

実施の形態 1 では、 $SW S$ シーケンスに含まれる全ての $SW S$ サブシーケンスにおいて複数の振動子 1 0 1 a の全部が検出波パルス送信振動子列 T_x となる構成とした。しかしながら、実施の形態 2 に示すように、送信ビームフォーマ部 1 0 6 は、 $SW S$ サブシーケンスごとに検出波パルスの検出波パルス送信振動子列 T_x を列方向に漸次移動させながら検出波パルス送信を繰り返し、プローブ 1 0 1 に存する全ての振動子 1 0 1 a から検出波パルス送信を行う構成としてもよい。

【 0 0 5 5 】

2 . 受信ビームフォーマ部 1 0 8 の構成

受信ビームフォーマ部 1 0 8 は、複数回の検出波パルスの各々に対応して複数の振動子 1 0 1 a において時系列に受信された被検体組織からの反射検出波に基づき、関心領域 roi 内の複数の観測点 P_{ij} に対する音響線信号を生成して音響線信号フレームデータ d_{si} のシーケンスを生成する回路である。すなわち、受信ビームフォーマ部 1 0 8 は、検出波パルスを送信した後、プローブ 1 0 1 で受信した反射超音波に基づき、複数の振動子 1 0 1 a で得られた電気信号から音響線信号を生成する。なお、「音響線信号」とは、整

10

20

30

40

50

相加算処理がされたあとのある観測点に対する受波信号である。

【 0 0 5 6 】

図 5 (b) は、受信ビームフォーマ部 1 0 8 の構成を示す機能ブロック図である。受信ビームフォーマ部 1 0 8 は、入力部 1 0 8 1、受波信号保持部 1 0 8 3、整相加算部 1 0 8 3 を備える。

【 0 0 5 7 】

2 . 1 入力部 1 0 8 1

入力部 1 0 8 1 は、マルチプレクサ部 1 0 7 を介してプローブ 1 0 1 と接続され、プローブ 1 0 1 において反射超音波に基づき受波信号 (R F 信号) を生成する回路である。ここで、受波信号 $r f$ (R F 信号) とは、送信信号 $s c l$ の送信に基づいて各振動子にて受信された反射超音波から変換された電気信号を A / D 変換したデジタル信号であり、受波信号 $r f$ は各振動子にて受信された超音波の送信方向 (被検体の深さ方向) に連なった信号の列 (受波信号列) から構成されている。

10

【 0 0 5 8 】

入力部 1 0 8 1 は、 S W S サブシーケンスに同期して選択される受波振動子の各々が得た反射超音波に基づいて、送信イベントごとに各受波振動子に対する受波信号 $r f$ の列を生成する。受波振動子列はプローブ 1 0 1 に存する複数の振動子 1 0 1 a の一部又は全部にあたる振動子列から構成されており、 S W S サブシーケンスごとに制御部 1 1 2 からの指示に基づきマルチプレクサ部 1 0 7 によって選択される。本例では、 S W S シーケンスに含まれる全ての S W S サブシーケンスにおいて複数の振動子 1 0 1 a の全部が受波振動子列として選択される構成とした。これにより、ある観測点からの反射検出波を全ての振動子を用いて受波して全ての振動子に対する受波振動子列を生成することができ、整相加算したときの音響線信号の信号 S / N を向上することができる。

20

【 0 0 5 9 】

生成された受波信号 $r f$ は、受波信号保持部 1 0 8 2 に出力される。

【 0 0 6 0 】

2 . 2 受波信号保持部 1 0 8 2

受波信号保持部 1 0 8 2 は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であり、例えば、半導体メモリ等を用いることができる。受波信号保持部 1 0 8 2 は、送信イベントに同期して入力部 1 0 8 1 から、各受信振動子に対する受波信号 $r f$ を入力し、送信イベントから 1 枚の音響線信号フレームデータが生成されるまでの間これを保持する。

30

【 0 0 6 1 】

なお、受波信号保持部 1 0 8 2 は、例えば、ハードディスク、 M O 、 D V D 、 D V D - R A M 等を用いることができる。超音波診断装置 1 0 0 に外部から接続された記憶装置であってもよい。また、データ格納部 1 1 1 の一部であってもよい。

【 0 0 6 2 】

2 . 3 整相加算部 1 0 8 3

整相加算部 1 0 8 3 では、送信イベントに同期して関心領域 $r o i$ 内の観測点 $P i j$ から、検出波パルス送受信振動子列 $R x$ に含まれる受信振動子 $R p l$ が受信した受波信号 $r f$ に遅延処理を施した後、全ての受信振動子 $R p l$ について加算して音響線信号 $d s$ を生成する回路である。検出波パルス送受信振動子列 $R x$ はプローブ 1 0 1 に存する複数の振動子 1 0 1 a の一部又は全部にあたる受信振動子 $R p l$ から構成されており、 S W S サブシーケンスごとに制御部 1 1 2 からの指示に基づき整相加算部 1 0 8 3 とマルチプレクサ部 1 0 7 によって選択される。本例では、検出波パルス送受信振動子列 $R x$ として、 S W S サブシーケンス内の対応する各送信イベントにおける検出波パルス送受信振動子列 $T x$ を構成する振動子を少なくとも全て含む振動子列が選択される構成とした。

40

【 0 0 6 3 】

整相加算部 1 0 8 3 は、受波信号 $r f$ に対する処理を行うための遅延処理部 1 0 8 3 1、加算部 1 0 8 3 2 を備える。

【 0 0 6 4 】

50

(1) 遅延処理部 1 0 8 3 1

遅延処理部 1 0 8 3 1 は、検出波パルス送受信振動子列 R_x 内の受信振動子 R_{p1} に対する受波信号（受波信号列）から、観測点 P_{ij} と受信振動子 R_{p1} 各々との間の距離の差を音速値で除した受信振動子 R_{p1} 各々への反射超音波の到達時間差（遅延量）により補償して、観測点 P_{ij} からの反射超音波に基づく受信振動子 R_{p1} に対応する受信信号として同定する回路である。

【 0 0 6 5 】

図 6 は、受信ビームフォーマ部 1 0 8 中の遅延処理部 1 0 8 3 1 において、超音波の伝播経路の計算方法の概要を示す模式図である。検出波パルス送信振動子列 T_x から放射され関心領域 roi 内の任意の位置にある観測点 P_{ij} において反射され受信振動子 R_{p1} に到達する超音波の伝播経路を示したものである。

10

【 0 0 6 6 】

a) 送信時間の算出

先ず、遅延処理部 1 0 8 3 1 は、送信イベントに対応して、検出波パルス発生部 1 0 5 から取得した、検出波パルス送信振動子列 T_x に含まれる振動子及び送信焦点 F の位置を示す情報と、関心領域設定部 1 0 3 から取得した関心領域 roi の位置を示す情報とに基づき、1 回の送信イベントに対し関心領域 roi 内に存在する観測点 P_{ij} について、送信された超音波が被検体中の観測点 P_{ij} に到達するまでの送信経路を算出し、これを音速で除して送信時間を算出する。

【 0 0 6 7 】

20

ここでは、検出波パルス送信振動子列 T_x から放射された検出波パルスは、経路 4 0 1 を通って送信焦点 F にて波面が集まった後、経路 4 0 2 を通って送信焦点 F よりも浅い位置にある関心領域 roi 内に存在する観測点 P_{ij} に到達するという送信経路を想定する。すなわち、観測点 P_{ij} が送信焦点 F より浅い場合は、検出波パルス送信振動子列 T_x から放射された送信波が、経路 4 0 1 を通って送信焦点 F に到達する時刻と、経路 4 0 4 を通って観測点 P_{ij} に到達した後、観測点 P_{ij} から経路 4 0 2 を通って送信焦点 F に到達する時刻とが同一であるものとして計算を行う。したがって、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間から、経路 4 0 2 を通過する時間を差し引いた値が、送信時間となる。具体的な算出方法としては、例えば、経路 4 0 1 の長さから経路 4 0 2 の長さを減算した経路長差を、被検体内における超音波の伝搬速度で除算することで求められる。

30

【 0 0 6 8 】

送信焦点 F は検出波パルス発生部 1 0 5 により設計値として規定されているので、送信焦点 F から任意の観測点 P_{ij} までの経路 4 0 2 の長さは幾何学的に算出することができる。

【 0 0 6 9 】

b) 受信時間の算出

次に、遅延処理部 1 0 8 3 1 は、送信イベントに対応して、さらに、データ格納部 1 1 1 から取得した検出波パルス送受信振動子列 R_x の位置を示す情報に基づき、1 回の送信イベントに対し関心領域 roi 内に存在する観測点 P_{ij} について、送信された超音波が観測点 P_{ij} で反射され検出波パルス送受信振動子列 R_x の受信振動子 R_{p1} に到達するまでの受信経路を算出し、音速で除して受信時間を算出する。

40

【 0 0 7 0 】

具体的には、観測点 P_{ij} で音響インピーダンスに変化があれば反射波を生成し、その反射波が経路 4 0 3 を通ってプローブ 1 0 1 における受信振動子 R_{p1} に戻っていく受信経路を計算上想定する。

【 0 0 7 1 】

検出波パルス送受信振動子列 R_x 内の受信振動子 R_{p1} の位置情報は制御部 1 1 2 から取得されるので、任意の観測点 P_{ij} から受信振動子 R_{p1} までの経路 4 0 3 の長さは幾何学的に算出することができる。

【 0 0 7 2 】

50

c) 遅延量の算出

次に、遅延処理部 10831 は、送信時間と受信時間とから検出波パルス送受信振動子列 R_x 内の受信振動子 R_{p1} への総伝播時間を算出し、当該総伝播時間に基づいて、受信振動子 R_{p1} に対する受波信号の列に適用する遅延量を算出する。すなわち、送信された超音波が観測点 P_{ij} を経由して受信振動子 R_{p1} へ到達するまでの総伝播時間を算出し、受信振動子 R_{p1} に対する総伝播時間の差異により、受信振動子 R_{p1} に対する受波信号の列に適用する遅延量を算出する。

【0073】

d) 遅延処理

次に、遅延処理部 10831 は、検出波パルス送受信振動子列 R_x 内の受信振動子 R_{p1} に対する受波信号の列から、受信振動子 R_{p1} に対する遅延量に相当する受波信号（遅延量を差引いた時間に対応する受波信号）を、観測点 P_{ij} からの反射超音波に基づく受信振動子 R_{p1} に対応する受信信号として同定する。

【0074】

遅延処理部 10831 は、送信イベントに対応して、受波信号保持部 1082 から受波信号 r_f を入力として、関心領域 roi 内に存在する全ての観測点 P_{ij} について上記処理を行う。

【0075】

(2) 加算部 10832

加算部 10832 は、遅延処理部 10831 から出力される受信振動子 R_{p1} に対応して同定された受信信号を入力として、それらを加算して、観測点 P_{ij} に対する整相加算された音響線信号を生成する回路である。

【0076】

あるいは、さらに、各受信振動子 R_{p1} に対応して同定された受信信号に対し、図 6 に示すような受信振動子 R_{p1} に対する重み数列（受信アボダイゼーション）を乗じて加算して、観測点 P_{ij} に対する音響線信号を生成してもよい。重み数列は、検出波パルス送受信振動子列 R_x 内の受信振動子 R_{p1} に対応する受信信号に適用される重み係数の数列である。重み数列は、検出波パルス送受信振動子列 R_x の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるよう受信振動子 R_{p1} に対する重み数列として設定され、分布の中心軸は検出波パルス送受信振動子列中心軸 R_{xo} と一致し、分布は中心軸に対し対称な形状をなす。重み数列の分布の形状は、ハミング窓、ハニング窓、矩形窓などを用いることができ、分布の形状は特に限定されない。

【0077】

加算部 10832 は、送信イベントに対応して、関心領域 roi 内に存在する全ての観測点 P_{ij} について音響線信号を生成する。

【0078】

遅延処理部 10831 において検出波パルス送受信振動子列 R_x 内に位置する受信振動子 R_{p1} が検出した受波信号の位相を整えて加算部 10832 にて加算処理をすることにより、観測点 P_{ij} からの反射波に基づいて受信振動子 R_{p1} で受信した受信信号を重ね合わせてその信号 S/N 比を増加し、観測点 P_{ij} からの受信信号を抽出することができる。

【0079】

1 回の送信イベントに対応して、関心領域 roi 内に存在する全ての観測点 P_{ij} について生成された音響線信号を音響線信号フレームデータ ds_i とする。そして、送信イベントに同期して検出波パルスの送受信を繰り返し、全ての送信イベントに対する音響線信号フレームデータを生成することができる。

【0080】

送信イベントに同期して生成された音響線信号フレームデータ ds_i (i は 1 から送信イベントの回数 m までの自然数) は、データ格納部 111 に出力され保存される。

【0081】

10

20

30

40

50

3. 変位検出部 109

変位検出部 109 は、音響線信号フレームデータ ds_i のシーケンスから、関心領域 roi 内の組織の変位を検出する回路である。

【0082】

図 7 は、変位検出部 109、弾性率算出部 110 の構成を示す機能ブロック図である。変位検出部 109 は、音響線信号フレームデータ ds_i のシーケンスに含まれる変位検出の対象となる 1 フレームの音響線信号フレームデータ ds_i と、基準となる 1 フレームの音響線信号フレームデータ ds_0 (以下、「基準音響線信号フレームデータ ds_0 」と呼ぶ) とを、制御部 112 を介してデータ格納部 111 から取得する。基準音響線信号フレームデータ ds_0 とは、各送信イベントに対応する音響線信号フレームデータ ds_i におけるせん断波による変位を抽出するための基準となる信号であり、具体的には、プッシュパルス送出前に関心領域 roi から取得した音響線信号のフレームデータである。そして、変位検出部 109 は、音響線信号フレームデータ ds_i と基準音響線信号フレームデータ ds_0 との差分から、音響線信号フレームデータ ds_i の関心領域 roi 内の観測点 P_{ij} の変位 (画像情報の動き) を検出し、変位を観測点 P_{ij} の座標と関連付けて変位量フレームデータ pt_i を生成する。変位検出部 109 は、生成した変位量フレームデータ pt_i を、制御部 112 を介してデータ格納部 111 に出力する。

10

【0083】

4. 弾性率算出部 110

弾性率算出部 110 は、伝播解析部 1101、合成部 1102、サブシーケンス合成部 1103 とから構成される。

20

【0084】

4.1 伝播解析部 1101

伝播解析部 1101 は、 SSW サブシーケンスごとに、変位量フレームデータ pt_i のシーケンスから、複数回の検出波パルスのそれぞれに対応する時間軸上の複数時点におけるせん断波の波面位置を表した波面フレームデータ wf_i のシーケンスを生成し、複数の波面フレームデータ wf_i 間の波面位置の変化量とフレーム間の時間間隔とに基づき、関心領域 roi 内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率のフレームデータを算出する回路である。

【0085】

具体的には、伝播解析部 1101 は、変位量フレームデータ pt_i を、制御部 112 を介してデータ格納部 111 から取得する。伝播解析部 1101 は、変位量データ pt_i から、変位量データ pt_i を取得した各時刻における、せん断波の波面の位置、進行方向および速度を検出し、波面フレームデータ wf_i のシーケンスを生成する。伝播解析部 1101 は、波面フレームデータ wf_i のシーケンスが示すせん断波の波面の位置、進行方向および速度から、変位量フレームデータ pt_i の関心領域 roi 内の観測点 P_{ij} に対応する被検体組織の弾性率データを算出し、弾性率フレームデータ el_i のシーケンスを生成する。伝播解析部 1101 は、生成した波面フレームデータ wf_i と弾性率フレームデータ el_i とをデータ格納部 111 に、制御部 112 を介してそれぞれ出力する。

30

【0086】

4.2 合成部 1102

合成部 1102 は、 SSW サブシーケンスに含まれる複数の送信イベントに対応するせん断波の伝播速度、又は、弾性率フレームデータ el_i のシーケンスを合成して、 SSW サブシーケンスに対応する 1 フレームのせん断波の伝播速度、又は、 SSW サブシーケンス合成弾性率フレームデータ em_k を算出する。

40

【0087】

4.3 サブシーケンス合成部 1103

サブシーケンス合成部 1103 は、 SSW シーケンスに含まれる、 SSW サブシーケンスに対する複数フレームに係る、せん断波の伝播速度、又は、 SSW サブシーケンス合成弾性率フレームデータ em_k 弾性率を合成して、 SSW シーケンスに対応する 1 フレーム

50

のせん断波の伝播速度、又は、S W Sシーケンス合成弾性率フレームデータ e l m を算出する。

【 0 0 8 8 】

5 . その他の構成

データ格納部 1 1 1 は、生成された受波信号列 r f 、音響線信号フレームデータ d s i のシーケンス、変位量フレームデータ p t i のシーケンス、波面フレームデータ w f i のシーケンス、弾性率フレームデータ e l i のシーケンス、サブシーケンス合成弾性率フレームデータ e m k 、シーケンス合成弾性率フレームデータ e l m を逐次記録する記録媒体である。

【 0 0 8 9 】

制御部 1 1 2 は、操作入力部 1 0 2 からの指令に基づき、超音波診断装置 1 0 0 内の各ブロックを制御する。制御部 1 1 2 には C P U 等のプロセッサを用いることができる。

【 0 0 9 0 】

また、図示しないが、超音波診断装置 1 0 0 は、プッシュパルスを送信することなく、送信ビームフォーマ部 1 0 6 及び受信ビームフォーマ部 1 0 8 においてされた超音波の送受信に基づいて出力される音響線信号のうち、被検体の組織からの反射成分に基づき時系列に超音波画像 (B モード画像) を生成する B モード画像生成部を有する。 B モード画像生成部は、データ格納部 1 1 1 から音響線信号のフレームデータを入力して、音響線信号に対して包絡線検波、対数圧縮などの処理を実施してその強度に対応した輝度信号へと変換し、その輝度信号を直交座標系に座標変換を施すことで B モード画像のフレームデータを生成する。なお、 B モード画像生成のための音響線信号を取得するための送信ビームフォーマ部 1 0 6 及び受信ビームフォーマ部 1 0 8 における超音波の送受信には公知の方法を用いることができる。生成された B モード画像のフレームデータはデータ格納部 1 1 1 に出力され保存される。表示制御部 1 1 3 は B モード画像を表示画像として構成して表示部 1 1 4 に表示させる。

【 0 0 9 1 】

また、伝播解析部 1 1 0 1 は、弾性率フレームデータ e l i の示す弾性率に基づいて、色情報をマッピングした弾性画像を生成し表示する構成としてもよい。例えば、弾性率が一定値以上の座標は赤、弾性率が一定値未満の座標は緑、弾性率が取得できなかった座標は黒、というように色分けした弾性画像を生成してもよい。伝播解析部 1 1 0 1 は、生成した弾性率フレームデータ e l i と弾性画像とをデータ格納部 1 1 1 に出力し、制御部 1 1 2 は弾性画像を表示制御部 1 1 3 に出力する。さらに、表示制御部 1 1 3 は、弾性画像に対して画面表示用の画像データとなるよう幾何変換を行い、幾何変換後の弾性画像を表示部 1 1 4 に出力する構成としてもよい。

【 0 0 9 2 】

< 動作について >

以上の構成からなる超音波診断装置 1 0 0 の S W S シーケンスの動作について説明する。

【 0 0 9 3 】

1 . 動作の概要

図 8 は、超音波診断装置 1 0 0 における S W S シーケンスの工程の概要を示す概略図である。超音波診断装置 1 0 0 による組織の弾性率計測は、プッシュパルス p p 送信に基づく 1 回のせん断波励起に伴う S W S サブシーケンスを複数含む S W S シーケンスから構成される。図 8 に示すように、実施の形態 1 では、 S W S シーケンスは、 n 回の S W S サブシーケンスから構成されている。

【 0 0 9 4 】

S W S サブシーケンス (1 ~ n) は、プッシュパルス p p を集束させる特定部位をサブシーケンス毎に列方向に漸次移動させて被検体内の特定部位にプッシュパルス p p を送信してせん断波励起するプッシュパルス送信、関心領域 r o i に検出波パルス p w i の送受信を複数 (m) 回繰り返す検出波パルス送受信、せん断波伝搬解析を行いせん断波の伝播

10

20

30

40

50

速度と弾性率 e_{mk} ($k = 1 \sim n$) を算出する弾性率算出の工程から構成される。

【0095】

SWSシーケンスでは、複数回のSWSサブシーケンス ($1 \sim n$) が行われた後に、SWSサブシーケンスごとに算出された弾性率 e_{mk} を合成するサブシーケンス合成処理を行いSWSシーケンス合成弾性率 e_{lm} を算出する。

【0096】

2. SWSシーケンスの動作

以下、公知の方法に基づき被検体の組織からの反射成分に基づき組織が描画されたBモード画像が表示部114に表示された後の超音波弾性率計測処理の動作を説明する。

【0097】

なお、Bモード画像のフレームデータは、プッシュパルスを送信されることなく、送信ビームフォーマ部106及び受信ビームフォーマ部108においてされた超音波の送受信に基づいて被検体の組織からの反射成分に基づき時系列に音響線信号のフレームデータが生成され、音響線信号に対して包絡線検波、対数圧縮などの処理がされて輝度信号へと変換された後、輝度信号を直交座標系に座標変換して生成する。表示制御部113は被検体の組織が描画されたBモード画像を表示部114に表示させる。

【0098】

図9は、超音波診断装置100における超音波弾性率算出の動作を示すフローチャートである。図10は、超音波診断装置100におけるSWSサブシーケンスの工程の概要を示す概略図である。

【0099】

[ステップS100~S140]

ステップS100では、表示部114にプローブ101によりリアルタイムに取得された被検体の断層画像であるBモード画像が表示されている状態において、関心領域設定部103は、操作入力部102から操作者により指定された情報を入力として、被検体内の解析対象範囲をあらわす関心領域 roi をプローブ101の位置を基準に設定し、制御部112に出力する。

【0100】

操作者による関心領域 roi の指定は、例えば、表示部114にデータ格納部111に記録されている最新のBモード画像を表示し、タッチパネル、マウス、トラックボールなどの入力部(図示しない)を通して関心領域 roi を指定することによりされる。なお、関心領域 roi の指定方法はこの場合に限られず、例えば、Bモード画像の全域を関心領域 roi としてもよいし、あるいは、Bモード画像の中央部分を含む一定範囲を関心領域 roi としてもよい。また、関心領域 roi を指定する際に、断層画像を取得してもよい。

【0101】

ステップS110では、検出波パルス発生部105は、制御部112から関心領域 roi を示す情報を入力し、検出波パルスの送信焦点Fの位置と検出波パルス送信振動子列Txを、上述のとおり図4に示した方法により、関心領域 roi 外の位置に超音波ビームが集束し、超音波ビームが関心領域 roi 全体を通過するよう送信焦点Fを設定する。送信焦点Fの位置と、検出波パルス送信振動子列Txを示す情報は、検出波パルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部106に出力される。

【0102】

ステップS120では、プッシュパルス発生部104は、プッシュパルスの送信焦点Fの位置とプッシュパルス送信振動子列Pxを初期条件に設定する。プッシュパルス発生部104は、制御部112から関心領域 roi を示す情報を入力し、プッシュパルスの送信焦点Fの位置とプッシュパルス送信振動子列Pxを、上述のとおり、関心領域 roi 内の所定位置に超音波ビームが集束するように設定する。あるいは、関心領域 roi の近傍であって、せん断波が関心領域 roi へ到達可能な関心領域 roi 外の所定位置に送信焦点Fを設定してもよい。本例では、図3(b)に示すように、SWSシーケンス全体で複数

10

20

30

40

50

のプッシュパルスが発生させる。この場合、送信焦点Fの位置のうち、列方向送信焦点位置 $f \times 1$ 、 $f \times 2$ は、SWSサブシーケンスごとに関心領域roiの列方向に列方向に内分して分割される位置と一致する。第1回目のSWSサブシーケンスでは、列方向送信焦点位置 $f \times 1$ が採用される。深さ方向送信焦点位置 f_z は関心領域roi中心までの深さdと一致し、プッシュパルス送信振動子列Pxは複数の振動子101a全部としている。

【0103】

送信焦点Fの位置と、プッシュパルス送信振動子列Pxを示す情報は、プッシュパルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部106に出力される。

【0104】

ステップS130では、送信ビームフォーマ部106は、検出波パルス送信振動子列Txに含まれる振動子に被検体内の関心領域roiに検出波パルスpw0を送信させ、受信ビームフォーマ部108は、検出波パルスの反射波ecの受信を行い組織の変位の基準となる基準音響線信号フレームデータds0を生成する。基準音響線信号フレームデータds0はデータ格納部111に出力され保存される。音響線信号フレームデータについては後述する。

10

【0105】

ステップS140では、送信ビームフォーマ部106は、プッシュパルス送信振動子列Pxに含まれる振動子に被検体内の特定部位に集束するプッシュパルスppを送信させる。具体的には、送信ビームフォーマ部106は、プッシュパルス発生部104より取得した送信焦点Fの位置とプッシュパルス送信振動子列Pxを示す情報、プッシュパルスのパルス幅からなる送信制御信号に基づき送信プロファイルを生成する。送信プロファイルは、プッシュパルス送信振動子列Pxに含まれる各送信振動子に対するパルス信号spと遅延時間tp1からなる。そして、送信プロファイルに基づき各送信振動子に送信信号sc1を供給する。各送信振動子は被検体内の特定部位に集束するパルス状のプッシュパルスppを送信する。

20

【0106】

ここで、1回目のSWSサブシーケンスにおいて、プッシュパルスを送信する場合は、送信ビームフォーマ部106は、ステップS120で設定した送信制御信号に基づき初期送信プロファイルを生成する。2回目以降のSWSサブシーケンスにおいてプッシュパルスを送信する場合には、送信ビームフォーマ部106は、ステップS170で変更した送信制御信号に基づき送信プロファイルを生成する。

30

【0107】

ここで、プッシュパルスppによるせん断波の生成について、図11(a)から(e)の模式図を用いて説明する。図11(a)から(e)は、せん断波の発生と伝播の様子を示す模式図である。図11(a)は、関心領域roiに対応した被検体内領域の、プッシュパルス印加前における組織を示した模式図である。図11(a)から(e)において、個々の“○”は、関心領域roiにおける被検体内の組織の一部を、破線の交点は、負荷がない場合の組織“○”の中心位置を、それぞれ示している。

【0108】

ここで、プローブ101を皮膚表面600に密接させた状態で特定部位として送信焦点601に対してプッシュパルスppを印加すると、図11(b)の模式図に示すように、送信焦点601に位置していた組織632が、プッシュパルスppの進行方向に押されて移動する。また、組織632からプッシュパルスppの進行方向側にある組織633は、組織632に押されてプッシュパルスの進行方向に移動する。

40

【0109】

次に、プッシュパルスppの送信が終了すると、組織632、633が元の位置に復元しようとするので、図11(c)の模式図に示すように、組織631~633がプッシュパルスの進行方向に沿った振動を開始する。

【0110】

すると、図11(d)の模式図に示すように、振動が組織631~633に隣接する、

50

組織 6 2 1 ~ 6 2 3 および組織 6 4 1 ~ 6 4 3 に伝播する。

【 0 1 1 1 】

さらに、図 1 1 (e) の模式図に示すように、振動がさらに組織 6 1 1 ~ 6 6 3 および組織 6 5 1 ~ 6 5 3 に伝播する。したがって、被検体内において、振動が振動の方向と直交する向きに伝播する。すなわち、せん断波がプッシュパルス p p の印加場所に発生し、被検体内を伝播する。

【 0 1 1 2 】

[ステップ S 1 5 0]

図 9 に戻って説明を続ける。

【 0 1 1 3 】

ステップ S 1 5 0 では、関心領域 r o i に検出波パルス p w i を複数回送受信し、取得した音響線信号フレームデータ d s i のシーケンスを保存する。具体的には、送信ビームフォーマ部 1 0 6 は、検出波パルス送信振動子列 T x に含まれる振動子に被検体内の関心領域 r o i に検出波パルス p w i を送信させ、受信ビームフォーマ部 1 0 8 は、検出波パルス受信振動子列 R x に含まれる振動子により受信した検出波パルスの反射波 e c に基づき音響線信号フレームデータ d s i を生成する。プッシュパルス p p の送信終了の直後から、例えば、秒間 1 万回、上記処理を繰り返し行う。これにより、せん断波の発生直後から伝播が終わるまでの間、被検体の関心領域 r o i 内の音響線信号フレームデータ d s i 断層画像を繰り返し生成する。生成された音響線信号フレームデータ d s i のシーケンスはデータ格納部 1 1 1 に出力され保存される。

10

20

【 0 1 1 4 】

ステップ S 1 5 0 における、音響線信号フレームデータ d s i の生成方法の詳細は後述する。

【 0 1 1 5 】

[ステップ S 1 5 1]

ステップ S 1 5 1 では、変位検出部 1 0 9 は、各送信イベントにおける関心領域 r o i 内の観測点 p i j の変位を検出する。

【 0 1 1 6 】

具体的には、変位検出部 1 0 9 は、ステップ S 1 3 0 でデータ格納部 1 1 1 に保存された基準音響線信号フレームデータ d s 0 を取得する。上述したように、基準音響線信号フレームデータ d s 0 は、プッシュパルス p p の送出前、すなわち、せん断波の発生前に取得された音響線信号フレームデータ d s i である。

30

【 0 1 1 7 】

次に、変位検出部 1 0 9 は、ステップ S 1 5 0 でデータ格納部 1 1 1 に保存された各音響線信号フレームデータ d s i に対し、基準音響線信号フレームデータ d s 0 との差分から、当該音響線信号フレームデータ d s i が取得された時刻における、各画素の変位を検出する。具体的には、例えば、音響線信号フレームデータ d s i を 8 ピクセル × 8 ピクセルなどの所定の大きさの領域に分割し、各領域と基準音響線信号フレームデータ d s 0 とをパターンマッチングすることで、音響線信号フレームデータ d s i の各画素の変位を検出する。

40

【 0 1 1 8 】

パターンマッチングの方法としては、例えば、各領域と基準音響線信号フレームデータ d s 0 内の同サイズの基準領域との間で、対応する画素毎に輝度値の差分を算出してその絶対値の合計値を算出し、その合計値が最も小さくなる領域と基準領域との組み合わせについて、領域と基準領域とが同一の領域であるものとし、領域の基準点（例えば、左上の角）と基準領域の基準点との距離を変位として検出する方法を用いることができる。

【 0 1 1 9 】

なお、領域のサイズは 8 ピクセル × 8 ピクセル以外であってもよいし、輝度値の差分の絶対値の合計値に替えて、例えば、輝度値の差分の 2 乗の合計値を用いてもよい。また、変位として、領域の基準点と基準領域の基準点との y 座標の差（深さの差）を算出しても

50

よい。これにより、各音響線信号フレームデータ $d s i$ の各観測点 $P i j$ に対応する被検体の組織が、プッシュパルスまたはせん断波によってどれだけ動いたかが変位として算出される。

【 0 1 2 0 】

なお、変位の検出方法はパターンマッチングに限られず、例えば、音響線信号フレームデータ $d s i$ と基準音響線信号フレームデータ $d s 0$ との相関処理など、2つの音響線信号フレームデータ $d s i$ 間の動き量を検出する任意の技術を用いてもよい。変位検出部 109 は、1フレームの音響線信号フレームデータ $d s i$ に係る各観測点の変位を当該観測点の座標と対応付けることで各フレームデータの変位を生成し、生成した変位量フレームデータ $p t i$ のシーケンスをデータ格納部 111 に出力する。

10

【 0 1 2 1 】

[ステップ S 1 5 2]

ステップ S 1 5 2 では、伝播解析部 1101 は、各送信イベントにおける関心領域 $r o i$ 内の観測点 $p i j$ の変位量フレームデータ $p t i$ から波面を検出する。

【 0 1 2 2 】

詳しくは、図 12 のフローチャートを用いて説明する。図 12 は、せん断波の伝播解析の動作を示すフローチャートである。図 13 (a) から (f) は、せん断波の伝播解析の動作を示す模式図である。

【 0 1 2 3 】

まず、データ格納部 111 から送信イベントに対応した各観測点 $P i j$ の変位量フレームデータ $p t i$ を取得する (ステップ S 1 5 2 1) 。

20

【 0 1 2 4 】

次に、変位が相対的に大きい変位領域を抽出する (ステップ S 1 5 2 2) 。伝播解析部 1101 は、変位量フレームデータ $p t i$ から変位が所定の閾値より大きい変位領域を抽出する。

【 0 1 2 5 】

以下、図 13 の模式図を用いて説明する。

【 0 1 2 6 】

図 13 (a) は、変位量フレームデータが表す変位画像の一例を示している。図 11 と同じく、図中の “ o ” は関心領域 $r o i$ における被検体内の組織の一部を示しており、プッシュパルスを印加する前の位置は破線の交点である。また、 x 軸はプローブ 101 における振動子の列方向、 y 軸は、被検体の深さ方向である。伝播解析部 1101 は、 y 座標ごとに変位量 δ を座標 x の関数として、動的閾値を用いることで変位量 δ が大きい領域を抽出する。また、 x 座標ごとに変位量 δ を座標 y の関数として、動的閾値を用いて、ある閾値を超える領域を変位量 δ が大きい領域として抽出する。動的閾値とは、対象領域内について信号解析又は画像解析を行って閾値を決定することである。閾値は一定値ではなく、対象領域の信号の幅や最大値などによって異なる値となる。図 13 (a) に、 $y = y_1$ の直線 710 上における変位量をプロットしたグラフ 711 と、 $x = x_1$ の直線 720 上における変位量をプロットしたグラフ 721 とを示す。これにより、例えば、変位量 δ が閾値より大きな変位領域 730 が抽出できる。

30

40

【 0 1 2 7 】

次に、伝播解析部 1101 は、変位領域に細線化処理をおこなって波面を抽出する (ステップ S 1 5 2 3) 。図 13 (b) の模式図に示している変位領域 740、750 は、それぞれ、ステップ S 1 5 2 2 において変位領域 730 として抽出された領域である。伝播解析部 1101 は、例えば、H i l d i t c h の細線化アルゴリズムを用いて、波面を抽出する。例えば、図 13 (b) の模式図において、変位領域 740 から波面 741 が、変位領域 750 から波面 751 が、それぞれ抽出される。なお、細線化のアルゴリズムは H i l d i t c h に限らず、任意の細線化アルゴリズムを用いてよい。また、各変位領域に対して、変位量 δ が閾値以下の座標を変位領域から取り除く処理を、変位領域が幅 1 ピクセルの線になるまで、閾値を大きくしながら繰り返し行ってもよい。伝播解析部 1101

50

は、抽出した波面を波面フレームデータ $w f i$ としてデータ格納部 111 に出力する。

【0128】

次に、伝播解析部 1101 は、波面フレームデータ $w f i$ に対して空間フィルタリングを行い、長さが短い波面を除去する（ステップ S1524）。例えば、ステップ S1523 で抽出した各波面の長さを検出し、全ての波面の長さの平均値の $1/2$ よりも長さが短い波面を、ノイズとして削除する。具体的には、図 13（c）の波面画像に示すように、波面 761 ~ 764 の長さの平均値を算出し、それよりも短い波面 763、764 を、ノイズとして消去する。これにより、誤検出された波面を消去できる。

【0129】

伝播解析部 1101 は、ステップ S1521 ~ S1524 の動作を、全ての変位量フレームデータ $p t i$ に対して行う（ステップ S1525）。これにより、変位量フレームデータ $p t i$ に対して 1 対 1 で波面フレームデータ $w f i$ が生成される。

【0130】

次に、伝播解析部 1101 は、複数の波面フレームデータ $w f i$ に対して時間フィルタリングを行い、伝播していない波面を除去する（ステップ S1526）。具体的には、時間的に連続する 2 以上の波面フレームデータ $w f i$ において、波面位置の時間変化を検出し、速度が異常である波面をノイズとして除去する。

【0131】

伝播解析部 1101 は、例えば、時刻 $t = t_1$ の波面画像 770、時刻 $t = t_1 + \Delta t$ の波面画像 780、時刻 $t = t_1 + 2\Delta t$ の波面画像 790 との間で、波面位置の時間変化を検出する。例えば、波面 771 に対して、波面画像 780 のうち、波面 771 と同じ位置を中心に、波面と垂直な向き（図 13 においては x 軸方向）に Δt の間にせん断波が移動しうる領域 776 で、波面 771 との相関処理を行う。このとき、波面 771 の x 軸の正方向（図の右側）と負方向（図の左側）の双方を含む範囲内で相関処理を行う。これは、透過波と反射波の両方を検出するためである。これにより、波面 771 の移動先が波面画像 780 内の波面 781 であると検出し、時間 Δt における波面 771 の移動距離を算出する。同様に、波面 772、773 のそれぞれについて、波面画像 780 において当該波面と同じ位置を中心に、波面と垂直な向きに Δt の間にせん断波が移動しうる領域で相関処理を行う。これにより、波面 772 が波面 783 の位置に、波面 773 が波面 782 の位置に、それぞれ移動したことを検出する。

【0132】

波面画像 780 と波面画像 790 との間でも同様の処理を行い、波面 781 が波面 791 の位置に、波面 782 が波面 797 の位置に、波面 783 が波面 793 の位置に、それぞれ移動したことを検出する。ここで、波面 773、波面 782、波面 792 で示される 1 の波面については、他の波面と比べて移動距離が著しく小さい（伝播速度が著しく遅い）。このような波面は誤検知である可能性が高いので、ノイズとして消去する。これにより、図 13（e）の波面フレームデータ 300 に示すように、波面 801、802 が検出できる。

【0133】

これらの動作により、時刻ごとの波面フレームデータ $w f i$ のシーケンスが生成できる。伝播解析部 1101 は、生成した複数の波面フレームデータ $w f i$ のシーケンスをデータ格納部 111 に出力する。このとき、生成した複数の波面の対応情報もデータ格納部 111 へ出力してもよい。波面の対応情報とは、同一の波面が各波面画像のどの波面に対応するかを示した情報であり、例えば、波面 772 が波面 783 の位置に移動したことが検出された場合、波面 783 と波面 772 とが同一の波面であるという情報である。

【0134】

次に、伝播解析部 1101 は、弾性率フレームデータ $e l i$ のシーケンスを生成する（ステップ S1527）。具体的には、時刻ごとの波面フレームデータ $w f i$ と、波面の対応情報とから、各時刻における波面の位置、速度を検出する。さらに、波面フレームデータ $w f i$ と断層画像との関係から、断層画像の各画素について複数の波面フレームデータ

10

20

30

40

50

w f iにおけるせん断波の最大速度から弾性率を算出し、断層画像の各画素と弾性率とを対応付けて弾性率フレームデータ e l iのシーケンスを生成する。

【 0 1 3 5 】

図 1 3 (e)を用いて弾性率フレームデータ e l iの生成について説明する。図 1 3 (e)は、ある時刻 tにおける波面フレームデータ w f iと、時刻 t + Δ tにおける波面フレームデータ w f iを1つの波面フレームデータ 8 1 0として合成したものである。ここで、時刻 tにおける波面 8 1 1と、時刻 t + Δ tにおける波面 8 1 2とが同一の波面であるとする対応情報が存在するものとする。伝播解析部 1 1 0 1は、対応情報から、波面 8 1 1上の座標 (x_t、 y_t)に対応する波面 8 1 2上の座標 (x_{t+Δt}、 y_{t+Δt})を検出する。これにより、時刻 tに座標 (x_t、 y_t)を通過したせん断波が、時刻 t + Δ tに座標 (x_{t+Δt}、 y_{t+Δt})に到達していると推定できる。したがって、座標 (x_t、 y_t)を通過したせん断波の速度 v (x_t、 y_t)は、座標 (x_t、 y_t)と座標 (x_{t+Δt}、 y_{t+Δt})との間の距離 mを所要時間 Δ tで割った値と推定できる。すなわち、

$$v(x_t, y_t) = m / \Delta t = \sqrt{\{(x_{t+\Delta t} - x_t)^2 + (y_{t+\Delta t} - y_t)^2\}} / \Delta t$$

となる。伝播解析部 1 1 0 1は、全ての波面に対して上述の処理を行い、波面が通過した全座標についてせん断波の速度を取得し、せん断波の速度を基に、各座標における弾性率を算出する。弾性率は、せん断波の速度の 2 乗に比例し、

$$e l(x_t, y_t) = K \times v(x_t, y_t)^2$$

に基づき算出される。Kは定数であり人体の組織では約 3 となる、以上によりせん断波伝播解析を終了する。

【 0 1 3 6 】

[ステップ S 1 5 3 ~ S 1 9 0]

図 9 に戻って説明を続ける。伝播解析部 1 1 0 1は、生成した弾性率フレームデータ e l iのシーケンスをデータ格納部 1 1 1に出力し保存する(ステップ S 1 5 3)。規定されている全ての送信イベントについてステップ S 1 5 1 ~ S 1 5 3の処理が完了したか否かを判定し(ステップ S 1 5 4)、完了していない場合にはステップ S 1 5 1に戻り、次の検出波パルスの送信イベントについて処理を行い、完了している場合にはステップ S 1 5 5に進む。

【 0 1 3 7 】

次に、合成部 1 1 0 2は、S W Sサブシーケンスに含まれる複数の送信イベントに対応するせん断波の弾性率フレームデータ e l iを観測点 P i jを基準に合成して、S W Sサブシーケンスに対応するS W Sサブシーケンス合成弾性率フレームデータ e m kを算出し(ステップ S 1 5 5)、データ格納部 1 1 1に保存し(ステップ S 1 5 6)、ステップ S 1 6 0に進む。同時に又は替わりに、S W Sサブシーケンスに対応するS W Sサブシーケンス合成せん断波伝播速度のフレームデータを算出してもよい。

【 0 1 3 8 】

ステップ S 1 6 0では、規定されている全てのプッシュパルスについてステップ S 1 3 0 ~ S 1 5 3の処理が完了したか否かを判定する(ステップ S 1 6 0)。完了していない場合にはステップ S 1 7 0に進む。

【 0 1 3 9 】

ステップ S 1 7 0では、プッシュパルス発生部 1 0 4は、プッシュパルスの送信焦点 F の位置とプッシュパルス送信振動子列 P xを変更する。本例では、図 8 にて上述したとおり、S W Sシーケンス全体で複数 (n 回) のプッシュパルスを発生させる構成としている。このとき、送信焦点 F の位置のうち、送信焦点 F の列方向送信焦点位置 f x は、図 3 (b)に示すように、S W Sサブシーケンスごとに関心領域 r o i の列方向に列方向に内分して分割される位置と一致する構成とし、S W Sシーケンス全体で複数のプッシュパルスを発生させる構成としている。例えば、図 3 (b)に示すように、n が 2 である場合の第 2 回目の S W Sサブシーケンスでは、列方向送信焦点位置 f x は、図 3 (b)における f x 2 が採用される。深さ方向送信焦点位置 f z は関心領域 r o i 中心までの深さ d と一致する構成とし、プッシュパルス送信振動子列 P x は複数の振動子 1 0 1 a 全部としている

。

【0140】

送信焦点Fの位置と、プッシュパルス送信振動子列 P_x を示す情報は、プッシュパルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部106に出力され、ステップS130に進む。

【0141】

ステップS160にて、規定されている全てのプッシュパルスについての処理が完了していると判断した場合にはステップS180に進む。

【0142】

ステップS180では、サブシーケンス合成部1103は、SWSシーケンスに含まれる、SWSサブシーケンスに対するSWSサブシーケンス合成弾性率フレームデータ e_{mk} を観測点 P_{ij} を基準に合成して、SWSシーケンスに対応するSWSシーケンス合成弾性率フレームデータ e_{lm} を算出し(ステップS180)、データ格納部111に保存する(ステップS190)。同時に又は替わりに、SWSシーケンスに対応するSWSシーケンス合成せん断波伝播速度のフレームデータを算出してもよい。

10

【0143】

以上により、図9に示したSWSシーケンスの処理が終了する。以上の超音波弾性率計測処理により、SWSシーケンス合成弾性率フレームデータ e_{lm} を算出することができる。

【0144】

20

3. ステップS150における処理の詳細について

ステップS150における、受信ビームフォーミングによる音響線信号フレームデータ d_{si} の生成処理の詳細について、説明する。

【0145】

図14は、受信ビームフォーマ部108のビームフォーミングの動作を示すフローチャートである。

【0146】

先ず、ステップS15001において、送信ビームフォーマ部106は、プローブ101に存する複数の振動子101a中検出波パルス送信振動子列 T_x に含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるための送信信号を供給する送信処理(送信イベント)を行う。

30

【0147】

次に、ステップS15002において、受信ビームフォーマ部108は、プローブ101での超音波反射波の受信から得た電気信号に基づき受波信号を生成しデータ格納部111に出力し、データ格納部111に受波信号を保存する。規定されている全ての送信イベントの回数について超音波送信が完了したか否かを判定する(ステップS15003)。そして、完了していない場合にはステップS15001に戻り、検出波パルス送信振動子列 T_x からの送信イベントを行い、完了している場合にはステップS15004に進む。

【0148】

次に、ステップS15004において、制御部112は、送信イベントに対応して列中心が検出波パルス送信振動子列 T_x の列中心と合致し、検出波パルス送信振動子列 T_x に含まれる振動子を少なくとも含む受信振動子 R_{pl} を選択して検出波パルス受信振動子列 R_x を設定する。

40

【0149】

次に、関心領域 roi 内の観測点 P_{ij} の位置を示す座標 ij を最小値に初期化し(ステップS15005、S15006)、観測点 P_{ij} について音響線信号を生成する(ステップS15007)。ステップS15007における処理の詳細については後述する。

【0150】

次に、座標 ij をインクリメントしてステップS15007を繰り返すことにより、関心領域 roi 内の座標 ij に位置する全ての観測点 P_{ij} (図16中の「・」)について音響線信号が生成される。関心領域 roi 内に存在する全ての観測点 P_{ij} について音響

50

線信号の生成を完了したか否かを判定し(ステップS15008、S15010)、完了していない場合には座標 i, j をインクリメント(ステップS15009、S15011)して、観測点 P_{ij} について音響線信号を生成し(ステップS15007)、完了した場合にはステップS15012に進む。この段階では、1回の送信イベントに伴う関心領域 roi 内に存在する全ての観測点 P_{ij} についての音響線信号フレームデータ ds_i が生成され、データ格納部111に出力され保存されている。

【0151】

次に、全ての送信イベントについて、検出波パルスについて音響線信号の生成が終了したか否かを判定し(ステップS15013)、終了していない場合には、ステップS15005に戻り、次の送信イベントでの検出波パルスに基づく音響線信号の生成を行い(ステップS15005～S15012)、終了している場合には処理を終了する。

10

【0152】

以上により、図9におけるステップS150の処理を終了する。

【0153】

4. ステップS15007における処理の詳細について

次に、ステップS15007における、観測点 P_{ij} について音響線信号を生成処理の動作について説明する。図15は、受信ビームフォーマ部108における観測点 P_{ij} についての音響線信号生成動作を示すフローチャートである。図16は、受信ビームフォーマ部108における観測点 P_{ij} についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

20

【0154】

まず、ステップS150071において、遅延処理部10831は、関心領域 roi 内に存在する任意の観測点 P_{ij} について、送信された超音波が被検体中の観測点 P_{ij} に到達する送信時間を算出する。送信時間は、上述のとおり、検出波パルス受信振動子列 R_x 内の受信振動子 R_{p1} から観測点 P_i までの送信経路404を、検出波パルス受信振動子列 R_x の列中心から送信焦点 F までの第1経路401と、送信焦点 F から観測点 P_{ij} までの第2経路402との差分($401 - 402$)として算出し、送信経路の長さを超音波の音速 c_s で除することにより算出できる。

【0155】

次に検出波パルス受信振動子列 R_x から求められる検出波パルス受信振動子列 R_x 内の受信振動子 R_{p1} の識別番号 l を検出波パルス受信振動子列 R_x 内の最小値に初期化し(ステップS150072)、送信された超音波が被検体中の観測点 P_{ij} で反射され検出波パルス受信振動子列 R_x の受信振動子 R_{p1} に到達する受信時間を算出する(ステップS150073)。受信時間は、幾何学的に定まる観測点 P_{ij} から受信振動子 R_{p1} までの経路403の長さを超音波の音速 c_s で除することにより算出できる。さらに、送信時間と受信時間の合計から、検出波パルス送信振動子列 T_x から送信された超音波が観測点 P_{ij} で反射して受信振動子 R_{p1} に到達するまでの総伝播時間を算出し(ステップS150074)、検出波パルス受信振動子列 R_x 内の各受信振動子 R_{p1} に対する総伝播時間の差異により、各受信振動子 R_{p1} に対する遅延量を算出する(ステップS150075)。

30

40

【0156】

検出波パルス受信振動子列 R_x 内に存在する全ての受信振動子 R_{p1} について遅延量の算出を完了したか否かを判定し(ステップS150076)、完了していない場合には座標 l をインクリメント(ステップS150077)して、更に受信振動子 R_{p1} について遅延量の算出し(ステップS150073)、完了している場合にはステップS150078に進む。この段階では、検出波パルス受信振動子列 R_x 内に存在する全ての受信振動子 R_{p1} について観測点 P_{ij} からの反射波到達の遅延量が算出されている。

【0157】

ステップS150078において、遅延処理部10831は、検出波パルス受信振動子列 R_x 内の受信振動子 R_{p1} に対応する受波信号の列から、各受信振動子 R_{p1} に対する

50

遅延量を差引いた時間に対応する受波信号を観測点 P_{ij} からの反射波に基づく受波信号として同定する。

【0158】

次に、重み算出部（不図示）は、検出波パルス受信振動子列 R_x の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるよう各受信振動子 R_{p1} に対する重み数列を算出する（ステップ S_{150079} ）。加算部 10832 は、各受信振動子 R_{p1} に対応して同定された受波信号に、各受信振動子 R_{p1} に対する重みを乗じて加算して、観測点 P_{ij} に対する音響線信号を生成し（ステップ S_{150170} ）、生成された観測点 P_{ij} に対する音響線信号はデータ格納部 111 に出力され保存される（ステップ S_{150171} ）。

10

【0159】

以上により、図14におけるステップ S_{15007} の処理を終了する。

【0160】

< 評価試験 >

1. 検出波パルス送受信より得られる音響線信号の音圧について

超音波診断装置 100 に係る検出波パルス送受信より生成される音響線信号の音圧について評価を行った。

【0161】

図17は、検出波パルスに基づき生成した音響線信号の最大音圧を示すシミュレーション画像であり、(a)は検出波パルスに平面波パルスを用いた比較例に係る画像、(b)は超音波診断装置 100 に係る検出波パルスに焦点波を用いた実施例にかかる画像である。図18は、図17における関心領域 roi 中心軸 A 上の音響線信号の最大音圧を示す結果であり、破線は比較例、実線は超音波診断装置 100 の実施例に係る結果である。図17及び図18に示すように、被検体深さ約 5 mm 以上において、音響線信号の最大音圧は、検出波パルスに焦点波を用いた実施例が、検出波パルスに平面波を用いた比較例よりも最大で約 1.5 倍の範囲で上回っていることがわかる。これは、焦点波を用いた実施例が平面波を用いた比較例よりも、関心領域 roi 内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度が照射面積に反比例して高いためであると考えられる。係る音響線信号フレームデータに基づき算出される弾性率フレームデータ、 $SW S$ サブシーケンス合成弾性率フレームデータ、 $SW S$ シーケンス合成弾性率フレームデータは、実施例が比較例よりも S/N が高い結果が得られる。

20

30

【0162】

< 効果 >

以上、説明したように本実施の形態1に係る超音波診断装置 100 によれば、被検体に特定部位を設定し、複数の振動子 $101a$ にプッシュパルス pp を送信させるプッシュパルス発生部 104 と、プッシュパルス pp に続き、被検体中の関心領域 roi 外に集束し関心領域 roi を通過する検出波パルス pw_i を複数回送信させる検出波パルス発生部 105 と、複数回の検出波パルス pw_i の各々に対応して関心領域 roi 内の複数の観測点 P_{ij} に対する音響線信号を生成して、音響線信号フレームデータ ds_i のシーケンスから関心領域 roi 内の組織の変位を検出する変位検出部 109 と、せん断波の波面位置を表した波面フレームデータ wf_i のシーケンスを生成し、これに基づき関心領域 roi 内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率のフレームデータ em_k を算出する弾性率算出部 110 とを備えた構成を採る。

40

【0163】

係る構成により、超音波弾性率計測において、信号取得時間分解能と弾性画像生成のための信号 S/N とを、検出波パルスに平面波を用いた従来よりも改善することができる。

【0164】

$SW S$ シーケンスによる超音波弾性率計測では、信号 S/N を向上するために、通常、弾性率を計測したい部位を含む関心領域をプッシュパルスの送焦点の近傍又はその周囲に設定する。実施の形態に係る構成では、被検体中の関心領域 roi 外に集束し関心領域 r

50

o i を通過する検出波パルス $p w i$ を送信させ反射検出波を受信する構成を採ることにより、弾性率を計測したい部位を含む関心領域に対して過不足なく検出波パルスを照射して受信とそれに基づく弾性率の算出を行うことができる。これにより、関心領域内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度を増加することができ、得られる信号取得時間分解能と弾性画像生成のための信号 S / N とを改善することができる。また、1回の送信イベントに伴う弾性率算出までの処理負担を軽減することができ、信号取得時間分解能を向上することができる。

【0165】

実施の形態2

実施の形態1に係る超音波診断装置100では、図4に示すように、検出波パルス発生部105は、検出波パルス送信振動子列 $T x$ は複数の振動子101a全部とし、送信焦点 F の位置のうち、列方向送信焦点位置 $f x$ を関心領域 $r o i$ の列方向中心位置と一致させ、深さ方向送信焦点位置 $f z 1$ を超音波ビームが関心領域 $r o i$ 全体を通過するように設定し、複数の振動子101aに検出波パルスを送信させる構成とした。また、図8に示すように、 $S W S$ シーケンスを構成する全ての $S W S$ サブシーケンス(1~n)において、送信焦点 F の位置及び検出波パルス送信振動子列 $T x$ は変化しない構成とした。

【0166】

しかしながら、検出波パルスの構成は、被検体中の関心領域 $r o i$ 外の位置にある送信焦点 F に超音波ビームが集束し、超音波ビームが関心領域 $r o i$ を通過するように構成されていればよく、送信焦点 F の位置及び検出波パルス送信振動子列 $T x$ の構成は上記構成に限られなく適宜変更してもよい。

【0167】

実施の形態2に係る超音波診断装置100Aでは、プッシュパルス $p p$ 集束部位をの暫動に伴ってサブシーケンス毎に列方向に検出波パルス $p w i$ の送信位置を列方向に漸次移動させて関心領域 $r o i$ の一部領域対し検出波パルス $p w i$ の送受信を複数回繰り返し、サブシーケンスごとに関心領域 $r o i$ の一部領域について算出された弾性率 $e m k$ ($k = 1 \sim n$) を合成して関心領域 $r o i$ 全体に対する $S W S$ シーケンス合成弾性率 $e l m$ を算出する点で実施の形態1と相違する。

【0168】

以下、超音波診断装置100Aについて説明する。

【0169】

<構成>

超音波診断装置100Aでは、検出波パルス発生部105において発生する検出波パルスの構成が実施の形態1の構成と相違するため、超音波診断装置100Aに係る検出波パルスの構成について説明する。検出波パルス以外の構成については、超音波診断装置100と同じであり説明は省略する。

【0170】

図19は、実施の形態2に係る超音波診断装置100Aにおける検出波パルス発生部105で発生させる検出波パルスの構成概要を示す模式図である。図19に示すように、超音波診断装置100Aでは、検出波パルス発生部105は、検出波パルスの深さ方向送信焦点位置は、超音波ビームが関心領域 $r o i$ 外であって関心領域 $r o i$ よりも深い位置にある送信焦点 F にて集束し、かつ、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 $r o i$ 一部を通過するような深さ $f z 2$ としている。また、検出波パルス送信振動子列 $T x$ は複数の振動子101a一部としている。また、送信焦点 F の位置のうち、列方向送信焦点位置 $f x$ は、超音波ビームが関心領域 $r o i$ と少なくとも一部において重なるように設定されていればよい。

【0171】

図20は、超音波診断装置100Aにおける複数の $S W S$ サブシーケンスから構成される $S W S$ シーケンスの工程の概要を示す概略図である。超音波診断装置100Aによる組織の弾性率計測は、1回の $S W S$ サブシーケンスは複数(n回)含む $S W S$ シーケンスか

10

20

30

40

50

ら構成される。

【0172】

SWSサブシーケンス(1~n)は、プッシュパルスppを集束させる特定部位をサブシーケンス毎に列方向に漸次移動させて被検体内にプッシュパルスppを送信してせん断波励起するプッシュパルス送信、プッシュパルスpp同様にサブシーケンス毎に列方向に送信位置を漸次移動させて関心領域roiの一部領域対し検出波パルスpw_iの送受信を複数回繰り返す検出波パルス送受信、関心領域roiの一部領域についてせん断波伝搬解析を行いせん断波の伝播速度と弾性率フレームデータem_k(k=1~n)を算出する弾性率算出の工程から構成される。

【0173】

SWSシーケンスでは、数回のSWSサブシーケンス(1~n)が行われた後に、SWSサブシーケンスごとに関心領域roiの一部領域について算出された弾性率フレームデータem_kを合成するサブシーケンス合成処理を行い関心領域roi全体に対するSWSシーケンス合成弾性率フレームデータelmを算出する。

【0174】

図21は、超音波診断装置100Aにおける受信ビームフォーミング方法の概要を示す模式図である。超音波診断装置100Aでは、サブシーケンス合成部1103は、複数のSWSサブシーケンスに対応する関心領域roiの一部領域について算出されたせん断波のサブシーケンス合成弾性率フレームデータem_kを、観測点P_{ij}の位置を指標として加算することにより、SWSシーケンスに対応する関心領域roi全体に対するSWSシーケンス合成弾性率フレームデータem_kを算出する。

【0175】

<動作>

超音波診断装置100AのSWSシーケンスの動作について説明する。

【0176】

図22は、超音波診断装置100Aにおける超音波弾性率算出の動作を示すフローチャートである。図9における超音波診断装置100と同じ処理には同一の番号を付し概要のみ説明し、異なる処理を含むステップの異なる処理についてのみ説明する。

【0177】

ステップS100では、関心領域設定部103は、操作者により指定された情報を入力として、関心領域roiをプローブ101の位置を基準に設定し、制御部112に出力する。

【0178】

ステップS210では、検出波パルス発生部105は、制御部112から関心領域roiを示す情報を入力し、検出波パルスの送信焦点Fの位置と検出波パルス送信振動子列Txを、上述のとおり図19に示した方法により、関心領域roi外の位置に超音波ビームが集束し、超音波ビームが関心領域roiの一部領域を通過するよう送信焦点Fを設定する。送信焦点Fの位置と、検出波パルス送信振動子列Txを示す情報は、検出波パルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部106に出力される。

【0179】

ステップS120では、プッシュパルス発生部104は、プッシュパルスの送信焦点Fの位置とプッシュパルス送信振動子列Pxを初期条件に設定され、プッシュパルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部106に出力される。

【0180】

ステップS230では、送信ビームフォーマ部106は、検出波パルス送信振動子列Txに含まれる振動子に被検体内の関心領域roiの一部領域に検出波パルスpw₀を送信させ、受信ビームフォーマ部108は、関心領域roiの一部領域に対して組織の変位の基準となる基準音響線信号フレームデータds₀を生成する。基準音響線信号フレームデータds₀はデータ格納部111に出力され保存される。

【0181】

10

20

30

40

50

ステップS 1 4 0では、送信ビームフォーマ部 1 0 6は、プッシュパルス送信振動子列 P xに含まれる振動子にプッシュパルス p pを送信させる。このとき、送信ビームフォーマ部 1 0 6は、ステップS 1 2 0で設定した送信制御信号に基づき初期の送信プロファイルを生成し、2回目以降のプッシュパルスを送信する場合には、ステップS 1 7 0で変更した送信制御信号に基づき送信プロファイルを生成する。

【0 1 8 2】

ステップS 2 5 0では、関心領域 r o iの一部領域に向けて検出波パルス p w iを複数回送受信し、取得した音響線信号フレームデータ d s iのシーケンスを保存する。音響線信号フレームデータ d s iのシーケンスの生成方法は図 1 4、1 5に示した実施の形態 1と同じである。

10

【0 1 8 3】

ステップS 2 5 1では、変位検出部 1 0 9は、各送信イベントにおける関心領域 r o iの一部領域内の観測点 p i jの変位を検出する。変位量フレームデータ p t iのシーケンスの生成方法の詳細は実施の形態 1と同じである。

【0 1 8 4】

ステップS 2 5 2では、伝播解析部 1 1 0 1は、各送信イベントにおける関心領域 r o iの一部領域内の観測点 p i jの変位量フレームデータ p t iのシーケンスから波面を検出し、これをもとに関心領域 r o iの一部領域について弾性率フレームデータ e l iのシーケンスを生成し、データ格納部 1 1 1に出力し保存する(ステップS 1 5 3)。弾性率フレームデータ e l iのシーケンスの生成方法の詳細は図 1 2に示した実施の形態 1と同じである。

20

【0 1 8 5】

規定されている全ての送信イベントについてステップS 2 5 1~S 2 5 3の処理が完了したか否かを判定し(ステップS 2 5 4)、完了していない場合にはステップS 2 5 1に戻り、次の検出波パルスの送信イベントについて処理を行い、完了している場合にはステップS 2 5 5に進む。

【0 1 8 6】

次に、合成部 1 1 0 2は、S W Sサブシーケンスに含まれる複数の送信イベントに対応して生成した関心領域 r o iの一部領域についてのせん断波の弾性率フレームデータ e l iのシーケンスを観測点 P i jを基準に合成して、S W Sサブシーケンスに対応するS W Sサブシーケンス合成弾性率フレームデータ e m kを算出し(ステップS 2 5 5)、データ格納部 1 1 1に保存し(ステップS 2 5 6)、ステップS 2 6 0に進む。

30

【0 1 8 7】

ステップS 2 6 0では、規定されている全てのプッシュパルスについてステップS 1 3 0~S 2 5 3の処理が完了したか否かを判定し(ステップS 2 6 0)、完了していない場合にはステップS 1 7 0に進む。

【0 1 8 8】

ステップS 1 7 0では、プッシュパルス発生部 1 0 4は、プッシュパルスの送信焦点 F の位置とプッシュパルス送信振動子列 P xを変更し、プッシュパルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部 1 0 6に出力して、ステップS 2 7 1に進む。ステップS 1 7 0では、検出波パルス発生部 1 0 5は、検出波パルスの送信焦点 F の位置と検出波パルス送信振動子列 T xを変更する。本例では、S W Sサブシーケンスごとに関心領域 r o iの一部領域に向けて検出波パルスを照射し、S W Sシーケンス全体で複数(n回)の検出波パルスを発生させて関心領域 r o iの全体に検出波パルスを照射する構成としている。具体的には、検出波パルス送信振動子列 T xは複数の振動子 1 0 1 a 一部としS W Sサブシーケンスごとに列方向に漸次移動させる。

40

【0 1 8 9】

ステップS 2 7 1では、検出波パルス発生部 1 0 5は、検出波パルスの送信焦点 F の位置と検出波パルス送信振動子列 T xを変更する。このとき、プッシュパルス p pに対応する送信焦点 F の列方向位置は、当該プッシュパルス p pに続く検出波パルス p w iの検出

50

波パルス送信振動子列 T_x 中心と合致することが好ましい。関心領域内 roi のプッシュパルス集束部位近傍のみについて検出波パルスの送受信とそれに基づく弾性率の算出を行うことができ、1回の送信イベントに伴う弾性率算出までの処理負担を軽減することができる。信号取得時間分解能を向上することができるからである。

【0190】

SWSサブシーケンスごとに照射される検出波パルスの送信焦点 F の位置のうち、送信焦点 F の列方向送信焦点位置 f_x は、SWSサブシーケンスごとに関心領域 roi の列方向に内分した位置に漸次移動させる。これにより、SWSサブシーケンスごとに検出波パルス p_{wi} の送信位置を列方向に漸次移動させて、SWSシーケンス全体で関心領域 roi の全体に検出波パルスを照射する。送信焦点 F の位置と、検出波パルス送信振動子列 T_x を示す情報は、検出波パルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部 106 に出力され、ステップ S230 に進む。

10

【0191】

ステップ S260 にて、規定されている全てのプッシュパルスについての処理が完了していると判断した場合にはステップ S280 に進む。

【0192】

ステップ S280 では、サブシーケンス合成部 1103 は、SWSシーケンスに含まれる、SWSサブシーケンスに対する関心領域 roi の一部領域に対する SWSサブシーケンス合成弾性率フレームデータ e_{mk} 弾性率を観測点 P_{ij} を基準に合成して、SWSシーケンスに対応する関心領域 roi の一部領域についての SWSシーケンス合成弾性率フレームデータ e_{lm} を算出し（ステップ S280）、データ格納部 111 に保存する（ステップ S190）。同時に又は替わりに、SWSシーケンスに対応する SWSシーケンス合成せん断波の伝播速度のフレームデータを算出してもよい。

20

【0193】

以上により、図 22 に示した SWSシーケンスの処理が終了する。以上の超音波診断装置 100A の超音波弾性率計測処理により、SWSシーケンス合成弾性率フレームデータ e_{lm} を算出することができる。

【0194】

< 効果 >

以上、説明したように、実施の形態 2 に係る超音波診断装置 100A では、関心領域 roi 内のプッシュパルス p_p 集束部位の近傍のみに検出波パルス p_{wi} の送受信を行い、サブシーケンスごとに関心領域 roi の一部領域について弾性率 e_{mk} を算出する。そのため、関心領域 roi 内のプッシュパルス p_p 集束部位近傍のみについて検出波パルス p_{wi} の送受信とそれに基づく弾性率の算出を行うことができ、1回の送信イベントに伴う弾性率算出までの処理負担を軽減することができる。信号取得時間分解能を向上することができる。

30

【0195】

また、プッシュパルス p_p 集束部位の漸動に伴い、SWSサブシーケンスごとに検出波パルス p_{wi} の送信位置を列方向に漸次移動させて関心領域 roi の全体に検出波パルス p_{wi} を送受信するので、SWSシーケンスに対応する関心領域 roi 全体に対する SWSシーケンス合成弾性率を算出することができる。

40

【0196】

実施の形態 3

実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 では、図 4 に示すように、検出波パルス発生部 105 は、送信焦点 F の位置のうち、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 roi 外であって関心領域 roi よりも深い位置にある送信焦点 F にて集束し、かつ、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 roi 全体を通過するような深さ f_z1 とした。

【0197】

しかしながら、検出波パルスの構成は、被検体中の関心領域 roi 外の位置にある送信

50

焦点Fに超音波ビームが集束し、超音波ビームが関心領域 roi を通過するように構成されていればよく、送信焦点Fの位置及び検出波パルス送信振動子列 T_x の構成は上記構成に限られなく適宜変更してもよい。

【0198】

実施の形態3に係る超音波診断装置100Bでは、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 roi よりも深い位置にある送信焦点Fにて集束するような深さ f_z1 と、音波ビームが関心領域 roi よりも浅い位置にある送信焦点Fにて集束するような深さ f_z3 とを測定条件に応じて適応的に選択する構成とした点で実施の形態1と相違する。

【0199】

以下、超音波診断装置100Bについて説明する。

10

【0200】

<構成>

超音波診断装置100Bでは、検出波パルス発生部105において発生する検出波パルスの構成が実施の形態1の構成と相違するため、超音波診断装置100Bに係る検出波パルスの構成について説明する。検出波パルス以外の構成については、超音波診断装置100と同じであり説明は省略する。

【0201】

上述のとおり、超音波診断装置100Bでは、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 roi よりも深い位置にある送信焦点Fにて集束し、かつ、深さ方向送信焦点位置 f_z は超音波ビームが関心領域 roi 全体を通過するような深さ f_z1 と、超音波ビームが関心領域 roi よりも浅い位置にある送信焦点Fにて集束し、かつ、深さ方向送信焦点位置 f_z は超音波ビームが関心領域 roi 全体を通過するような深さ f_z3 とを、関心領域 roi の位置、検出波パルス送信開口長等、各種測定条件に応じて適応的に選択する構成としている。

20

【0202】

このうち、検出波パルス発生部105において、深さ方向送信焦点位置を f_z1 として送信焦点Fを設定するための構成については、図4にて上述したものと同一である。上述のとおり、送信焦点Fの位置のうち列方向送信焦点位置 f_x は(式2)により、送信焦点Fの位置のうち深さ方向送信焦点位置 f_z1 は(式3)として算出される。

【0203】

超音波診断装置100Bでは、(式3)として算出される f_z1 が、所定の閾値以上である場合には、検出波パルス発生部105は、深さ方向送信焦点位置を f_z3 として検出波パルスの送信焦点Fを設定する。

30

【0204】

図23は、超音波診断装置100Bにおける検出波パルス発生部105で発生させる、関心領域 roi よりも浅い位置にある送信焦点Fにて超音波ビームが集束する検出波パルスの構成概要を示す模式図である。図22に示すように、超音波診断装置100Bでは、検出波パルス発生部105は、検出波パルスの深さ方向送信焦点位置は、超音波ビームが関心領域 roi 外であって関心領域 roi よりも浅い位置にある送信焦点Fにて集束し、かつ、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 roi 全体を通過するような深さ f_z3 とされる。また、検出波パルス送信振動子列 T_x は複数の振動子101a全部とし、SWSシーケンスを構成する全てのSWSサブシーケンス(1~n)において、送信焦点Fの位置及び検出波パルス送信振動子列 T_x は変化しない構成である。具体的には、送信焦点Fの位置のうち列方向送信焦点位置 f_x は(式2)により、送信焦点Fの位置のうち深さ方向送信焦点位置 f_z3 は、

40

【0205】

【数 4】

$$fz3 = \frac{a \left(d - \frac{h}{2} \right)}{a + w + 2\beta} \quad (\text{式4})$$

10

として算出される。

【0206】

図24(a)(b)は、超音波診断装置100Bにおける受信ビームフォーミング方法の概要と、関心領域roi内の観測点Pijについての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。図24(a)に示すように、超音波診断装置100Bの受信ビームフォーマ部108では、検出波パルス送信振動子列Txから放射された検出波パルスは、経路401を通して送信焦点Fにて波面が集まった後、経路402を通して送信焦点Fよりも深い位置にある関心領域roi内に存在する観測点Pijに到達する送信経路と、観測点Pijでの反射波が経路403を通してプローブ101における受信振動子Rplに戻っていく受信経路を想定する。したがって、送信波が経路401を通過する時間と、経路402を通過する時間を合算した値が、送信時間となる。具体的な算出方法としては、例えば、経路401の長さで経路402の長さを加算した全経路長を、被検体内における超音波の伝搬速度で除算することで求められる。そして、送信経路と受信経路とから検出波パルス送受信振動子列Rx内の受信振動子Rplへの総伝播時間を算出し、図24(b)に示すように、受信振動子Rplに対する受波信号の列に適用する遅延量を算出して整相加算処理を行い、観測点Pijに対する音響線信号を生成する。この処理を、関心領域roi内にある全ての観測点Pijについて行うことにより、関心領域roi内の観測点Pijについて音響線信号フレームデータdsiを生成する。

20

【0207】

30

< 動作 >

超音波診断装置100BのSWSシーケンスの動作について説明する。超音波診断装置100Bでは、図9に示した実施の形態1に係る超音波診断装置100の超音波弾性率算出の動作のうち、検出波パルス発生部105による検出波パルス発生の動作(ステップS110)が超音波診断装置100の動作と相違するため、超音波診断装置100Bに係る検出波パルス発生の動作について説明する。検出波パルス発生以外の動作については、超音波診断装置100と同じであり説明は省略する。

【0208】

図25は、超音波診断装置100Bにおける検出波パルス発生部105の検出波パルス発生の動作を示すフローチャートである。

40

【0209】

ステップS1101~S1109では、検出波パルス発生部105は、制御部112から関心領域roiを示す情報を入力し、検出波パルスの送信焦点Fの位置と検出波パルス送信振動子列Txとを、関心領域roiの大きさと位置、検出波パルス送信開口長の条件に基づき適応的に選択して設定する。

【0210】

まず、検出波パルス発生部105は、1回の検出波パルスの送受信で算出することができる計算可能領域の面積を設定する(ステップS1101)。計算可能領域の面積は、1回の検出波パルスの送受信で算出することができる関心領域roiの最大面積であり、フレームレート重視や弾性率の精度重視等の各種動作モードによる制約条件と制御部112

50

等の処理能力に応じて定まる。

【0211】

次に、検出波パルス発生部105は、制御部112から関心領域 r_{oi} を示す情報を入力し、関心領域 r_{oi} の面積を計算可能領域の面積で除した値で関心領域 r_{oi} を分割した計算対象領域を算出する（ステップS1102）。関心領域 r_{oi} は、前ステップにおいて、被検体内の解析対象範囲をあらわす情報として操作者から操作入力部102に入力されている。

【0212】

次に、検出波パルス発生部105は、計算対象領域の列方向中心位置から検出波パルス送信振動子列長 a を計算対象領域ごとに算出する（ステップS1103）。 10

【0213】

次に、検出波パルス発生部105は、検出波パルス送信振動子列長 a 、計算対象領域に基づき、検出波パルスの送信焦点 F の位置のうち列方向送信焦点位置 f_x を（式2）により、送信焦点 F の位置のうち、超音波ビームが関心領域 r_{oi} よりも深い位置にて集束するような深さ方向送信焦点位置 f_z1 を（式3）より算出する（ステップS1104）。 20

【0214】

次に、検出波パルス発生部105は、式（3）として算出される f_z1 が、所定の閾値を超えるか否かを判定し（ステップS1104）、 f_z1 が閾値を超えない場合には、ステップS1104にて算出した結果を深さ方向送信焦点位置 f_z1 、検出波パルス送信振動子列 T_x として決定する（ステップS1107）。 20

【0215】

ステップS1104において、 f_z1 が閾値を超える場合には、検出波パルス発生部105は、検出波パルス送信振動子列長 a 、計算対象領域に基づき、検出波パルスの送信焦点 F の位置のうち列方向送信焦点位置 f_x を（式2）により、送信焦点 F の位置のうち、超音波ビームが関心領域 r_{oi} よりも浅い位置にて集束するような深さ方向送信焦点位置 f_z1 を（式4）より算出する（ステップS1106）。そして、算出した結果を深さ方向送信焦点位置 f_z1 、検出波パルス送信振動子列 T_x として決定する（ステップS1107）。 30

【0216】

送信焦点 F の位置と、検出波パルス送信振動子列 T_x を示す情報は、検出波パルスのパルス幅とともに、送信制御信号として送信ビームフォーマ部106に出力される（ステップS110）。 30

【0217】

以上により、図25に示した検出波パルス発生の動作が終了する。以後、図9に示したSWSシーケンスのステップS120以後の処理を行うことにより、超音波診断装置100Bは超音波弾性率計測処理により、SWSシーケンス合成弾性率フレームデータ e_{lm} を算出することができる。

【0218】

<効果>

以上、説明したように、実施の形態3に係る超音波診断装置100Bでは、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域 r_{oi} よりも深い位置にある送信焦点 F にて集束するような深さ f_z1 と、音波ビームが関心領域 r_{oi} よりも浅い位置にある送信焦点 F にて集束するような深さ f_z3 とを適応的に選択する構成とした。 40

【0219】

係る構成は、検出波パルスの深さ方向送信焦点位置 f_z1 が関心領域 r_{oi} よりも深い位置にある超音波診断装置100の構成では、深さ方向送信焦点位置 f_z1 が大きくなり過ぎて、関心領域 r_{oi} 内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度の増加が小さく得られる信号 S/N の向上も小さい場合において有効である。このような場合に、超音波診断装置100Bでは、検出波パルスの深さ方向送信焦点位置 f_z3 が関心領域 r_{oi} よ 50

りも浅い位置を選択できるので、関心領域 ROI 内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度を増加することができ、得られる信号 S/N を向上できる。これにより、超音波診断装置 100B では、検出波パルス発生部 105 は、関心領域外に集束し当該関心領域を通過する検出波パルスを送信させより確実に超音波ビームエネルギー密度を増加することができる。

【0220】

<その他の変形例>

なお、本発明を上記実施の形態に基づいて説明してきたが、本発明は、上記の実施の形態に限定されず、以下のような場合も本発明に含まれる。

【0221】

例えば、本発明は、マイクロプロセッサとメモリを備えたコンピュータシステムであって、上記メモリは、上記コンピュータプログラムを記憶しており、上記マイクロプロセッサは、上記コンピュータプログラムにしたがって動作するとしてもよい。例えば、本発明の超音波診断装置の診断方法のコンピュータプログラムを有しており、このプログラムに従って動作する（又は接続された各部位に動作を指示する）コンピュータシステムであってもよい。

【0222】

また、上記超音波診断装置の全部、もしくは一部、またビームフォーミング部の全部又は一部を、マイクロプロセッサ、ROM、RAM等の記録媒体、ハードディスクユニットなどから構成されるコンピュータシステムで構成した場合も本発明に含まれる。上記RAM又はハードディスクユニットには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、各装置はその機能を達成する。

【0223】

また、上記の各装置を構成する構成要素の一部又は全部は、1つのシステムLSI (Large Scale Integration (大規模集積回路)) から構成されているとしてもよい。システムLSIは、複数の構成部を1個のチップ上に集積して製造された超多機能LSIであり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどを含んで構成されるコンピュータシステムである。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。なお、LSIは、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。上記RAMには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、システムLSIは、その機能を達成する。例えば、本発明のビームフォーミング方法がLSIのプログラムとして格納されており、このLSIがコンピュータ内に挿入され、所定のプログラム（ビームフォーミング方法）を実施する場合も本発明に含まれる。

【0224】

なお、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路また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 (Reconfigurable Processor) を利用してもよい。

【0225】

さらには、半導体技術の進歩または派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回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。

【0226】

また、各実施の形態に係る、超音波診断装置の機能の一部又は全てを、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。上記超音波診断装置の診断方法や、ビームフォーミング方法を実施させるプログラムが記録された非一時的なコンピュ

10

20

30

40

50

ータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。プログラムや信号を記録媒体に記録して移送することにより、プログラムを独立した他のコンピュータシステムにより実施するとしてもよい、また、上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

【0227】

上記実施形態に係る超音波診断装置では、記憶装置であるデータ格納部を超音波診断装置内に含む構成としたが、記憶装置はこれに限定されず、半導体メモリ、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、磁気記憶装置、等が、超音波診断装置に外部から接続される構成であってもよい。

【0228】

また、ブロック図における機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数に分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロックの機能を単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

【0229】

また、上記のステップが実行される順序は、本発明を具体的に説明するために例示するためのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記ステップの一部が、他のステップと同時（並列）に実行されてもよい。

【0230】

また、超音波診断装置には、プローブ及び表示部が外部から接続される構成としたが、これらは、超音波診断装置内に一体的に具備されている構成としてもよい。

【0231】

また、上記実施の形態においては、プローブは、複数の圧電振動子が一次元方向に配列されたプローブ構成を示した。しかしながら、プローブの構成は、これに限定されるものではなく、例えば、複数の圧電変換振動子を２次元方向に配列した２次元配列振動子や、一次元方向に配列された複数の振動子を機械的に揺動させて三次元の断層画像を取得する揺動型プローブを用いてもよく、測定に応じて適宜使い分けることができる。例えば、２次元に配列されたプローブを用いた場合、圧電変換振動子に電圧を与えるタイミングや電圧の値を個々に変化させることによって、送信する超音波ビームの照射位置や方向を制御することができる。

【0232】

また、プローブは、送受信部の一部の機能をプローブに含んでいてもよい。例えば、送受信部から出力された送信電気信号を生成するための制御信号に基づき、プローブ内で送信電気信号を生成し、この送信電気信号を超音波に変換する。併せて、受信した反射超音波を受波信号に変換し、プローブ内で受波信号に基づき音響線信号を生成する構成を採ることができる。

【0233】

また、実施の形態では、検出波パルス $p w i$ の送受信を行うためのプローブ 101 からプッシュパルス $p p$ を送信してその音響放射圧により被検体内にせん断波を発生させる構成について説明したが、被検体内にせん断波を発生する手段は、プローブ 101 の振動子 101 a からのプッシュパルス $p p$ 送信には限定されない。例えば、検出波パルス $p w i$ の送受信を行うための振動子 101 a とは別に、プローブ 101 に音響放射圧発生用の超音波振動子を設けた構成であってもよい。または、プローブ 101 に放射圧発生用の機械的な外力発生手段、例えば、圧電素子等による振動機構等を設けた構成としてもよい。また、検出波パルス $p w i$ の送受信を行うためのプローブ 101 とは別のプローブに音響放射圧発生用の超音波振動子や放射圧発生用の機械的な外力発生手段を備えて、超音波診断装置やプローブ 101 に接続可能にする構成としてもよい。

【0234】

実施の形態に係る超音波診断装置 100 では、送信ビームフォーマ部 106、受信ビームフォーマ部 108 の構成は、実施の形態に記載した構成以外にも、適宜変更することが

10

20

30

40

50

できる。

【0235】

例えば、送信ビームフォーマ部106は、実施の形態2では、プローブ101に存する複数の振動子101aの一部に当たる送信振動子列からなる送信振動子列を設定し、超音波送信ごとに送信振動子列を列方向に漸次移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ101に存する全ての振動子101aから超音波送信を行う構成とした。

【0236】

しかしながら、プローブ101に存する全ての振動子101aから超音波送信を行う構成としてもよい。超音波送信を繰り返すことなく、一度の超音波送信で超音波照射領域全域から反射超音波を受信できる。

10

【0237】

送信ビームフォーマ部106は、実施の形態1、3では、プローブ101に存する全ての振動子101aから超音波送信を行う構成とした。しかしながら、プローブ101に存する複数の振動子101aの一部に当たる送信振動子列からなる送信振動子列を設定し、超音波送信ごとに送信振動子列を列方向に漸次移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ101に存する全ての振動子101aから超音波送信を行う構成としてもよい。関心領域内のプッシュパルス集束部位近傍について検出波パルスの送受信とそれに基づく弾性率の算出を行うことができ、1回の送信イベントに伴う弾性率算出までの処理負担を軽減することができ、信号取得時間分解能を向上することができる。

20

【0238】

また、実施の形態では、観測点の存在領域は、受信振動子列の列中心を通り振動子列と垂直であって単一振動子幅の直線状の領域とした。

【0239】

しかしながら、これに限定されるものではなく、超音波照射領域に含まれる任意の領域に設定してもよい。例えば、受信振動子列の列中心を通り振動子列に垂直な直線を中心線とする複数の振動子幅の帯状の矩形領域としてもよい。

【0240】

また、各実施の形態に係る超音波診断装置、及びその変形例の機能のうち少なくとも一部を組み合わせてもよい。更に上記で用いた数字は、全て本発明を具体的に説明するために例示するものであり、本発明は例示された数字に制限されない。さらに、本実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本発明に含まれる。

30

【0241】

まとめ

以上、説明したように、本実施の形態に係る超音波診断装置は、複数の振動子が列設されたプローブが接続可能に構成されており、前記プローブに被検体内の特定部位に集束するプッシュパルスを送信させ、当該プッシュパルスの音響放射圧により生じたせん断波の伝播速度を検出する超音波診断装置であって、超音波信号処理回路を有し、前記超音波信号処理回路は、操作入力を受付ける操作入力部と、前記操作入力に基づき被検体内の解析対象範囲を表す関心領域を設定する関心領域設定部と、被検体中に前記特定部位を設定し、前記複数の振動子に前記プッシュパルスを送信させるプッシュパルス発生部と、前記プッシュパルスに続き、前記複数の振動子の一部又は全部に被検体中の前記関心領域外に集束し当該関心領域を通過する検出波パルスを複数回送信させる検出波パルス発生部と、前記複数回の検出波パルスの各々に対応して前記複数の振動子において時系列に受信された被検体組織からの反射検出波に基づき、前記関心領域内の複数の観測点に対する音響線信号を生成して音響線信号フレームデータのシーケンスを生成する受信ビームフォーマ部と、前記音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記関心領域内の組織の変位を検出し、前記複数回の検出波パルスのそれぞれに対応する時間軸上の複数時点におけるせん断波の波面位置を表した波面フレームデータのシーケンスを生成し、複数の前記波面フレームデータ間の波面位置の変化量と時間間隔とに基づき、前記関心領域内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率のフレームデータを算出する弾性率算出部とを備えたことを特徴とす

40

50

る。

【 0 2 4 2 】

S W S シーケンスによる超音波弾性率計測では、信号 S / N を向上するために、通常、弾性率を計測したい部位を含む関心領域をプッシュパルスの送焦点の近傍又はその周囲に設定する。これに対し、係る構成では、被検体中の関心領域 r o i 外に集束し関心領域 r o i を通過する検出波パルス p w i を送信させ反射検出波を受信する構成を採るそのため、弾性率を計測したい部位を含む関心領域に対して過不足なく検出波パルスを照射して受信とそれに基づく弾性率の算出を行うことができる。これにより、関心領域内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度を増加することができ、超音波弾性率計測において、信号取得時間分解能と弾性画像生成のための信号 S / N とを、検出波パルスに平面波を用いた従来よりも改善することができる。

10

【 0 2 4 3 】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルス発生部は、被検体中の前記関心領域より超音波送信方向において深い位置で集束するよう検出波パルスを送信させる構成であってもよい。

【 0 2 4 4 】

係る構成により、関心領域 r o i が被検体深さ方向の相対的に深い位置に位置するときに関心領域 r o i 内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度を高め弾性画像生成のための信号 S / N を向上することすることができる。

【 0 2 4 5 】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルス発生部は、被検体中の前記関心領域より超音波送信方向において浅い位置で集束するよう検出波パルスを送信させる構成であってもよい。

20

【 0 2 4 6 】

係る構成により、関心領域 r o i が被検体深さ方向の相対的に浅い位置に位置するときに関心領域 r o i 内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度を高め弾性画像生成のための信号 S / N 超音波診断装置を向上することができる。

【 0 2 4 7 】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルス発生部は、超音波ビームが関心領域全体を通過するように前記検出波パルスを送信する送信振動子と、被検体中において前記検出波パルスを集束させる深さとを決定する構成であってもよい。

30

【 0 2 4 8 】

係る構成により、1回の検出波の送受信により関心領域全体にある観測点について音響線信号を生成できるので、超音波弾性率計測において信号取得時間分解能を向上することができる。

【 0 2 4 9 】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記関心領域は、前記送信振動子の列の両端部と被検体中の前記検出波パルスが集束する深さにおけるビーム中心とを各々結ぶ2直線に挟まれた範囲内に存在する構成であってもよい。

40

【 0 2 5 0 】

係る構成により、超音波ビームが確実に関心領域全体を通過するように前記検出波パルスを送信することができる。

【 0 2 5 1 】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルス発生部は、超音波ビームが関心領域内の一部領域を通過するように前記検出波パルスを送信する送信振動子と、被検体中において前記検出波パルスを集束させる深さとを決定する構成であってもよい。

【 0 2 5 2 】

係る構成により、関心領域内のプッシュパルス集束部位近傍のみについて検出波パルス

50

の送受信とそれに基づく弾性率の算出を行うことができ、1回の送信イベントに伴う弾性率算出までの処理負担を軽減することができ、信号取得時間分解能を向上することができる。

【0253】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルス発生部は、被検体中の前記関心領域の深さ及び前記関心領域の列方向の大きさに基づき、前記検出波パルスを送信する送信振動子と、被検体中において前記検出波パルスを集束させる深さとを決定する構成であってもよい。

【0254】

係る構成により、記検出波パルス発生部は、適切な検出波パルスを送信する送信振動子と、被検体中において前記検出波パルスを集束させる深さとを決定することができる。

10

【0255】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルス発生部は、被検体中の前記関心領域の深さ、前記関心領域の列方向の大きさ、及び前記検出波パルスを送信する送信振動子の数に基づくパラメータが所定の閾値以下である場合には、被検体中の前記関心領域より超音波送信方向において深い位置で集束するよう検出波パルスを送信させ、閾値より大きい場合には被検体中の前記関心領域より超音波送信方向において浅い位置で集束するよう検出波パルスを送信させる構成であってもよい。

【0256】

係る構成により、検出波パルスの深さ方向送信焦点位置が関心領域よりも深い位置にあり閾値を超える場合に、関心領域内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度の増加が小さく得られる信号S/Nの向上も小さいことを防止できる。すなわち、検出波パルスの深さ方向送信焦点位置が関心領域よりも浅い位置を選択できるので、関心領域内の検出波パルスの超音波ビームエネルギー密度を増加することができ、得られる信号S/Nを向上できる。

20

【0257】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルスを送信する送信振動子の列長をa、被検体表面から前記関心領域中心までの深さをd、前記関心領域の被検体深さ方向の長さをh、前記関心領域の列方向幅をw、前記送信振動子の列の両端部と被検体中の前記検出波パルスが集束する深さにおけるビーム中心とを各々結ぶ2直線の何れかと関心領域との列方向距離をβとしたとき、前記パラメータは、

30

【0258】

【数3】

$$f_{z1} = \frac{a \left(d + \frac{h}{2} \right)}{a - w - 2\beta} \quad (\text{式3})$$

40

により算出される f_{z1} であり、前記閾値は2である構成であってもよい。

【0259】

係る構成により、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域よりも深い位置にある送信焦点Fにて集束しするような深さ f_{z1} と、音波ビームが関心領域よりも浅い位置にある送信焦点Fにて集束するような深さ f_{z3} とを測定条件に応じて適応的に選択することができる。これにより、検出波パルス発生部は、関心領域外に集束し当該関心領域を通過する検出波パルスを送信させより確実に超音波ビームエネルギー密度を増加すること

50

ができる。

【 0 2 6 0 】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記プッシュパルス発生部は、被検体中の前記関心領域内の異なる位置に複数の前記特定部位を設定し、各特定部位に集束する複数回の前記プッシュパルスを送信させ、前記検出波パルス発生部は、前記複数のプッシュパルスの各々に続き、前記検出波パルスを複数回送信させ、前記受信ビームフォーマ部は、前記複数のプッシュパルスの各々に続いて送信される前記複数回の検出波パルスの各々に対応して前記音響線信号フレームデータのシーケンスを複数生成し、弾性率算出部は、前記複数の音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記複数のプッシュパルスの各々に対応して前記関心領域内の複数の観測点に対するせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータを複数算出し、さらに、算出した複数の伝播速度又は弾性率フレームデータを前記観測点の位置を指標として加算することにより、前記関心領域内の複数の観測点に対するせん断波の合成伝播速度又は合成弾性率のフレームデータを算出する構成であってもよい。また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルスの送信振動子の列中心と前記関心領域の前記列方向の中心とは合致する構成であってもよい。

10

【 0 2 6 1 】

係る構成により、SWSシーケンスにおいて複数のプッシュパルスに対応して算出した複数の伝播速度又は弾性率フレームデータを観測点の位置を指標として加算することができるので、弾性画像生成のための信号S/Nを向上することができる。

20

【 0 2 6 2 】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記プッシュパルス発生部は、被検体中の前記関心領域内の複数の異なる位置に前記特定部位を設定し、各特定部位に集束する複数回の前記プッシュパルスを送信させ、前記検出波パルス発生部は、前記複数のプッシュパルスの各々に続き、前記複数の振動子の一部から前記関心領域内の一部領域を通過する検出波パルスを複数回送信させ、前記受信ビームフォーマ部は、前記複数のプッシュパルスの各々に続いて送信される前記複数回の検出波パルスの各々に対応して、前記関心領域内の一部領域内の複数の観測点に対する音響線信号を生成して音響線信号フレームデータのシーケンスを複数生成し、前記弾性率算出部は、前記複数の音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記複数のプッシュパルスの各々に対応して前記関心領域内の一部領域内の複数の観測点に対するせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータを複数算出し、さらに、算出した複数のせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータを前記観測点の位置を指標として加算することにより、前記関心領域内の複数の観測点に対するせん断波の合成伝播速度又は合成弾性率のフレームデータを算出する構成であってもよい。また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記プッシュパルスに対応する前記特定部位の列方向位置は、当該プッシュパルスに続く前記検出波パルスの前記送信振動子の列中心と合致する構成であってもよい。

30

【 0 2 6 3 】

係る構成により、プッシュパルス集束部位の漸動に伴い、SWSサブシーケンスごとに検出波パルスの送信位置を列方向に漸次移動させて関心領域の全体に検出波パルスを送受信するので、SWSシーケンスに対応する関心領域全体に対するSWSシーケンス合成弾性率を算出することができる。また、関心領域内のプッシュパルス集束部位近傍のみについて検出波パルスの送受信とそれに基づく弾性率の算出を行うことができ、1回の送信イベントに伴う弾性率算出までの処理負担を軽減することができ、信号取得時間分解能を向上することができる。

40

【 0 2 6 4 】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、受信ビームフォーマ部は、前記複数の振動子において時系列に受信された被検体組織からの反射検出波に基づいて、前記振動子各々に対する受波信号列を生成する入力部と、前記各観測点から得られた反射等音波に基づく前記受波信号列を整相加算することにより前記関心領域内の複数の観測点に

50

ついでの前記音響線信号を生成する整相加算部とを備えた構成であってもよい。

【0265】

係る構成により、1回の検出波パルスの送信イベントより、関心領域全範囲からの反射検出波に基づいても音響線信号を生成することができ、送信検出波パルスの利用効率を向上することができる。これより、弾性画像生成のための信号S/Nを向上することができる。

【0266】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記整相加算部は、送信された前記検出波パルスが前記関心領域内の観測点に到達するまでの送信時間と、前記観測点からの反射波が前記振動子の各々に到達するまでの受信時間との和から、送信された超音波が前記観測点で反射され前記各振動子へ到達するまでの総伝播時間を算出し、当該総伝播時間に基づいて前記各振動子に対する遅延量を算出し、前記各振動子に対する前記受波信号列から前記遅延量に相当する受波信号値を同定して加算することにより、前記観測点に対する音響線信号を生成する構成であってもよい。

10

【0267】

係る構成により、総伝播経路に基づく遅延制御を行なうことで、関心領域内に位置する全ての観測点について各点にフォーカスした整相加算を行い、当該点について音響線信号を生成することができる。

【0268】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、前記検出波パルスを送信する前記複数の振動子の列中心と、被検体中の前記検出波パルスが集束する深さにおけるビーム中心との距離を第1距離、前記ビーム中心と前記関心領域内の観測点との距離を第2距離としたとき、前記整相加算部は、前記関心領域が前記ビーム中心よりも被検体深さ方向において深い場合には、前記第1距離と前記第2距離との和を音速で除して前記送信時間を算出し、前記関心領域が前記ビーム中心よりも被検体深さ方向において浅い場合には、前記第1距離から前記第2距離を減じた差を音速で除して前記送信時間を算出する構成であってもよい。

20

【0269】

係る構成により、深さ方向送信焦点位置は超音波ビームが関心領域よりも深い位置にある送信焦点Fにて集束するような深さ $f \geq 1$ と、音波ビームが関心領域よりも浅い位置にある送信焦点Fにて集束するような深さ $f \geq 3$ とを測定条件に応じて適応的に選択し、それぞれの場合において、総伝播経路に基づく遅延制御を行なうことで、関心領域内に位置する全ての観測点について各点にフォーカスした整相加算を行い、当該点について音響線信号を生成することができる。

30

【0270】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、弾性率算出部は、前記複数の音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記関心領域内の複数の観測点に対するせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータのシーケンスを複数算出し、各フレームデータのシーケンスを前記観測点の位置を指標として加算することにより、前記複数のプッシュパルスの各々に対応するせん断波の伝播速度又は弾性率のフレームデータを合成する構成であってもよい。

40

【0271】

係る構成により、合成開口法により、SWSサブシーケンスにおいて複数の検出波パルスに対応して算出した複数の伝播速度又は弾性率フレームデータを観測点の位置を指標として加算することができるので、複数の送信イベントに対して送信焦点F以外の深度にある観測点においても、仮想的に送信フォーカスを行った効果が得られ空間分解能と信号S/N比をより一層向上することができる。これにより、弾性画像生成のための信号S/Nを向上することができる。

【0272】

また、別の態様では、上記何れかに記載の構成において、さらに、画像を表示する表示

50

部を備え、前記弾性率算出部は、前記弾性率フレームデータをマッピングして弾性画像を生成し、当該弾性画像を表示用の画像に変換して前記表示部に表示させる構成であってもよい。

【0273】

係る構成により、超音波弾性率計測より検出した関心領域内の弾性率フレームデータの強度分布を見やすく表示することができる。

【0274】

また、本実施の形態に係る超音波信号処理方法、複数の振動子が列設されたプローブに被検体内の特定部位に集束するプッシュパルスを送信させ、当該プッシュパルスの音響放射圧により生じたせん断波の伝播速度を検出する超音波信号処理方法であって、操作入力を受付け、前記操作入力に基づき被検体内の解析対象範囲を表す関心領域を設定し、被検体中に前記特定部位を設定し、前記複数の振動子に前記プッシュパルスを送信させ、前記プッシュパルスに続き、前記複数の振動子の一部又は全部に被検体中の前記関心領域外に集束し当該関心領域を通過する検出波パルスを複数回送信させ、前記複数回の検出波パルスの各々に対応して前記複数の振動子において時系列に受信された被検体組織からの反射検出波に基づき、前記関心領域内の複数の観測点に対する音響線信号を生成して音響線信号フレームデータのシーケンスを生成し、前記音響線信号フレームデータのシーケンスから、前記関心領域内の組織の変位を検出し、前記複数回の検出波パルスのそれぞれに対応する時間軸上の複数時点におけるせん断波の波面位置を表した波面フレームデータのシーケンスを生成し、複数の前記波面フレームデータ間の波面位置の変化量と時間間隔とに基づき、前記関心領域内のせん断波の伝播速度、又は、弾性率のフレームデータを算出する構成であってもよい。超音波信号処理方法が記録されたコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体としてもよい。

【0275】

係る構成により、超音波弾性率計測の処理において、信号取得時間分解能と弾性画像生成のための信号S/Nとを、検出波パルスに平面波を用いた従来よりも改善することができる。

【0276】

補足

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。

【0277】

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。

【0278】

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。なお、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。

【産業上の利用可能性】

【0279】

本開示にかかる超音波信号処理回路、超音波診断装置、超音波信号処理方法、及びコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体は、従来の超音波診断装置の性能向上、特に画質向上として有用である。また本開示は超音波への適用のみならず、複数のアレイ振動子を用いたセンサ等の用途にも応用できる。

【符号の説明】

【 0 2 8 0 】

1 0 0、1 0 0 A、1 0 0 B 超音波診断装置

1 0 1 プローブ

1 0 1 a 超音波振動子

1 0 2 操作入力部

1 0 3 関心領域設定部

1 0 4 プッシュパルス発生部

1 0 5 検出波パルス発生部

1 0 6 送信ビームフォーマ部

1 0 6 1 駆動信号発生部

10

1 0 6 2 遅延プロファイル生成部

1 0 6 3 駆動信号送信部

1 0 7 マルチプレクサ部

1 0 8 受信ビームフォーマ部

1 0 8 1 入力部

1 0 8 2 受波信号保持部

1 0 8 3 整相加算部

1 0 8 3 1 遅延処理部

1 0 8 3 2 加算部

1 0 9 変位検出部

20

1 1 0 弾性率算出部

1 1 0 1 伝播解析部

1 1 0 2 合成部

1 1 0 3 サブシーケンス合成部

1 1 1 データ格納部

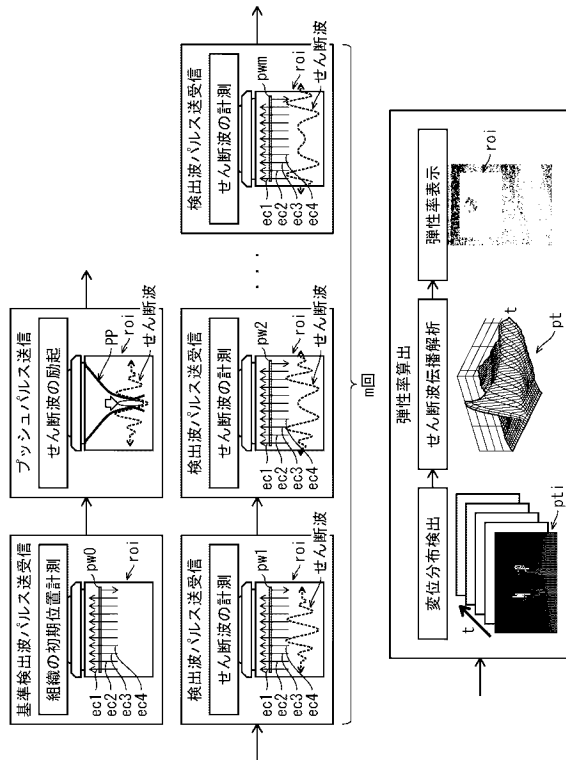
1 1 2 制御部

1 1 3 表示制御部

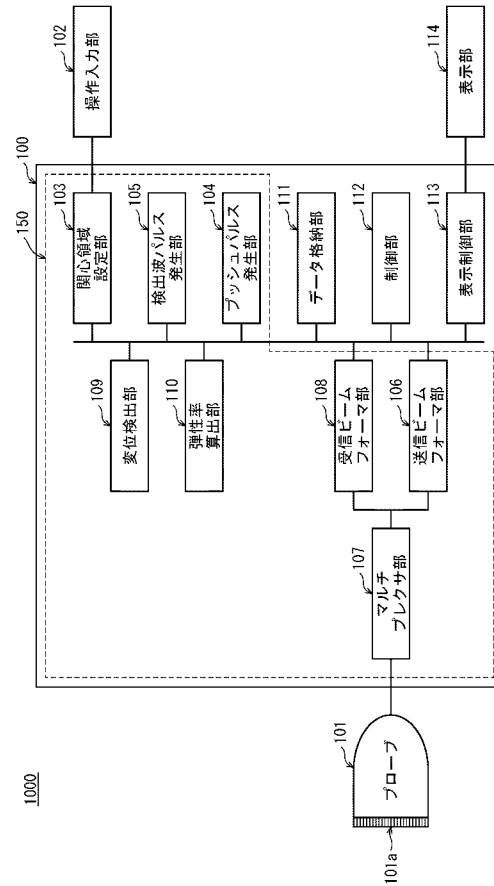
1 1 4 表示部

1 5 0 超音波信号処理回路

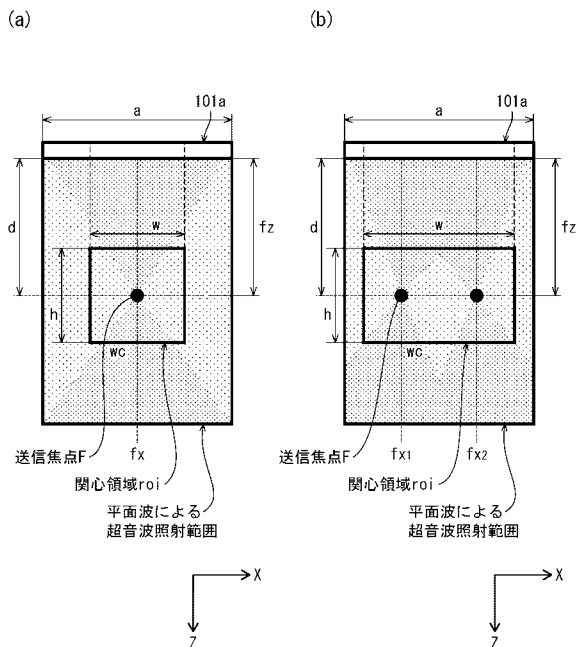
【 図 1 】



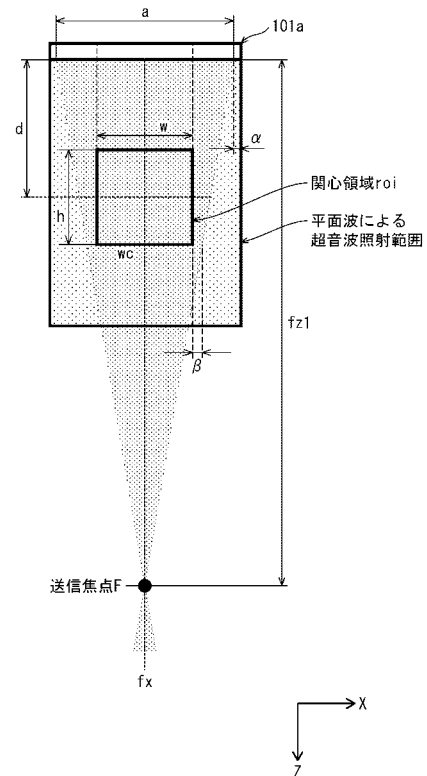
【 図 2 】



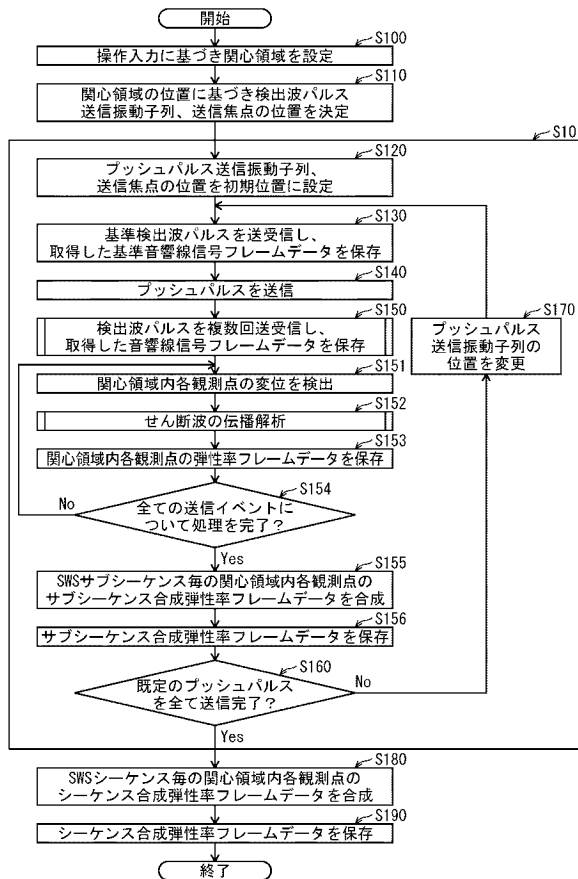
【 図 3 】



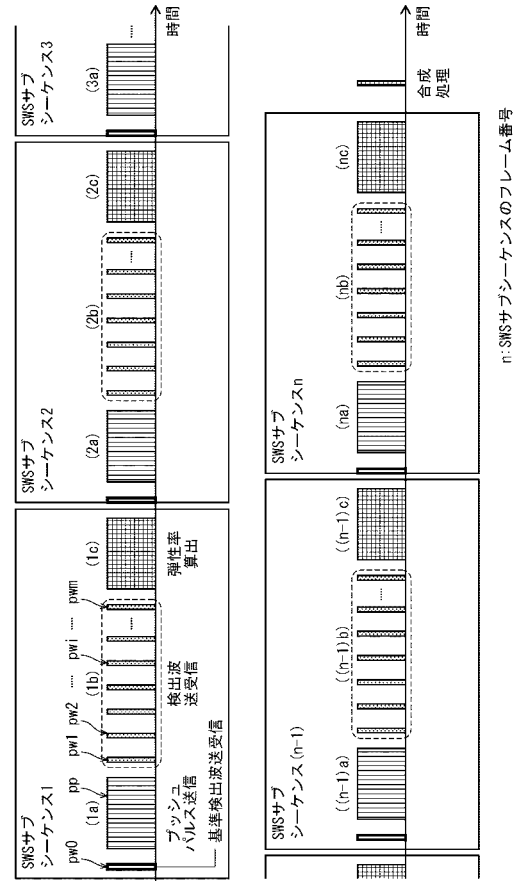
【 図 4 】



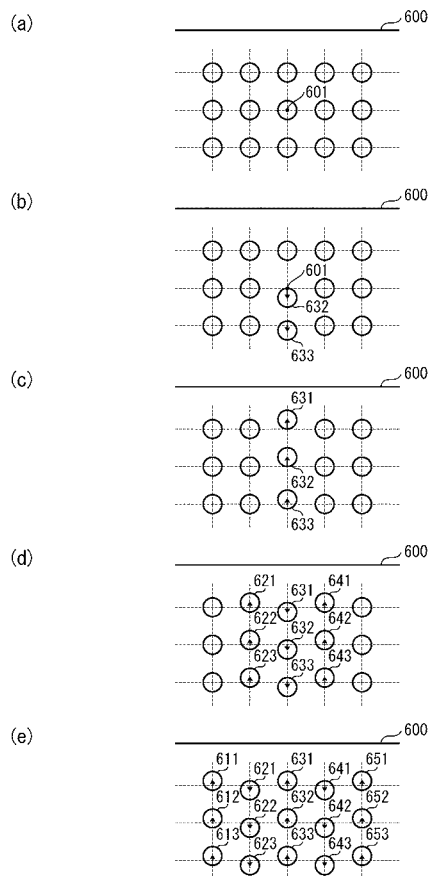
【図 9】



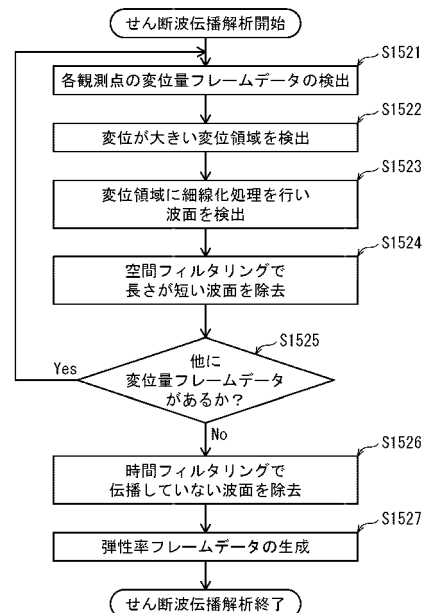
【図 10】



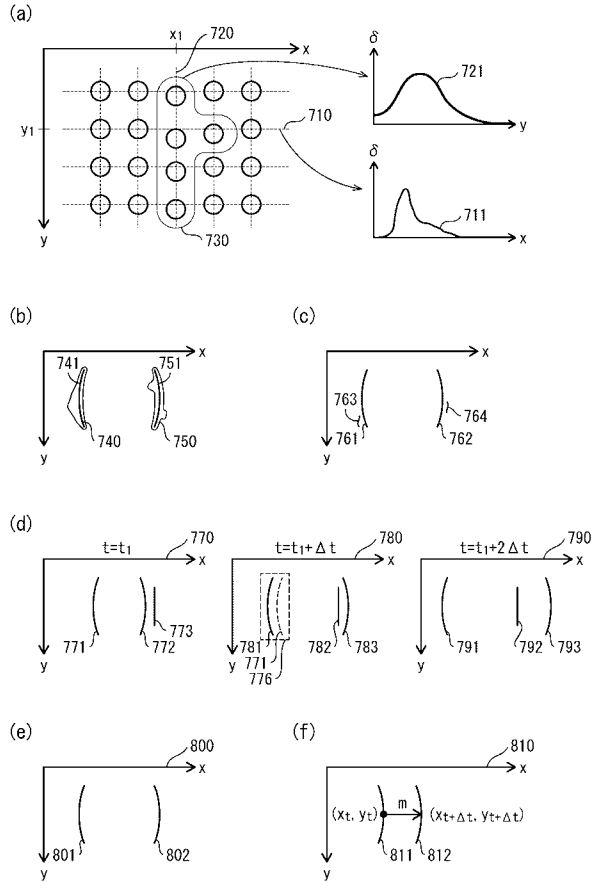
【図 11】



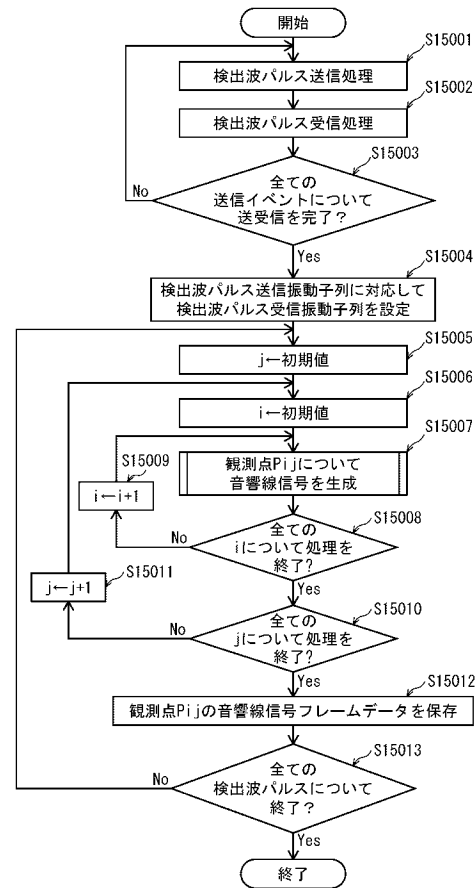
【図 12】



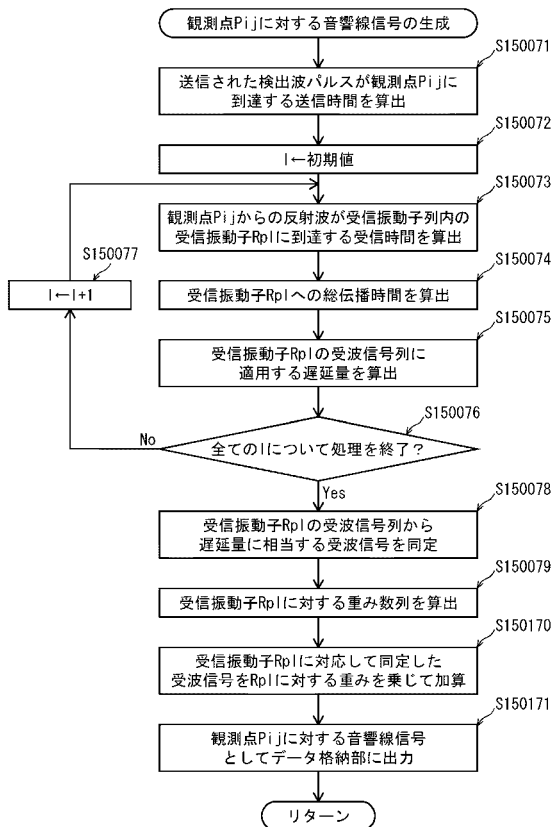
【図 13】



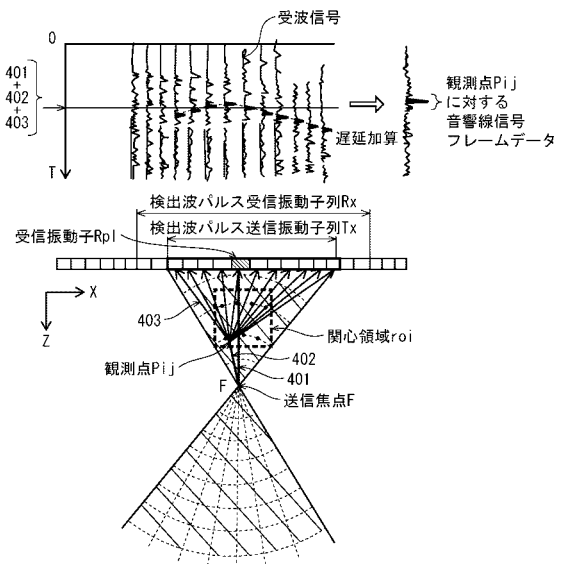
【図 14】



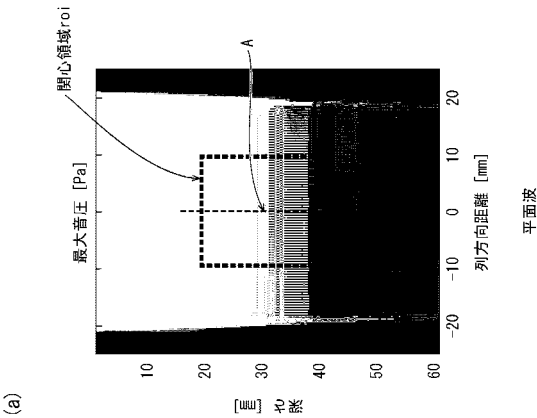
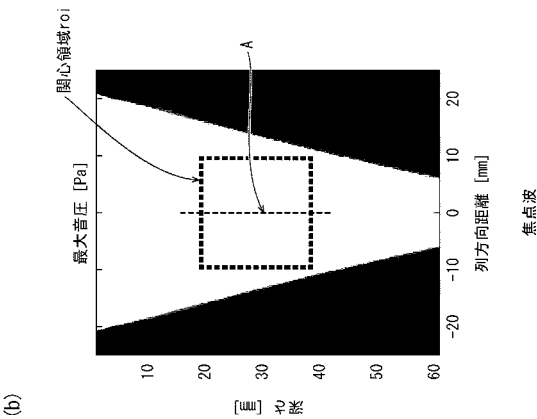
【図 15】



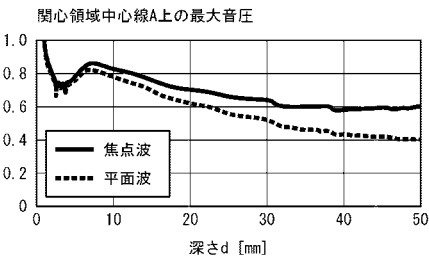
【図 16】



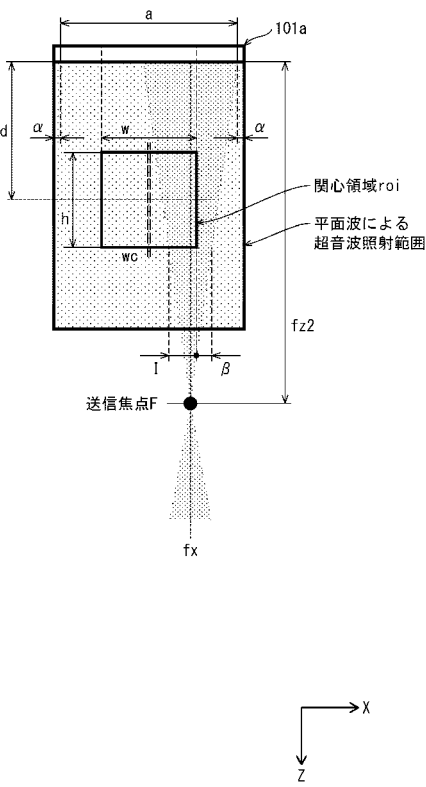
【図 17】



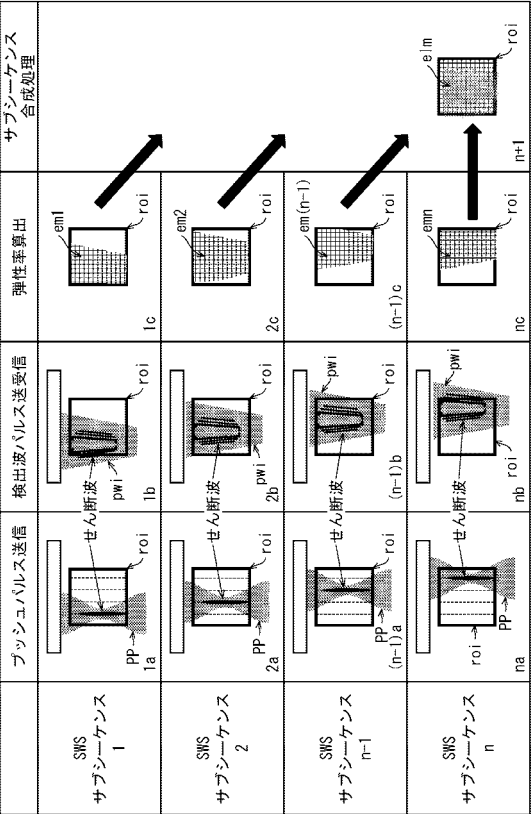
【図 18】



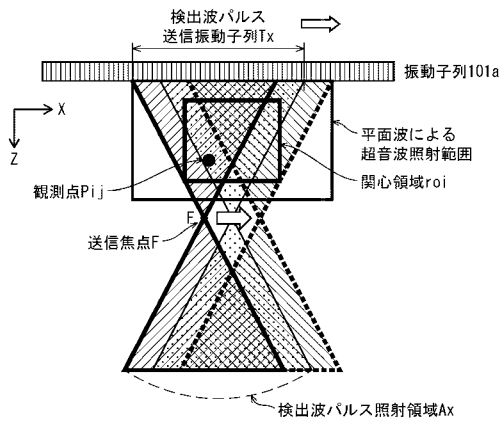
【図 19】



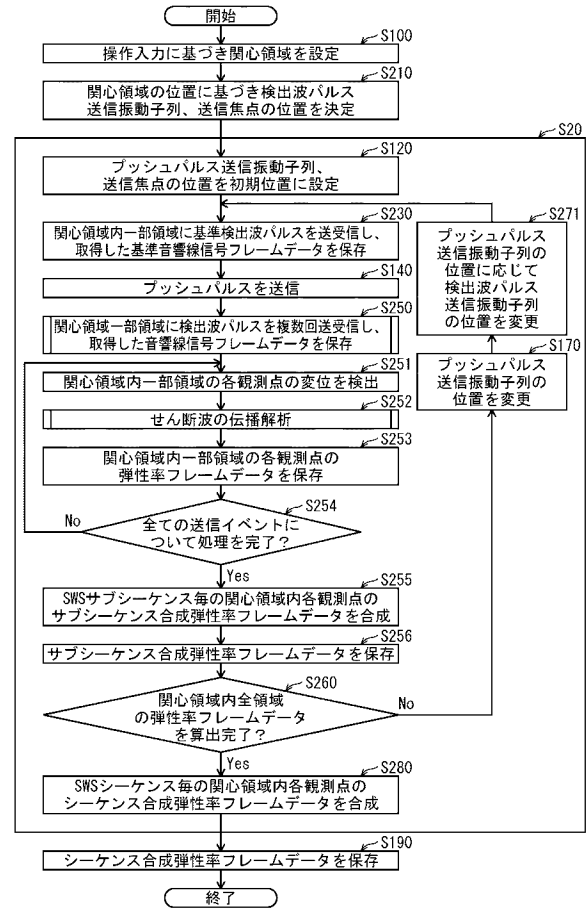
【図 20】



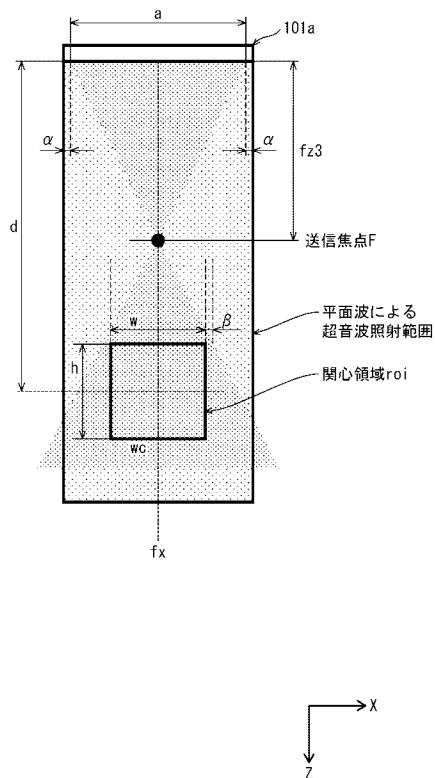
【図 2 1】



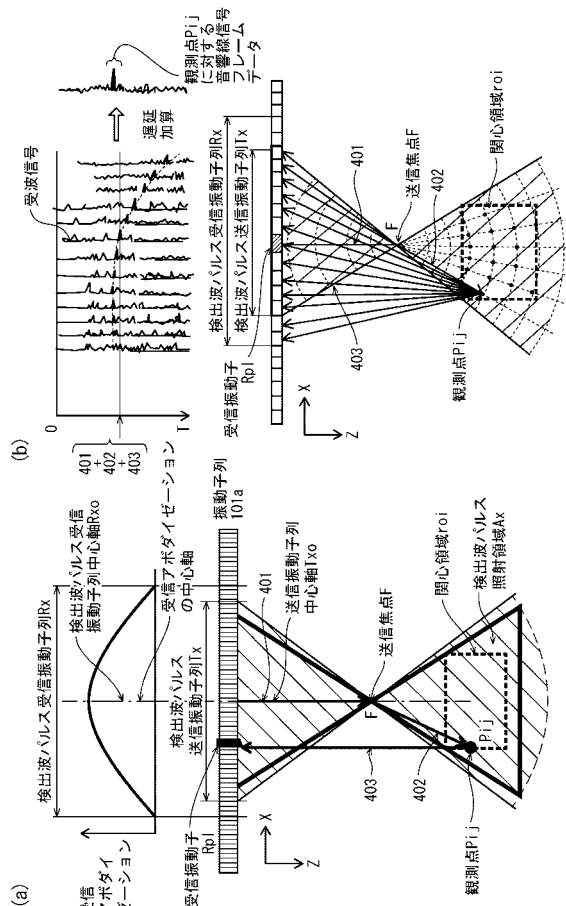
【図 2 2】



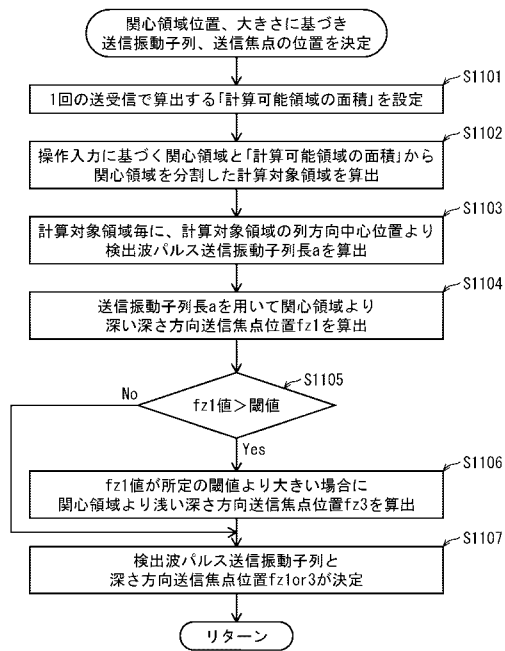
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 25】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2016/079831
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B8/08(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B8/08 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2012-533329 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 27 December 2012 (27.12.2012), paragraphs [0065] to [0067]; fig. 5 & US 2012/0116220 A1 paragraphs [0071] to [0073]; fig. 5 & WO 2011/007278 A2 & CN 102469980 A & RU 2012105462 A	1-7, 11, 14, 18, 19
X	JP 2014-503065 A (Koninklijke Philips N.V.), 06 February 2014 (06.02.2014), paragraphs [0094] to [0096]; fig. 5 & US 2013/0317362 A1 paragraphs [0095] to [0097]; fig. 5 & WO 2012/085812 A2 & CN 103269639 A & RU 2013133827 A	1-7, 11, 14, 18, 19
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 November 2016 (28.11.16)		Date of mailing of the international search report 06 December 2016 (06.12.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/079831

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-536856 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 22 October 2009 (22.10.2009), entire text; all drawings & US 2009/0069692 A1 entire text; all drawings & US 2009/0069693 A1 & US 2009/0182235 A1 & WO 2007/133882 A2 & WO 2007/133878 A2 & WO 2007/133881 A2	1-19

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 7 9 8 3 1	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/08 (2006.01) i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/08			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
X	JP 2012-533329 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 2012.12.27, 段落[0065]-[0067], 第5図 & US 2012/0116220 A1 段落[0071]-[0073], 第5図 & WO 2011/007278 A2 & CN 102469980 A & RU 2012105462 A	1-7, 11, 14, 18, 19	
X	JP 2014-503065 A (コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ) 2014.02.06, 段落[0094]-[0096], 第5図 & US 2013/0317362 A1 段落[0095]-[0097], 第5図 & WO 2012/085812 A2 & CN 103269639 A & RU 2013133827 A	1-7, 11, 14, 18, 19	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 28.11.2016		国際調査報告の発送日 06.12.2016	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 宮川 哲伸 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	2U 9208

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 7 9 8 3 1
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-536856 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロ ニクス エヌ ヴィ) 2009.10.22, 全文, 全図 & US 2009/0069692 A1 全文, 全図 & US 2009/0069693 A1 & US 2009/0182235 A1 & WO 2007/133882 A2 & WO 2007/133878 A2 & WO 2007/133881 A2	1-19

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	超声波诊断装置和超声波信号处理方法		
公开(公告)号	JPWO2017061560A1	公开(公告)日	2018-08-02
申请号	JP2017544228	申请日	2016-10-06
[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	進 泰彰		
发明人	進 泰彰		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/085 A61B8/4488 A61B8/463 A61B8/469 A61B8/485 A61B8/5223 A61B8/5269 G01S7/52022 G01S7/52042 G01S15/8915 G16H50/30		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/DD19 4C601/DD23 4C601/EE04 4C601/EE08 4C601/GB04 4C601/HH02 4C601/HH14 4C601/HH21 4C601/HH22 4C601/JB01 4C601/JB34 4C601/JC37		
优先权	2015200488 2015-10-08 JP		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声波诊断装置在被检体内设置特定部位，将用于向多个振子101a发送推压脉冲pp的推压脉冲产生部104，以及关注区域roi集中在被检体内的关注区域roi之外。检测波脉冲发生器105多次发送通过的检测波脉冲pwi，并在与多个检测波脉冲pwi的每一个对应的关注区域roi中生成针对多个观察点Pij的声线信号。位移检测器109，用于从声线信号帧数据dsi的序列和代表剪切波的波前位置的波前帧数据wfi的序列中检测感兴趣区域roi中的组织的位移，并基于此生成感兴趣区域。设置有弹性模量计算单元110，该弹性模量计算单元110计算剪切波传播速度或roi的弹性的帧速度emk。

