

(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2017-79977  
(P2017-79977A)

(43) 公開日 平成29年5月18日(2017.5.18)

(51) Int.Cl.  
A61B 8/08 (2006.01)

F I  
A61B 8/08

テーマコード(参考)  
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2015-210514 (P2015-210514)  
(22) 出願日 平成27年10月27日 (2015.10.27)

(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 田路 文平  
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 EE08 EE11 EE22  
HH14

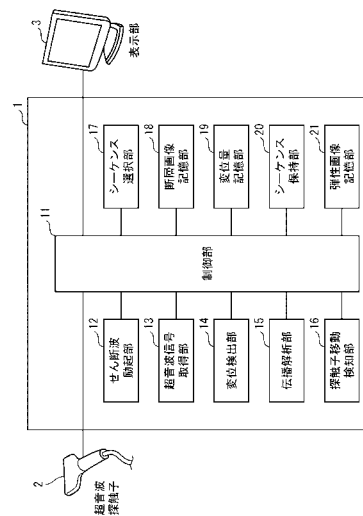
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、および、超音波信号処理方法

(57) 【要約】

【課題】せん断波を用いて組織の硬さを評価する超音波診断装置において、超音波探触子の動きに対応する。

【解決手段】プッシュパルスを送信してせん断波の伝播状態を検出する超音波診断装置であって、プッシュパルスを送信するプッシュパルス送信部と、プッシュパルスに続き検出波を被検体へ複数回送信し、検出波に対応する被検体からの反射検出波を受信して、プッシュパルスに起因するせん断波による被検体内の組織の変位を検出する変位検出部と、変位に基づいて、着目領域におけるせん断波の伝播状態を解析し、被検体内の各組織の弾性を計測する弾性計測部と、超音波探触子の移動速度を検知する探触子移動検知部と、弾性計測部が弾性を計測するための、プッシュパルス送信部と変位検出部と弾性計測部とが連携した一連の動作を規定する動作シーケンスを、探触子移動検知部の検知結果に基づいて選択するシーケンス選択部とを備える。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

超音波探触子を用い、被検体内の特定部位に超音波を集中させるプッシュパルスを送信して特定部位にある組織を物理的に押圧した後超音波の送受信を被検体内に対して繰り返し行うことで、押圧された特定部位の組織を振動源とするせん断波の、前記被検体内に設定した着目領域における伝播状態を検出する超音波診断装置であって、

プッシュパルスを送信するプッシュパルス送信部と、

前記プッシュパルスに続き検出波を被検体へ複数回送信し、検出波に対応する被検体からの反射検出波を受信して複数の受信信号を時系列に生成し、前記反射検出波の受信時刻のそれぞれにおける、前記プッシュパルスに起因するせん断波による被検体内の組織の変位をそれぞれ検出する変位検出部と、

前記変位検出部による検出結果に基づいて、前記着目領域におけるせん断波の伝播状態を解析し、被検体内の各組織の弾性を計測する弾性計測部と、

前記超音波探触子の移動速度を検知する探触子移動検知部と、

前記弾性計測部が弾性を計測するための、前記プッシュパルス送信部と前記変位検出部と前記弾性計測部とが連携した一連の動作を規定する動作シーケンスを複数保持するシーケンス保持部と、

前記探触子移動検知部の検知結果に基づいて、前記シーケンス保持部が保持する複数の動作シーケンスから、1つの動作シーケンスを選択するシーケンス選択部と

を備えることを特徴とする超音波診断装置。

## 【請求項 2】

前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が所定の速度を上回る場合、前記弾性計測部の計測結果に対する前記超音波探触子の移動速度の影響が小さくなるように動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 3】

前記弾性計測部の計測結果に基づいて、被検体内の各組織の弾性を示す弾性画像を 1 回の動作シーケンスに対して 1 枚生成する弾性画像生成部

をさらに備え、

前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回る場合、前記弾性画像のフレームレートが向上するように動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 4】

前記動作シーケンスは、1回のプッシュパルスの送信と、当該プッシュパルスに対応する変位の検出と、当該検出した変位に基づく弾性の計測とを含み、

前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回る場合、前記変位検出部における変位検出において、空間的な処理量、時間的な処理量のうち少なくとも一方を削減することで 1 回の動作シーケンスの所要時間が短縮するように動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 5】

前記動作シーケンスは、2 以上のサブシーケンスを含み、

サブシーケンスのそれぞれは、1回のプッシュパルスの送信と、当該プッシュパルスに対応する変位の検出と、当該検出した変位に基づく弾性の計測とを含み、

プッシュパルスが集中する位置は、サブシーケンスごとに異なり、

前記動作シーケンスは、サブシーケンスごとに計測した弾性を基に、被検体内の各組織の弾性を計測する処理をさらに含み、

前記シーケンス選択部は、(1)前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回る場合、前記変位検出部における変位検出において、空間的な処理量、時間的な処理量のうち少なくとも一方を削減することで 1 回のサブシーケンスの所要時間が短縮する、(2)

) 1回の動作シーケンスに含まれるサブシーケンスの回数が減少する、のうち少なくとも1つを満たすように動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項2または3に記載の超音波診断装置。

【請求項6】

前記動作シーケンスは、前記変位検出部が受信信号を生成し変位を検出する頻度を示す時間解像度と、前記変位検出部が変位を検出する際の空間分解能を示す空間解像度とを指定するパラメータにより規定され、

前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回る場合、前記時間解像度と前記空間解像度とのうち少なくとも一方が小さくなるように動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項2乃至5のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項7】

前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度以下である場合、前記変位検出部が生成する受信信号の空間解像度が向上するように動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項2乃至6のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項8】

前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が第1の速度を上回った場合は第1の動作シーケンスを選択し、前記超音波探触子の移動速度が前記第1の速度以下である時は第2の動作シーケンスを選択するとしたとき、前記超音波探触子の移動速度が前記第1の速度より速度が大きい第2の速度を上回った場合には、前記第1の動作シーケンスに替えて、第3の動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項2乃至7のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項9】

前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が第1の速度を上回っている場合には、前記超音波探触子の移動速度が第2の速度以下となるまで動作シーケンスを開始しないような動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項10】

前記第2の速度は、前記第1の速度以下である

ことを特徴とする請求項9に記載の超音波診断装置。

【請求項11】

前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が所定の速度以下である場合には、前記変位検出部が前記プッシュパルスの送信前に基準信号を生成して前記基準信号と前記受信信号との差異を用いて変位を検出し、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回っている時は、前記変位検出部が時系列に連続する複数の受信信号の差異を変位の変化量として用いることで変位を検出するように、動作シーケンスを選択する

ことを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項12】

前記探触子移動検知部は、前記超音波探触子を用いて取得した受信信号に基づいて前記超音波探触子の移動速度を検知する

ことを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項13】

前記探触子移動検知部は、前記超音波探触子の内部または外部に設けられたセンサから取得した信号に基づいて前記超音波探触子の移動速度を検知する

ことを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項14】

超音波探触子を用い、被検体内の特定部位に超音波を集中させるプッシュパルスを送信して特定部位にある組織を物理的に押圧した後超音波の送受信を被検体内に対して繰り返し行うことで、押圧された特定部位の組織を振動源とするせん断波の、前記被検体内の着

10

20

30

40

50

目領域における伝播状態を検出する超音波信号処理方法であって、

前記超音波探触子の移動速度を検出し、

前記被検体内の着目領域における弾性を計測するための一連の動作を規定する動作シーケンスを、前記超音波探触子の移動速度に基づいて予め保持している複数の動作シーケンスから選択し、

前記選択した動作シーケンスに基づいて、

プッシュパルスを送信し、

前記プッシュパルスに続き検出波を被検体へ複数回送信し、検出波に対応する被検体からの反射検出波を受信して複数の受信信号を時系列に生成し、前記反射検出波の受信時刻のそれぞれにおける、前記プッシュパルスに起因するせん断波による被検体内の組織の変位をそれぞれ検出し、

前記被検体内の組織の変位に基づいて、前記着目領域におけるせん断波の伝播状態を解析し、被検体内の各組織の弾性を計測する

ことを特徴とする超音波信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置およ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硬さ測定に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、被検体内の組織の硬さを評価する機能を有する超音波診断装置が普及してきている。超音波診断装置を用いて、硬さを評価する方法は大きく分けて2つある。1つは、超音波探触子を用いて被検体内の組織を体表から圧迫した後に解放し、圧迫に対する被検体内の組織の歪みの大きさから、被検体内の組織の相対的な硬さを評価する方法である。この方法では、組織が周辺組織と比べて硬いか軟らかいかという、被検体内の相対的な硬さを評価できる。

【0003】

もう1つは、被検体内に設定した着目領域 (ROI; Region of Interest) にせん断波 (shear wave) を生じさせ、着目領域内の組織の変位を時系列に取得することで、せん断波の伝播速度を計測する方法である。せん断波の伝播速度は組織の弾性率に応じて変化するため、この方法では組織の絶対的な硬さ (例えば、弾性率) を評価することができる。せん断波を生じさせる手法としては、例えば、ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) と呼ばれる、プッシュパルスを焦点に集中させることで、超音波であるプッシュパルスの音圧により、焦点上にある被検体内の組織に変位を発生させる手法が用いられる。ARFIを用いることで着目領域が体表から圧迫できない深さであっても硬さを評価することが可能となるため、いわゆる超音波画像 (Bモード画像) と硬さを評価して生成した弾性画像とを併用した画像診断が行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特表2013-544615号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、硬さの評価を行っているときに超音波探触子が移動すると、硬さの評価を行うことが困難となる。例えば、超音波画像と弾性画像を同時に生成して画像診断を行う場合に超音波探触子が移動すると、弾性画像内の組織の像と、超音波画像内の組織の像とが同一の組織の像であるか否かを判別できない可能性がある。これは、弾性画像を生成

10

20

30

40

50

するためにはプッシュパルスの送信とせん断波の弾性解析を行わなければならないため、弾性画像のフレームレートは超音波画像と比較して非常に低いからである。そのため、超音波探触子が移動していると弾性画像と超音波画像との間で着目領域のずれが発生し、同一組織に係る弾性画像内の組織の像と超音波画像内の組織の像との比較による診断が困難となる。また、例えば、せん断波による組織の変位を時系列に取得する過程で超音波探触子が移動すると、変位の検出が困難になる。特許文献1には、検出した変位から超音波探触子が移動したことによる影響を除く補正を行う技術が開示されているが、必ずしも十分な補正が行えるとは限らない。

【0006】

本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、超音波探触子の動きに対応できる超音波診断装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の一態様に係る超音波診断装置は、超音波探触子を用い、被検体内の特定部位に超音波を集中させるプッシュパルスを送信して特定部位にある組織を物理的に押圧した後超音波の送受信を被検体内に対して繰り返し行うことで、押圧された特定部位の組織を振動源とするせん断波の、前記被検体内に設定した着目領域における伝播状態を検出する超音波診断装置であって、プッシュパルスを送信するプッシュパルス送信部と、前記プッシュパルスに続き検出波を被検体へ複数回送信し、検出波に対応する被検体からの反射検出波を受信して複数の受信信号を時系列に生成し、前記反射検出波の受信時刻のそれぞれにおける、前記プッシュパルスに起因するせん断波による被検体内の組織の変位をそれぞれ検出する変位検出部と、前記変位検出部による検出結果に基づいて、前記着目領域におけるせん断波の伝播状態を解析し、被検体内の各組織の弾性を計測する弾性計測部と、前記超音波探触子の移動速度を検知する探触子移動検知部と、前記弾性計測部が弾性を計測するための、前記プッシュパルス送信部と前記変位検出部と前記弾性計測部とが連携した一連の動作を規定する動作シーケンスを複数保持するシーケンス保持部と、前記探触子移動検知部の検知結果に基づいて、前記シーケンス保持部が保持する複数の動作シーケンスから、1つの動作シーケンスを選択するシーケンス選択部とを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、上記構成により、超音波探触子の移動速度に基づいて、硬さの評価をするための動作シーケンスを変更することができる。そのため、超音波探触子の移動速度が大きい場合には、例えば、超音波探触子が移動したことによる影響を受けないような動作シーケンスを選択することができる。その一方、超音波探触子の移動速度が小さい場合には、例えば、超音波探触子が移動したことによる影響を受けるが測定精度が向上するような動作シーケンスを選択することができる。これにより、検査者が超音波診断装置の動作状態を気にすることなく超音波探触子を動かすことができ、利便性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1に係る超音波診断装置1のブロック図である。

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

【図3】実施の形態1に係る第1の動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図4】(a)は、第1の動作シーケンスに係るプッシュパルスの焦点位置を示す模式図である。(b)は、第2の動作シーケンスに係るプッシュパルスの焦点位置を示す模式図である。

【図5】せん断波の発生と伝播の様子を示す模式図である。

【図6】実施の形態1に係るせん断波の伝播解析の動作を示す模式図である。

【図7】(a)は、せん断波の速度測定を示す模式図である。(b)は、弾性画像の一例を示す模式図である。

【図8】(a-1)～(a-4)は、第1の動作シーケンスに係るサブシーケンス毎の伝

10

20

30

40

50

播解析結果を示す模式図である。(b)は、動作シーケンスごとの伝播解析結果を示す模式図である。(c)は、伝播解析結果の統合における重みづけ係数の一例を示す模式図である。(d-1)~(d-2)は、第2の動作シーケンスに係るサブシーケンス毎の伝播解析結果を示す模式図である。

【図9】実施の形態1に係る第2の動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図10】実施の形態2に係る超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートである。

【図11】実施の形態2に係る第3の動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図12】(a-1)、(a-2)は、検出波が平面波である場合の検出波送信の模式図である。(b-1)、(b-2)は、検出波が焦点波である場合の検出波送信の模式図である。(c-1)、(c-2)は、反射検出波の受信を時間的に疎に行う場合の模式図である。

10

【図13】実施の形態2の変形例に係る第3の動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図14】実施の形態3に係る超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートである。

【図15】実施の形態3に係る第4の動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図16】(a)、(b)は、断層画像信号と基準断層画像信号とで着目領域が一致しない場合を示す模式図である。(c)は、第1の動作シーケンスに係る変位検出動作を示す模式図である。(d)は、第4の動作シーケンスに係る変位検出動作を示す模式図である。

【図17】実施の形態4に係る超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートである。

20

【図18】実施の形態4に係る第5の動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図19】その他の変形例(1)に係る超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

発明を実施するための形態に至った経緯

発明者は、せん断波を用いて組織の硬さの評価を行う超音波診断装置において、超音波探触子の動きに対応するために各種の検討を行った。

せん断波を用いて組織の硬さの評価を行う超音波診断装置において、超音波探触子が動くことによる影響は複数存在するので、以下、それぞれの影響における課題点について説明する。

30

【0011】

まず、組織の硬さの評価を行う超音波診断装置では、着目領域内の硬さの分布を色で表現した弾性画像を表示したり、同じ領域を着目領域とする超音波画像に弾性画像を重ね表示したりといったことが一般に行われる。ここで、超音波画像は、例えば、Bモードの断層画像である。これは、着目領域内の各位置での硬さを数値で表現するよりも、周囲と硬さが異なる組織の形状を視覚的に示した上で、どの程度の硬さであるかを色で示した方が検査者にとって分かりやすいからである。また、同じ領域を着目領域とする超音波画像と照らし合わせることで、さらに、当該組織が超音波画像内でどのように映っているかを検査者が知ることができ、診断の助けとなるからである。一方で、上述したように、プッシュパルスの送信とせん断波の弾性解析の所要時間が大きいと、弾性画像のフレームレートは超音波画像のフレームレートより大幅に低い。そのため、超音波探触子がある程度以上の速度で移動すると、弾性画像と超音波画像とで着目領域が一致せず、組織の像同士を正しく対応付けることができない。以下、その理由について説明する。超音波画像においても弾性画像においても、画像の生成を開始してから終了するまでの間に超音波探触子が移動すると、超音波が送受信される実際の被検体内の領域、すなわち超音波診断装置が着目領域として処理する領域は、検査者が情報を取得しようとした領域、すなわち検査者が想定する検査対象領域とは一致しない。なぜならば、超音波診断装置は、着目領域を超音波探触子の位置と向きを基準とした相対的な位置として設定するので、超音波探触子の位置や向きが変化すると着目領域も連動して移動するからである。超音波探触子の移動速度

40

50

が同一である場合、フレームレートが低いほどフレーム間の超音波探触子の移動量が大きいので、当然にフレームレートが低いほど着目領域の移動量が大きい。そのため、超音波画像と弾性画像とで検査対象領域が同一となるように検査者が着目領域を設定しても、超音波画像と弾性画像とで着目領域の移動量が異なり、超音波画像と弾性画像との間で着目領域が一致しない。そのため、弾性画像内の座標と、超音波画像内の同一の座標とが、必ずしも被検体内の同一の場所に対応せず、弾性画像内の組織の像と、超音波画像内の組織の像との間で、同一の組織から取得した像同士を対応付けることができなくなる。

#### 【 0 0 1 2 】

そこで、発明者は、上記課題に鑑み、弾性画像のフレームレートを向上させる技術について検討を行った。

また、組織の硬さの評価を行う超音波診断装置では、着目領域内の変位の検出を行っている。変位の検出を行う方法としては、せん断波が伝播する過程において、超音波の送受信を繰り返し行って、時系列に取得したそれぞれの受信信号と変位が発生していない時刻に取得した基準信号との絶対差分に基づく方法と、時系列に取得したそれぞれの受信信号の間の相対差分（絶対差分の時間変化量）に基づく方法とがある。相対差分に基づく方法では、超音波探触子が移動しても受信信号間の着目領域の重複面積は過小にはならないため変位が検出しやすい反面、相対差分それぞれの誤差が累積し変位量の精度が低下しやすい課題がある。一方、絶対差分に基づく方法では、変位量の精度を向上させやすい反面、受信信号と基準信号との間で着目領域がずれると、着目領域のずれが大きくなるほど変位を算出できない領域が広がる課題がある。従来、組織の硬さの評価中は超音波探触子が移動しないことを前提として絶対差分に基づく変位の検出を行うが、超音波探触子の移動速度が速い場合には、変位が算出できない領域が広がるため、組織の弾性が評価できない領域が発生する場合がある。

#### 【 0 0 1 3 】

そこで、発明者は、上記課題に鑑み、超音波探触子の移動速度に応じて、変位の算出方法を変更させる技術について検討を行った。

また、発明者は、超音波探触子の移動速度が大きい状態が上述した種々の課題点を発生させ組織の硬さの評価を行うのに適していないという観点から、超音波探触子の移動速度が所定の速度を上回る場合には超音波探触子の移動速度が当該所定の速度を下回るまで弾性画像の生成を開始しない技術について検討を行った。

#### 【 0 0 1 4 】

以上の検討により、発明者は、超音波探触子の移動速度に応じて組織の硬さの評価動作の一部を変更するという着想を得て、実施の形態に係る超音波診断装置に相当するに至った。

以下、実施の形態に係る超音波診断装置について図面を用いて詳細に説明する。

#### 実施の形態 1

実施の形態 1 に係る超音波診断装置 1 のブロック図を図 1 に示す。超音波診断装置 1 は、制御部 1 1、せん断波励起部 1 2、超音波信号取得部 1 3、変位検出部 1 4、伝播解析部 1 5、探触子移動検知部 1 6、シーケンス選択部 1 7、断層画像記憶部 1 8、変位量記憶部 1 9、シーケンス保持部 2 0、弾性画像記憶部 2 1 を備える。また、制御部 1 1 には、超音波探触子 2 と表示部 3 とがそれぞれ接続可能に構成されている。図 1 は超音波診断装置 1 に超音波探触子 2、表示部 3 が接続された状態を示している。

#### 【 0 0 1 5 】

超音波探触子 2 は、例えば、一次元方向に配列された複数の振動子（不図示）を有する。各振動子は、例えば、P Z T（チタン酸ジルコン酸鉛）により構成される。超音波探触子 2 は、せん断波励起部 1 2 で生成された電気信号（以下、「A R F I 駆動信号」と呼ぶ）、または、超音波信号取得部 1 3 で生成された電気信号（以下、「送信駆動信号」と呼ぶ）を制御部 1 1 から受け取り、超音波に変換する。超音波探触子 2 は、超音波探触子 2 の振動子側外表面を被検体の皮膚表面など表面に接触させた状態で、A R F I 駆動信号又は送信駆動信号から変換され、複数の振動子から発せられる複数の超音波からなる超音波

ビームを被検体内の測定対象に向けて送信する。そして、超音波探触子 2 は、送信駆動信号に基づく送信検出波に対する、測定対象からの複数の反射検出波を受信し、複数の振動子によりこれら反射検出波をそれぞれ電気信号（以下、「素子受信信号」と呼ぶ）に変換し、制御部 11 を介して素子受信信号を超音波信号取得部 13 に供給する。

【0016】

せん断波励起部 12 は、プッシュパルス超音波探触子 2 に送出させるための電気信号である A R F I 駆動信号を生成する。プッシュパルスとは、被検体内にせん断波を発生させるため、被検体内の組織に変位をもたらすためのパルス状の超音波である。具体的には、被検体内の着目領域内のある領域を焦点とする、波数が後述する送信検出波より多い超音波である。したがって、A R F I 駆動信号は、超音波探触子 2 を構成する各振動素子から送出される超音波が焦点に届くように生成される、パルス状の電気信号である。せん断波励起部 12 は、制御部 11 から、後述する動作シーケンスに規定されたプッシュパルス毎の焦点位置、送信に用いる振動子、波数または送信時間長などを受け取り、動作シーケンスに基づいて A R F I 駆動信号を生成する。

10

【0017】

超音波信号取得部 13 は、送信検出波を超音波探触子 2 に送出させるための電気信号である送信駆動信号を生成する。送信駆動信号は、例えば、超音波探触子 2 を構成する各振動素子から送出される送信検出波が特定の向きに進行する平面波となるように生成される、振動素子ごとにタイミングを揃えた、または、振動子列の一方の端から他方の端まで固定ピッチで段階的に動作タイミングをずらした、パルス状の電気信号である。または、送信駆動信号は、例えば、超音波探触子 2 を構成する各振動素子から送出される送信検出波が送信フォーカス点に同時に届く焦点波となるように生成される、振動素子ごとにタイミングの異なるパルス状の電気信号であってもよい。また、超音波信号取得部 13 は、反射検出波に基づく素子受信信号に整相加算を行って音響線信号を生成する。送信検出波が平面波である場合、送信検出波は着目領域全体に行き渡るように送信され、着目領域全体の音響線信号が反射超音波に基づいて生成される。一方、送信検出波が焦点波である場合、反射超音波に基づく音響線信号は、送信検出波が通過した領域の一部である、送信フォーカス点およびその近傍を含む、着目領域を素子列方向に分割した領域に対して生成される。したがって、送信検出波が焦点波である場合、着目領域全体の音響線信号を得るため、送信フォーカス点を素子列方向に移動させながら、送信検出波の送信と反射検出波の受信が繰り返し行われる。超音波信号取得部 13 は、生成した音響線信号を、制御部 11 を介して断層画像記憶部 18 に出力する。

20

30

【0018】

変位検出部 14 は、変位検出の対象となる 1 つの断層画像に係る複数の音響線信号（以下、「断層画像信号」と呼ぶ）と、基準となる 1 つの断層画像に係る複数の音響線信号（以下、「基準断層画像信号」と呼ぶ）とを、制御部 11 を介して断層画像記憶部 18 から取得する。基準断層画像信号とは、断層画像信号からせん断波による変位を抽出するために用いるものであり、具体的には、プッシュパルス送出前に着目領域を撮像した断層画像信号である。そして、変位検出部 14 は、断層画像信号と基準断層画像信号との差分から、断層画像信号の各画素の変位を検出し、変位を各画素の座標と関連付けて変位画像を生成する。変位検出部 14 は、生成した変位画像を、制御部 11 を介して変位量記憶部 19 に出力する。

40

【0019】

伝播解析部 15 は、変位画像を、制御部 11 を介して変位量記憶部 19 から取得する。伝播解析部 15 は、変位画像から、変位画像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、変位画像の各画素に対応する被検体組織の弾性率を算出して弾性画像を生成する。伝播解析部 15 は、生成した弾性画像を、制御部 11 を介して弾性画像記憶部 21 に出力する。

【0020】

探触子移動検知部 16 は、超音波探触子 2 の移動速度を検出してシーケンス選択部 17

50

に出力する。具体的には、探触子移動検知部 16 は、断層画像記憶部 18 から、最新の断層画像信号と、その直前の断層画像信号とを取得し、その差分から、超音波探触子 2 の移動速度を検出する。なお、超音波探触子 2 の移動速度は、例えば、最新の断層画像信号と、その直前の断層画像信号との差分（変位）を画素毎に算出し、画素毎の差分の最小値に断層画像のフレームレートを乗じることで算出することができる。なお、画素毎の差分の最小値に替えて中間値など他の代表値を用いてもよいし、例えば、プッシュパルスの焦点位置と深さのみが大きく異なる位置などのせん断波が通過し得ない場所に相当する画素における差分を用いて、超音波探触子 2 の移動速度を算出してもよい。または、差分（変位）の算出の際、素子の並び方向成分の差分（変位）のみを検出するとしてもよい。これは、せん断波による変位は原則として深さ方向に発生するため、素子の並び方向の差分（変位）は超音波探触子 2 の移動に起因する可能性が高いからである。なお、超音波探触子 2 の移動速度の検出方法は上述の方法に限らず断層画像信号を用いた任意の方法を用いてもよい。または、例えば、超音波探触子 2 は速度センサをさらに内蔵しており、探触子移動検知部 16 は当該速度センサの検出値を用いるとしてもよい。または、例えば、超音波診断装置 1 は超音波探触子 2 の動きを検出するためのカメラをさらに備え、超音波探触子 2 はカメラを用いて超音波探触子 2 の位置と向きとを検出するためのマーカを備え、探触子移動検知部 16 は当該カメラが取得した画像からマーカの動きを検出することで超音波探触子 2 の移動速度を検出するとしてもよい。

10

#### 【0021】

シーケンス選択部 17 は、探触子移動検知部 16 が検出した超音波探触子 2 の移動速度を用いて、シーケンス保持部 20 が保持している複数の動作シーケンスの中から 1 つの動作シーケンスを選択する。ここで、動作シーケンスとは、1 つの弾性画像を生成するための超音波診断装置 1 の一連の動作を指し、具体的には、1 回以上のプッシュパルスの送信、プッシュパルスの送信ごとに行われる検出波の送信と反射検出波の受信、伝播解析、を少なくとも含む。すなわち、動作シーケンスは、せん断波励起部 12、超音波信号取得部 13、変位検出部 14、伝播解析部 15 が連携した一連の動作を規定したものである。動作シーケンスには、例えば、プッシュパルスの送信回数、プッシュパルス毎の焦点位置・送信に用いる振動子・波数または送信時間長、検出波が平面波か焦点波であるかの情報、検出波が平面波である場合はその送出方向、検出波が焦点波である場合は送信フォーカス点の個数・各送信フォーカス点の位置・各送信フォーカス点の位置に対応する音響線信号生成領域、断層画像信号のフレームレートなどが含まれる。なお、動作シーケンスは、上述した検出波の送信と反射検出波の受信、伝播解析といった一連の動作に対して付随する動作を規定する情報をさらに含んでもよく、例えば、弾性画像を生成するか否か、弾性画像の表示形態などの情報を含んでもよい。

20

30

#### 【0022】

制御部 11 は、上述したような各構成要素の制御に加え、超音波信号取得部 13 が生成した断層画像および伝播解析部 15 が生成した弾性画像を表示部 3 に出力する。なお、弾性画像を表示部 3 に出力する際、制御部 11 は幾何変換を行い、断層画像を表示部 3 に出力する際、制御部 11 は、幾何変換に加えて包絡線検波、対数圧縮等を行う。

断層画像記憶部 18、変位量記憶部 19、シーケンス保持部 20、弾性画像記憶部 21 は、それぞれ、断層画像、変位画像、動作シーケンスデータ、弾性画像データを記憶する。断層画像記憶部 18、変位量記憶部 19、シーケンス保持部 20、弾性画像記憶部 21 のそれぞれは、例えば、RAM、フラッシュメモリ、ハードディスク、光学ディスクなどの記憶媒体で実現される。なお、断層画像記憶部 18、変位量記憶部 19、シーケンス保持部 20、弾性画像記憶部 21 のうち 2 以上を単一の記憶媒体で実現してもよい。あるいは、断層画像記憶部 18、変位量記憶部 19、シーケンス保持部 20、弾性画像記憶部 21 は、超音波診断装置 1 の他の要素の内部に実現されてもよく、例えば、シーケンス保持部 20 は、シーケンス選択部 17 の一部であってもよい。また、断層画像記憶部 18、変位量記憶部 19、シーケンス保持部 20、弾性画像記憶部 21 のうち 1 以上は、超音波診断装置 1 の外部に構成され、USB、eSATA、SDIO などのインターフェースを介

40

50

して超音波診断装置1と接続されてもよいし、超音波診断装置1からネットワークを介してアクセス可能に構成された資源、例えば、ファイルサーバやNAS (Network Attached Storage) であってもよい。

#### 【0023】

制御部11、せん断波励起部12、超音波信号取得部13、変位検出部14、伝播解析部15、探触子移動検知部16、シーケンス選択部17のそれぞれは、例えば、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェアにより実現される。なお、これらのうち2以上を単一の要素として構成してもよく、例えば、せん断波励起部12と超音波信号取得部13とを1構成として実現してもよい。この場合、超音波信号取得部13の送信駆動信号を生成する構成と同一の構成を用いてARFI駆動信号を生成することで、せん断波励起部12を超音波信号取得部13の構成を用いて実現することができる。なお、これらの一部または全部は、単一のFPGA、または、ASICで実現されてもよい。また、これらは、それぞれ個別に、または、2以上を1まとめとして、メモリと、CPU (Central Processing Unit)、GPU (General Purpose Graphic Processing Unit) などのプログラマブルデバイスとソフトウェアで実現されてもよい。

10

#### 【0024】

##### <動作>

20

実施の形態1に係る超音波診断装置1の動作について説明する。図2は、超音波診断装置1全体の動作を示すフローチャートである。

まず、被検体に超音波を送受信し、取得した受信信号を記憶する(ステップS10)。具体的には、次のような動作となる。まず、以下のように送信イベントを行う。最初に、超音波信号取得部13が、パルス状の送信信号を生成する。次に、超音波信号取得部13は、送信信号に対して、超音波探触子2の素子毎の遅延時間を設定する送信ビームフォーミングを行い、超音波探触子2の各素子に対応する複数の送信駆動信号を生成する。超音波探触子2の各振動子に対応する送信駆動信号を超音波に変換することで、超音波ビームが被検体内に送出される。次に、超音波探触子2の各振動子は、被検体内から反射された反射超音波を取得して素子受信信号に変換する。超音波信号取得部13は、素子受信信号に整相加算を行い、音響線信号を生成する。制御部11は、送信イベントごとに超音波信号取得部13から音響線信号を取得し、1つの断層画像を構成する複数の音響線信号を断層画像記憶部18に記憶する。

30

#### 【0025】

次に、超音波探触子2の移動速度を検出する(ステップS20)。具体的には、探触子移動検知部16は、最新の送信イベントに係る音響線信号と、その直前の送信イベントに係る音響線信号とを断層画像記憶部18から取得し、音響線信号間の差分(変位)を相関処理によって検出する。探触子移動検知部16は、例えば、差分の最小値、中間値などの代表値に、送信イベントの実行時刻差を乗じることで、超音波探触子2の移動速度を算出することができる。

40

#### 【0026】

次に、動作シーケンスを決定する(ステップS30、S40)。具体的には、シーケンス選択部17は、超音波探触子2の移動速度が所定のしきい値を上回っているか否かを判定する(ステップS30)。ここで、所定のしきい値は、例えば、10mm/sである。シーケンス選択部17は、超音波探触子2の移動速度が所定のしきい値以下である場合(S30でNo)、従来の超音波診断装置と同様の第1の動作シーケンスを選択する(ステップS40)。この第1の動作シーケンスでは、着目領域をn個(nは2以上の整数)の小領域に分割し、各小領域を1回のプッシュパルスの送信とそれに続く複数回の検出波の送受信によりせん断波の伝播解析を行い(これらをまとめて「サブシーケンス」と呼ぶ)、n回のサブシーケンスによる伝播解析結果を合成して弾性画像を生成する。以下、n =

50

4 の場合について説明する。一方、シーケンス選択部 17 は、超音波探触子 2 の移動速度が所定のしきい値より速い場合 (S 30 で Yes)、第 2 の動作シーケンスを選択する (ステップ S 41)。この第 2 のシーケンスでは、弾性画像のフレームレートを向上させるため、着目領域を  $m$  個 ( $m$  は 1 以上で  $n$  より小さい整数) の小領域に分割し、各小領域をそれぞれサブシーケンスによって伝播解析し、 $m$  回のサブシーケンスによる伝播解析結果を合成して弾性画像を生成する。以下、 $m = 2$  の場合について説明する。

#### 【0027】

次に、動作シーケンスを実行する (ステップ S 50、S 60)。

ここでは、ステップ S 50 についてのみ説明し、ステップ S 60 についてはステップ S 50 との差異を後述する。図 3 は、S 50 の動作シーケンスに係る詳細な動作を示したフローチャートである。

10

まず、制御部 11 が、着目領域を設定する (ステップ S 410)。着目領域を設定する方法は、例えば、表示部 3 に断層画像記憶部 18 に記録されている最新の断層画像を表示し、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) を通して検査者に着目領域を指定させる。なお、着目領域の設定方法はこの場合に限られず、例えば、断層画像の全域を着目領域としてもよいし、あるいは、断層画像の中央部分を含む一定範囲を着目領域としてもよい。また、着目領域を設定する際に、改めて断層画像を取得してもよい。

#### 【0028】

次に、着目領域に超音波を送受信し、取得した受信信号を基準信号として記憶する (ステップ S 420)。具体的には、送信イベントを行い、1 つの断層画像を構成する複数の音響線信号を、基準断層画像信号として、断層画像記憶部 18 に記憶する。

20

続いて、プッシュパルスの送信とそれに続く複数回の検出波の送受信、せん断波の伝播解析からなるサブシーケンスを実行する。まず、第 1 のサブシーケンス ( $i = 1$  に係るステップ S 441 ~ S 444) を実行する (ステップ S 430)。

#### 【0029】

第 1 のサブシーケンスでは、最初に、プッシュパルスを送信する (ステップ S 441)。具体的には、せん断波励起部 12 が、第 1 の動作シーケンスにおいて第 1 のプッシュパルスと規定されているプッシュパルスの焦点位置、送信に用いる振動子、波数または送信時間長に基づいて、パルス状の A R F I 信号を生成する。次に、せん断波励起部 12 は、A R F I 信号に対して、超音波探触子 2 の素子毎の遅延時間を設定する送信ビームフォーミングを行い、超音波探触子 2 の各素子に対応する複数の A R F I 駆動信号を生成する。第 1 のプッシュパルスの焦点位置としては、例えば、着目領域を振動子の列方向に  $n$  分割 (ここでは 4 分割) した小領域の 1 つの中央である。図 4 (a) を用いて具体例を説明する。図 4 (a) において、 $x$  方向は振動子の列方向であり、 $y$  方向は深さ方向である。このとき、着目領域 401 を 4 つの小領域 402、403、404、405 に分割し、第 1 のプッシュパルスを、小領域 402 の内部である焦点位置 412 に集束するように送信する。超音波探触子 2 の各振動子に対応する送信駆動信号を超音波に変換することで、プッシュパルスが被検体内に送出される。

30

#### 【0030】

ここで、プッシュパルスによるせん断波の生成について、図 5 (a) ~ (e) の模式図を用いて説明する。図 5 (a) は、着目領域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 5 (a) ~ (e) において、個々の “ ” は、着目領域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。ここで、超音波探触子 2 を皮膚表面 100 に密接させた状態で焦点 101 に対してプッシュパルスを印加すると、図 5 (b) の模式図に示すように、焦点 101 に位置していた組織 132 が、プッシュパルスの進行方向に押されて移動する。また、組織 132 からプッシュパルスの進行方向側にある組織 133 は、組織 132 に押されてプッシュパルスの進行方向に移動する。次に、プッシュパルスの送信が終了すると、組織 132、133 が元の位置に復元しようとするので、図 5 (c) の

40

50

模式図に示すように、組織 1 3 1 ~ 1 3 3 がプッシュパルスの進行方向に沿った振動を開始する。すると、図 5 ( d ) の模式図に示すように、振動が組織 1 3 1 ~ 1 3 3 に隣接する、組織 1 2 1 ~ 1 2 3 および組織 1 4 1 ~ 1 4 3 に伝播する。さらに、図 5 ( e ) の模式図に示すように、振動がさらに組織 1 1 1 ~ 1 1 3 および組織 1 5 1 ~ 1 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の印加場所に発生し、被検体内を伝播する。

#### 【 0 0 3 1 】

図 3 に戻って説明を続ける。次に、着目領域に超音波を複数回送受信し、取得した複数の超音波信号を記憶する ( ステップ S 4 4 2 ) 。具体的には、プッシュパルスの送信終了の直後から、例えば、秒間 1 万回、ステップ S 1 0 と同じ動作を繰り返し行う。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、被検体の断層画像を繰り返し取得する。

10

#### 【 0 0 3 2 】

次に、各画素の変位を検出する ( ステップ S 4 4 3 ) 。具体的には、まず、変位検出部 1 4 が、ステップ S 4 2 0 で断層画像記憶部 1 8 に記憶された基準断層画像信号を取得する。次に、変位検出部 1 4 は、ステップ S 4 4 2 で断層画像記憶部 1 8 に記憶された各断層画像信号に対し、基準断層画像信号との差分から、当該断層画像信号に係る反射検出波を受信した時刻における、各画素の変位を検出する。より具体的には、例えば、断層画像信号と基準断層画像信号との相関処理を行うことで、断層画像信号上の画素が基準断層画像信号上のいずれの画素に対応するのかを検索し、その座標差を、断層画像信号上の画素に対応する変位として特定する。なお、変位の検出方法は相関処理に限られず、例えば、パターンマッチングなど、2 つの断層画像信号間の動き量を検出する任意の技術を用いてもよい。パターンマッチングの例としては、例えば、断層画像信号を 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、各領域と基準断層画像信号とをパターンマッチングすることで、断層画像信号の各画素の変位を検出することができる。パターンマッチングの方法としては、例えば、各領域と基準断層画像信号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。なお、所定の大きさの領域は他のサイズであってもよいし、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、相関処理やパターンマッチングにより変位を検出する際、対応する画素の座標差ではなく、対応する画素の y 座標の差 ( 深さの差 ) を変位の大きさとして用いてもよい。これは、せん断波の伝播方向が原則として素子列方向 ( x 方向 ) であるため、せん断波による変位は伝播方向とは直交する方向であり、原則として深さ方向 ( y 方向 ) であるからである。以上の処理により、各断層画像信号の各画素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。変位検出部 1 4 は、1 の断層画像に係る各画素の変位を当該画素の座標と対応付けることで変位画像を生成し、生成した変位画像を変位量記憶部 1 9 に出力する。

20

30

#### 【 0 0 3 3 】

次に、せん断波の伝播解析を行う ( ステップ S 4 4 4 ) 。具体的には、各変位画像からせん断波の波面を抽出して波面画像を生成する。この波面画像より、波面の位置、振幅、進行方向および速度を容易に検出することができる。波面画像の生成は、例えば、変位領域の抽出、細線化処理、空間フィルタリング、時間フィルタリングの手順によって行う。

40

図 6 を用いて具体的な処理を説明する。図 6 ( a ) は、変位画像の一例を示している。図 5 と同じく、図中の “ ” は着目領域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。伝播解析部 1 5 は、y 座標ごとに変位量  $\Delta y$  を座標 x の関数として、動的閾値を用いることで変位量  $\Delta y$  が大きい領域を抽出する。また、x 座標ごとに変位量  $\Delta x$  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  $\Delta x$  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

50

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6(a)に、 $y = y_1$ の直線210上における変位量をプロットしたグラフ211と、 $x = x_1$ の直線220上における変位量をプロットしたグラフ221とを示す。これにより、例えば、変位量が閾値より大きな変位領域230が抽出できる。

#### 【0034】

次に、伝播解析部15は、変位領域に細線化処理をおこなって波面を抽出する。図6(b)の模式図に示している変位領域240、250は、それぞれ、ステップS52において変位領域として抽出された領域である。伝播解析部15は、例えば、Hilditch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6(b)の模式図において、変位領域240から波面241が、変位領域250から波面251が、それぞれ抽出される。なお、細線化のアルゴリズムはHilditch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。

#### 【0035】

次に、伝播解析部15は、細線化処理後の波面画像データ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。例えば、ステップS53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6(c)の波面画像に示すように、波面261~264の長さの平均値を算出し、それよりも短い波面263、264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。

#### 【0036】

伝播解析部15は、変位領域の抽出、細線化処理、空間フィルタリングの動作を、全ての変位画像に対して行う。これにより、変位画像に対して1対1で波面画像データが生成される。

最後に、伝播解析部15は、複数の波面画像データ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。具体的には、時間的に連続する2以上の波面画像において、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。伝播解析部15は、例えば、時刻 $t = t_1$ の波面画像270、時刻 $t = t_1 + \Delta t$ の波面画像280、時刻 $t = t_1 + 2\Delta t$ の波面画像290との間で、波面位置の時間変化を検出する。例えば、波面271に対して、波面画像280のうち、波面271と同じ位置を中心に、波面と垂直な向き(図6においてはx軸方向)に $\Delta t$ の間にせん断波が移動しうる領域276で、波面271との相関処理を行う。このとき、波面271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271の移動先が波面画像280内の波面281であると検出し、時間 $\Delta t$ における波面271の移動距離を算出する。同様に、波面272、273のそれぞれについて、波面画像280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 $\Delta t$ 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272が波面283の位置に、波面273が波面282の位置に、それぞれ移動したことを検出する。波面画像280と波面画像290の間でも同様の処理を行い、波面281が波面291の位置に、波面282が波面292の位置に、波面283が波面293の位置に、それぞれ移動したことを検出する。ここで、波面273、波面282、波面292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6(e)の波面画像300に示すように、波面301、302が検出できる。

#### 【0037】

伝播解析部15は、生成した時刻ごとの波面画像データと、波面の対応情報とを用いて、波面の位置と速度を算出する。ここで、波面の対応情報とは、同一の波面が各波面画像

10

20

30

40

50

のどの波面に対応するかを示した情報であり、例えば、図6(d)において、波面272が波面283の位置に移動したことが検出された場合、波面283と波面272とが同一の波面であるという情報である。以下、図7を用いて波面の速度算出について説明する。図7(a)は、ある時刻 $t_1$ における波面画像と、時刻 $t_2$  ( $t_1 < t_2$ )における波面画像を1つの波面画像310として合成したものである。ここで、時刻 $t_1$ における波面311と、時刻 $t_2$ における波面312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15は、対応情報から、波面311上の座標 $(x_{t1}, y_{t1})$ に対応する波面312上の座標 $(x_{t2}, y_{t2})$ を検出する。これにより、時刻 $t_1$ に座標 $(x_{t1}, y_{t1})$ を通過したせん断波が、時刻 $t_2$ に座標 $(x_{t2}, y_{t2})$ に到達していると推定できる。したがって、座標 $(x_{t1}, y_{t1})$ を通過したせん断波の速度 $v(x_{t1}, y_{t1})$ は、座標 $(x_{t1}, y_{t1})$ と座標 $(x_{t2}, y_{t2})$ との間の距離 $d$ を所要時間 $t = t_2 - t_1$ で割った値と推定できる。すなわち、 $v(x_t, y_t) = d / t = \{ (x_{t2} - x_{t1})^2 + (y_{t2} - y_{t1})^2 \} / t$ となる。伝播解析部15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、これを保持する。

#### 【0038】

図3に戻って説明を続ける。以上の動作により、第1のサブシーケンスが終了する。第1のサブシーケンスの終了後、全てのサブシーケンスが完了していないので(ステップS445でYes)、第2のサブシーケンスを実行する(ステップS446)。

次に、第2のサブシーケンスを実行する。第2のサブシーケンスでは、ステップS441で送出されるプッシュパルスの特性を除き、第1のサブシーケンスと同様の動作を行う。第2のサブシーケンスに係るプッシュパルスの送信(ステップS441で $i = 2$ )では、第1のサブシーケンスとは異なる小領域の1つの中央、例えば、図4(a)における焦点位置422にプッシュパルスを送信する。ステップS442~ステップS444の動作は第1のサブシーケンスと同様であるので説明を省略する。

#### 【0039】

以下、同様に、第3のサブシーケンス、第4のサブシーケンスが実行される。第3のサブシーケンスにおいて、同様に、プッシュパルスの送信(ステップS441で $i = 3$ )では、第1のサブシーケンスとも第2のサブシーケンスとも異なる小領域の1つの中央、例えば、図4(a)における焦点位置432にプッシュパルスを送信する。また、第4のサブシーケンスにおいても、同様に、プッシュパルスの送信(ステップS441で $i = 4$ )では、第1~第3のサブシーケンスのいずれとも異なる小領域の1つの中央、例えば、図4(a)における焦点位置442にプッシュパルスを送信する。

#### 【0040】

すべてのサブシーケンスの処理が終了した後(ステップS445でNo)、伝播解析部15は、伝播解析結果の統合を行う(ステップS450)。具体的には、サブシーケンスごとに算出したせん断波の向きと速度を集計し、着目領域の各座標におけるせん断波の向きと速度を算出する。図8の模式図を用いて説明する。図8(a-1)~(a-4)は、それぞれ、第1~第4のサブシーケンスにおける、着目領域とせん断波の速度分布、および、プッシュパルスの焦点との位置関係を示している。例えば、図8(a-1)における速度分布図410では、着目領域411の左端近くにプッシュパルスの焦点位置412が存在し、せん断波の伝播速度が高い領域413が検出されている。同様に、図8(a-2)における速度分布図420では、着目領域421の左寄りにプッシュパルスの焦点位置422が存在し、せん断波の伝播速度が高い領域423が検出されている。また、図8(a-3)における速度分布図430では、着目領域431の右寄りにプッシュパルスの焦点位置432が存在し、せん断波の伝播速度が高い領域433が検出されている。同様に、図8(a-4)における速度分布図440では、着目領域441の右端近くにプッシュパルスの焦点位置442が存在し、せん断波の伝播速度が高い領域443が検出されている。なお、せん断波の伝播速度が高い領域413、423、433、443は、実際には1つの組織に対応したものであるが、せん断波の減衰により、プッシュパルスの焦点位置より近い部分はその他の領域との境界が明確である半面、プッシュパルスの焦点位置より

10

20

30

40

50

遠い部分についてはその他の領域との境界が不明確となることがある。これらを統合し、図 8 ( b ) に示すような 1 つの速度分布図 4 5 0 を作成する。具体的には、各座標について、速度分布図 4 1 0、4 2 0、4 3 0、4 4 0 のそれぞれからせん断波の速度を取得し、代表値を算出する。代表値の算出方法としては、例えば、重みづけ平均、最大値などを用いてもよいし、または、無効なデータ (例えば、速度が取得できておらず値がない、他の速度分布図から取得した速度のいずれとも差異が大きい、など) を除いた平均値を用いるとしてもよい。重みづけ平均を用いる場合、重みづけ係数  $a_i$  としては、プッシュパルスの焦点位置に近づくほど大きく、プッシュパルスの焦点位置から遠ざかるほど小さくなる値を用いることができる。これは、プッシュパルスの焦点距離から近いほどせん断波のエネルギーが大きく、せん断波速度の精度が高いことが期待できるからである。重みづけ係数  $a_i$  の一例として、図 8 ( c ) の係数 4 6 1 に示すように、プッシュパルスの焦点位置 ( x 座標が  $x_f$  ) と x 座標の差が一定以上であれば 0 としてもよいし、図 8 ( c ) の係数 4 6 2 ~ 4 6 4 に示すように、プッシュパルスの焦点位置 ( x 座標が  $x_f$  ) と x 座標の差が小さいほど大きくなるような任意の関数を使用してもよい。このようにすることで、せん断波の伝播速度が高い領域 4 5 3 の全貌が確認できるような速度分布図 4 5 0 を生成することができる。

10

20

30

40

50

#### 【 0 0 4 1 】

最後に、伝播解析部 1 5 は、弾性画像を生成する (ステップ S 4 6 0)。具体的には、速度分布図の各画素についてせん断波の速度から弾性率を算出し、各画素と弾性率とを対応付けて弾性画像を生成する。座標 (  $x_t$ 、  $y_t$  ) における弾性率  $E ( x_t、 y_t )$  は、当該座標におけるせん断波の速度  $v ( x_t、 y_t )$  を用いて、以下のように算出できる。

$$E ( x_t、 y_t ) = 2 ( 1 + \quad ) \cdot v ( x_t、 y_t )^2$$

ここで、  $\quad$  は座標 (  $x_t$ 、  $y_t$  ) における組織のポアソン比、  $\quad$  は密度である。簡易的には、例えば、  $\quad = 0.5$ 、  $\quad = 1 \text{ g / cm}^3$  として、以下のように算出してよい。

$$E ( x_t、 y_t ) = 3 \cdot v ( x_t、 y_t )^2$$

各画素と弾性率との対応付けは、例えば、色情報をマッピングすることで行う。これにより、例えば、図 7 ( b ) に示すように、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 3 2 0 を生成する。分類は二値化に限られず、所定の段階で分類及び色分けを行ってよい。図 7 ( b ) において、領域 3 2 2 は弾性率が一定値以上の領域であり、内包物 3 2 1 に対応する。なお、図 7 ( b ) では説明のために内包物 3 2 1 を明示しているが、内包物 3 2 1 は実際の弾性画像上には直接現れない。伝播解析部 1 5 は、生成した弾性画像を制御部 1 1 に出力し、制御部 1 1 は弾性画像を弾性画像記憶部 2 1 に出力する。

#### 【 0 0 4 2 】

以上で動作シーケンスの実行を終了する。続く処理を図 2 に戻って説明する。次に、制御部 1 1 は、弾性画像と超音波画像とを表示する (ステップ S 5 0)。具体的には、制御部 1 1 は、ステップ S 4 6 0 で生成された弾性画像と、ステップ S 4 2 0 で取得した基準断層画像信号と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と超音波画像とを表示部 3 に出力する。

#### 【 0 0 4 3 】

制御部 1 1 は、さらに処理を続行するか否かをユーザ (検査者) から受け付け、処理を続行する場合にはステップ S 1 0 に戻って処理を再開、処理を続行しない場合は処理を終了する (ステップ S 7 0)。

一方、第 2 の動作シーケンス (ステップ S 6 0) を実行する場合について説明する。図 9 は、第 2 の動作シーケンスの詳細を示すフローチャートである。なお、図 3 と同じ動作については同じステップ番号を付し、説明を省略する。第 2 の動作シーケンスは、ステップ S 4 4 1、S 4 4 5、S 4 5 0 に替えてそれぞれステップ S 4 7 1、S 4 7 5、S 4 8 0 を実行する点、および、ステップ S 4 7 1、S 4 4 2 ~ S 4 4 4 からなるサブシーケンスの実行回数が異なる点を除き、第 1 の動作シーケンスと同様であるので、以下、差異について説明する。

## 【 0 0 4 4 】

第2の動作シーケンスにおいては、サブシーケンスの数が $n (= 4)$ より少ない $m (= 2)$ であるため、プッシュパルスの焦点位置も第1の動作シーケンスとは異なる。ステップS471において、第1のプッシュパルス( $i = 1$ )の焦点位置としては、例えば、着目領域を振動子の列方向に $m$ 分割(ここでは2分割)した小領域の1つの中央である。図4(b)を用いて具体例を説明する。着目領域407を4つの小領域408、409に分割し、第1のプッシュパルスを、小領域408の内部である焦点位置472に送信する。同様に、第2のプッシュパルス( $i = 2$ )は、小領域409の内部である焦点位置482に送信する。

## 【 0 0 4 5 】

また、すべてのサブシーケンスの処理が終了した後(ステップS475でNo)、伝播解析部15は、伝播解析結果の統合を行う(ステップS480)。具体的な処理はステップS450と同様であるが、サブシーケンスの個数が異なるため、当然に、速度分布図は、図8(d-1)、(d-2)に示すように、第1のサブシーケンスと第2のサブシーケンスとのそれぞれに係る速度分布図470、480しか存在しない。なお、速度分布図470では、着目領域471の左側にプッシュパルスの焦点位置472が存在し、せん断波の伝播速度が高い領域473が検出されており、同様に、速度分布図480では、着目領域421の右側にプッシュパルスの焦点位置482が存在し、せん断波の伝播速度が高い領域483が検出されている。また、せん断波の伝播速度が高い領域473、483は、同様に、実際には1つの組織に対応したものである。これらを統合し、図8(b)に示すような1つの速度分布図450を作成する。なお、この場合において、重みづけ平均を用いる場合、ステップS450と同じ重みづけ係数を用いてもよいが、例えば、プッシュパルスの焦点位置から遠ざかってもステップS450の場合より重みづけ係数が大きくなるような係数、具体的には、図8(c)の係数465を用いてもよい。これは、ステップS450の場合より統合の対象が少なくなるため、プッシュパルスの焦点近傍のみを抽出するような重みづけ係数を用いると、速度が取得できていない領域が生じる危険性があるからである。

## 【 0 0 4 6 】

以上説明したように、第2のシーケンスでは、第1のシーケンスと比べ、サブシーケンスの実行回数が減少するため、1つの弾性画像の生成に要する時間は約 $m/n$ 倍、すなわち $1/2$ に削減することが可能となる。したがって、弾性画像のフレームレートは約 $n/m$ 倍、つまり、2倍に向上させることができる。

## &lt; まとめ &gt;

上記構成により、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、1つの弾性画像の生成に必要なサブシーケンスの回数が小さい第2の動作シーケンスを動作シーケンス選択部が選択する。これにより、超音波探触子の移動速度が大きい場合には、弾性画像のフレームレートを向上させて、超音波画像と弾性画像との間の着目領域のずれという超音波探触子の移動速度の影響を小さくすることができる。さらに、弾性画像のフレームレートを向上させることで、超音波探触子の動きに対する追随性を向上させることができる。一方、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値以下である場合には、1つの弾性画像の生成に必要なサブシーケンスの回数が大きい第1の動作シーケンスを動作シーケンス選択部が選択する。これにより、超音波探触子の移動速度が小さい場合には、弾性画像の精度を向上させることができる。したがって、本実施の形態に係る超音波診断装置は、超音波探触子の移動速度に合わせて最適な動作シーケンスを選択して実行することが可能となる。

## 【 0 0 4 7 】

## 実施の形態2

実施の形態1では、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、1つの弾性画像の生成に必要なサブシーケンスの回数が小さい第2の動作シーケンスを動作シーケンス選択部が選択することで、弾性画像のフレームレートを向上させる場合につい

10

20

30

40

50

て説明した。

【 0 0 4 8 】

これに対し、本実施の形態では、他の方法で弾性画像のフレームレートを向上させる場合について説明する。

< 動作 >

実施の形態 2 に係る超音波診断装置の動作について説明する。図 1 0 は、超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートである。なお、図 2 と同じ動作については同じステップ番号を付し説明を省略する。

【 0 0 4 9 】

実施の形態 2 においては、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値以下である場合 ( S 3 0 で N o ) については、実施の形態 1 における、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値以下である場合と全く同じ動作となる。一方、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値を上回っている場合 ( S 3 0 で Y e s )、解像度が第 1 のシーケンスより低い第 3 のシーケンスを選択する ( ステップ S 4 0 )。ここで、解像度とは、プッシュパルス送信後の検出波の送受信および変位の検出、伝播解析に係る解像度であり、詳しくは後述する。

10

【 0 0 5 0 】

図 1 1 は、第 3 のシーケンスの実行 ( ステップ S 9 0 ) の詳細を示すフローチャートである。なお、図 3 と同じ動作については同じステップ番号を付し説明を省略する。第 3 のシーケンスについては、サブシーケンスに係るステップ S 4 9 2 ~ S 4 9 4 の動作、および、ステップ S 5 1 0 に係る伝播解析結果の統合、ステップ S 5 2 0 に係る弾性画像の生成の動作のみが第 1 のシーケンスと異なる。以下、第 3 の動作シーケンスの動作について説明するが、第 1 の動作シーケンスと同じ動作については省略し、上述した差異点のみを説明する。

20

【 0 0 5 1 】

第 3 の動作シーケンスにおけるサブシーケンスにおいて、プッシュパルスの送信 ( S 4 4 1 ) は、実施の形態 1 に係る第 1 の動作シーケンスおよび第 2 の動作シーケンスと同様である。一方、検出波の送受信および変位検出、せん断波の伝播解析は、解像度を低下させた処理を行う。以下、詳しく説明する。なお、本実施の形態では、「空間的に」解像度が低い場合について説明する。

30

【 0 0 5 2 】

まず、着目領域に空間解像度を低下させた超音波を複数回送受信し、取得した複数の超音波信号を記憶する ( ステップ S 4 9 2 )。具体的には、プッシュパルスの送信終了の直後から、例えば、秒間 1 万回、空間解像度を低下させた検出波の送受信を繰り返し行う。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、被検体の断層画像を繰り返し取得する。図 1 2 を用いて各送信イベントに係る動作を詳しく説明する。図 1 2 ( a - 1 ) および ( a - 2 ) は、送信検出波が平面波である場合の模式図である。送信検出波が平面波である場合、第 1 の動作シーケンスに係る送信イベントでは、例えば、模式図 5 1 0 に示すように、着目領域 5 1 1 を通過するように、超音波探触子の振動子列の全部または連続する一部を用いて、送信検出波 5 1 2 を送信する。これに対し、ステップ S 4 9 2 に係る送信イベントでは、例えば、模式図 5 2 0 に示すように、着目領域 5 2 1 を通過するように、超音波探触子の振動子列の全部または連続する一部のうち、1 つおきに駆動する振動子を選択して、選択された振動子のみを用いて送信検出波 5 2 2 を送信する。反射検出波の受信においても同様に、ステップ S 4 9 2 に係る送信イベントでは、超音波探触子の振動子列のうち、1 つおきに駆動する振動子を選択して、選択された振動子のみを用いて素子受信信号を生成し、音響線信号も x 方向の解像度を半減させて生成する。一方、図 1 2 ( b - 1 ) および ( b - 2 ) は、送信検出波が焦点波である場合の模式図である。送信検出波が焦点波である場合、第 1 の動作シーケンスに係る送信イベントでは、例えば、模式図 5 3 0 に示すように、着目領域 5 3 1 を走査するように、一連の焦点波 5 3 2 を送信する。これに対し、ステップ S 4 9 2 に係る送信イベントでは、例えば、模式図 5 4

40

50

0に示すように、焦点波の移動ピッチを2倍にし、走査に用いる一連の焦点波532の数が半減するように着目領域541を走査する。この場合、整相加算は1つの焦点波に対する反射検出波を受信するたびに行うので、焦点波の数が半減することで必然的に音響線信号のx方向の解像度は半減する。なお、平面波の送受信に係る素子の選択は1つおきに限らず2つおき又は3つおきでもよいし、同様に、焦点波の送受信に係る移動ピッチは2倍のみならず3倍又は4倍でもよい。このようにすることで、音響線信号のx方向の空間解像度が $1/2 \sim 1/4$ に低下するが、それにより、音響線信号を生成する整相加算の演算量が $1/2 \sim 1/4$ に減少する。

#### 【0053】

図11に戻って説明を続ける。次に、受信信号ごとに変位を検出する(ステップS493)。具体的な動作はステップS443と同様であるが、断層画像信号のx方向の解像度が低いことから、演算処理が軽減され、結果出力される変位画像のx方向の解像度も同様に低下する。

10

次に、せん断波の伝播解析を行う(ステップS494)。具体的な動作はステップS444と同様であるが、変位画像のx方向の解像度が低いことから、演算処理が軽減され、結果得られるせん断波の速度の空間解像度も、x方向に低下する。

#### 【0054】

また、すべてのサブシーケンスの処理が終了した後(ステップS445でNo)、伝播解析部15は、伝播解析結果の統合を行う(ステップS510)。具体的な処理はステップS450と同様であるが、各サブシーケンスで得られたせん断波の速度の空間解像度がx方向に低下していることから、演算処理が軽減され、結果、得られるせん断波の速度の空間解像度も、x方向に低下する。

20

#### 【0055】

最後に、伝播解析部は、弾性画像を生成する(ステップS520)。具体的な処理はステップS460と同様であるが、せん断波の速度の空間解像度がx方向に低下していることから、演算処理が軽減され、結果、得られる弾性画像の空間解像度も、x方向に低下する。

以上説明したように、第3のシーケンスでは、第1のシーケンスと比べ、サブシーケンスの演算処理量が削減され演算時間が短縮される。具体的には、ステップS492における整相加算の演算量と、ステップS493~S494、510~S520の全てに係る演算量とが $1/2 \sim 1/4$ に減少する。そのため、1つの弾性画像の生成に要する時間を短縮することができる。

30

#### 【0056】

##### 変形例

実施の形態2では、第3の動作シーケンスにおけるサブシーケンスにおいて、検出波の送受信および変位検出、せん断波の伝播解析の「空間的」な解像度を低下させる場合について説明した。これに対し、本変形例では、第3の動作シーケンスにおけるサブシーケンスにおいて、検出波の送受信および変位検出、せん断波の伝播解析の「時間的」な解像度を低下させる場合について説明する。

#### 【0057】

図13は、本変形例に係る第3のシーケンスの実行の詳細を示すフローチャートである。なお、図3、図11と同じ動作については同じステップ番号を付し説明を省略する。本変形例に係る第3のシーケンスについては、弾性画像の生成を第1のシーケンスと同様にステップS460において行う点、および、サブシーケンスに係るステップS495~S497の動作、および、ステップS530に係る伝播解析結果の統合が実施の形態2に係る第3のシーケンスと異なる。ステップS460に係る弾性画像の生成は実施の形態1で説明済みなので、以下、それ以外の、実施の形態2との差分について説明する。

40

#### 【0058】

まず、着目領域に時間間隔を大きくして超音波を複数回送受信し、取得した複数の超音波信号を記憶する(ステップS495)。具体的には、プッシュパルスの送信終了の直後

50

から、時間解像度を低下させた検出波の送受信を繰り返し行うが、送受信の時間間隔を大きくするため、その時間解像度（フレームレート）は第1のシーケンスに係るステップS442より低い。図12（c-1）および（c-2）を用いて詳しく説明する。図12（c-1）は、第1の動作シーケンスに係るステップS442を示す模式図であり、超音波信号550-1～超音波信号550-pまでの、p個の超音波信号を取得する。超音波信号の取得時刻の間隔  $t_a$  は、例えば、100マイクロ秒（秒間1万回）である。これに対し、図12（c-2）は、本変形例に係るステップS492を示す模式図であり、超音波信号560-1～超音波信号560-qまでの、q個の超音波信号を取得する。超音波信号の取得時刻の間隔  $t_b$  は、 $t_a$  の  $p/q$  倍であり、例えば、200マイクロ秒（秒間5千回）である。すなわち、超音波信号を取得する開始タイミングと終了タイミングは本変形例に係るステップS495と第1の動作シーケンスに係るステップS442とで変わらず、連続して取得する超音波信号の取得時刻の間隔、すなわち、超音波信号の時間解像度（フレームレート）だけが異なる。このようにすることで、取得する超音波信号の数を  $q/p$  に削減することができる。

10

#### 【0059】

図13を再度用いて説明を続ける。次に、受信信号ごとに変位を検出する（ステップS496）。具体的な動作はステップS443と同様であるが、受信信号の数が  $q/p$  に減少していることから、演算量が  $q/p$  に減少し、得られる変位画像の数も同様に  $q/p$  に減少する。

次に、せん断波の伝播解析を行う（ステップS497）。具体的な動作はステップS444と同様であるが、変位画像の数が  $q/p$  に減少していることから、演算量が  $q/p$  に減少する。

20

#### 【0060】

以上説明したように、変形例に係る動作シーケンスでは、第1のシーケンスと比べ、サブシーケンスの演算処理量が削減され演算時間が短縮される。具体的には、ステップS495における整相加算の演算量と、ステップS496～S497の全てに係る演算量とが  $q/p$  に減少する。そのため、1つの弾性画像の生成に要する時間を短縮することができる。

#### 【0061】

<まとめ>

上記構成により、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、プッシュパルス送信後の検出波の送受信および変位の検出、伝播解析に係る解像度（空間的および/または時間的）が第1の動作シーケンスより低い第3の動作シーケンスを動作シーケンス選択部が選択する。これにより、超音波探触子の移動速度が大きい場合には、実施の形態1と同様、弾性画像のフレームレートを向上させることができる。

30

#### 【0062】

実施の形態3

実施の形態1および実施の形態2では、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には弾性画像のフレームレートを向上させるような動作シーケンスを選択する場合について説明した。

40

これに対し、本実施の形態では、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合に、変位の検出方法が異なる動作シーケンスを選択する場合について説明する。

#### 【0063】

<動作>

実施の形態3に係る超音波診断装置の動作について説明する。図14は、超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートである。なお、図2、図10と同じ動作については同じステップ番号を付し説明を省略する。

実施の形態3においては、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値以下である場合（S30でNo）については、実施の形態1における、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値以下である場合と全く同じ動作となる。一方、超音波探触子の移動速度が所定のし

50

きい値を上回っている場合（S30でYes）、変位を受信信号間の差分に基づき検出する第4のシーケンスを選択する（ステップS43）。

【0064】

図15は、第4のシーケンスの実行（ステップS110）の詳細を示すフローチャートである。なお、図3と同じ動作については同じステップ番号を付し説明を省略する。第4のシーケンスについては、変位検出に係るステップS523の動作のみが第1のシーケンスと異なるので、以下、差分について説明する。

まず、動作の説明の前に、超音波探触子の移動速度が変位検出に与える影響について説明する。図16（a）および（b）は、着目領域が一致しない2つの超音波信号で変位検出を行う場合の模式図を示している。上述したように、変位の検出は、変位検出の対象となる断層画像信号と基準となる基準断層画像信号との間で対応点を検索し、対応点の座標の差異を検出することで行われる。そうすると、例えば図16（a）に示すように、変位検出の対象となる断層画像信号の着目領域602が領域603と領域605とからなり、基準断層画像信号の着目領域601が領域603と領域604とからなる場合、重複する領域603においては変位検出が行えるが、領域605においては基準となる超音波信号に対応点が存在しないため変位が検出できない。さらに、図16（b）に示すように、変位検出の対象となる断層画像信号の着目領域607が領域608と領域610とからなり、基準断層画像信号の着目領域606が領域608と領域609とからなる場合、重複する領域608は領域603より狭く、変位の検出できない領域609は領域605より広い。ここでは図示しないが、変位検出の対象となる断層画像信号と基準断層画像信号とで着目領域が全く重複していない場合、対応点の検出が不可能となるため、変位の検出が全く行えない事態が生じる。

10

20

【0065】

ここで、第1の動作シーケンスに係るステップS443について変位の検出方法に用いる断層画像信号と基準断層画像信号とを再確認する。図16（c）は、断層画像信号と変位画像とを模式的に示した図である。上述したように、ステップS443では、プッシュパルスの送信前に実行されるステップS420で取得した基準断層画像信号を用いる。すなわち、ステップS442で得られた断層画像信号621、622、623のそれぞれについて、ステップS420で得られた基準断層画像信号620を用いて変位画像631、632、633を生成する。したがって、超音波探触子が移動すると、断層画像信号の取得時刻と基準断層画像信号の取得時刻との時間差が大きくなるほど着目領域の重複面積が小さくなるため、変位画像中の変位の検出できない領域の割合が増加する問題が発生する。結果として、せん断波の通過時刻が遅い場所、すなわち、プッシュパルスの焦点位置から遠い場所の伝播解析が困難となるため、超音波探触子の移動速度が大きい場合、プッシュパルスの焦点位置から遠い場所の弾性計測の結果の信頼性が低下、または、弾性計測が不可能となる問題が発生する。

30

【0066】

これに対し、第4の動作シーケンスに係るステップS543の変位検出方法を以下に説明する。図16（d）は、断層画像信号と変位画像とを模式的に示した図である。ステップS523では、最初取得した断層画像信号に対してはステップS443と同様にプッシュパルスの送信前に実行されるステップS420で取得した基準断層画像信号を用いる。しかしながら、続く断層画像信号に対しては、当該断層画像信号の1フレーム前の断層画像信号を基準断層画像信号として用い、1フレーム分の相対変位を示す差分変位画像を生成し、1フレーム前の断層画像信号に対応する変位画像と合成することで当該断層画像信号に対応する変位画像を生成する。以下、具体的に説明する。まず、最初取得された断層画像信号621については、ステップS443と同様に断層画像信号620を基準として変位を検出し、変位画像631を生成する。これに対し、断層画像信号622については、1フレーム前の断層画像信号621を基準として変位を検出し、差分変位画像642を生成する。ここで、差分変位画像642が示す変位は、断層画像信号622と断層画像信号621との間の変位であり、言い換えれば、断層画像信号622に対応する変位画

40

50

像と、断層画像信号 6 2 1 に対応する変位画像 6 3 1 との差分である。したがって、変位画像 6 3 1 と差分変位画像 6 4 2 とで同一画素に対応する変位量を加算する合成処理を行うことで、断層画像信号 6 2 2 に対応する変位画像 6 5 2 を得ることができる。同様に、断層画像信号 6 2 3 については、1 フレーム前の断層画像信号 6 2 3 を基準として変位を検出することで差分変位画像 6 4 3 を生成し、変位画像 6 5 2 と差分変位画像 6 4 3 とを合成処理して、断層画像信号 6 2 3 に対応する変位画像 6 5 3 を得ることができる。このようにすれば、差分変位画像を得るための基準画像信号と基準断層画像信号との取得時間の差が常に小さくなる（上述した例では 1 フレーム分）。そのため、着目領域における重複面積の割合を常に高くすることができ、超音波探触子の移動速度が大きくても変位検出が不可能となる領域が拡大することを回避することができる。なお、超音波探触子の移動速度が小さい場合には、本方法は理想的にはステップ S 4 4 3 の方法と同等の変位検出精度を持つものの、実際にはステップ S 4 4 3 より変位検出精度が低下することが多い。これは、断層画像信号の取得時刻とプッシュパルスの送出時刻との時間差が大きくなるほど多数の差分変位画像を合成する必要が生じるので、個々の差分変位画像の変位量に含まれる誤差が加算により累積されるためである。したがって、超音波探触子の移動速度が小さい場合には、第 1 の動作シーケンスを選択することが好ましい。

10

20

30

40

50

#### 【 0 0 6 7 】

##### < まとめ >

上記構成により、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、変位を受信信号の相互差分に基づいて検出する第 4 の動作シーケンスを動作シーケンス選択部が選択する。これにより、超音波探触子の移動速度が大きい場合に、変位の検出が困難な領域の発生を避けることができる。

#### 【 0 0 6 8 】

##### 実施の形態 4

実施の形態 1 ~ 3 では、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、弾性画像のフレームレートを向上させる、変位の検出方法を変更する、といった超音波探触子の移動速度の影響を削減する動作シーケンスを選択する場合について説明した。

これに対し、本実施の形態では、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、超音波探触子の移動速度が低下するのを待機してから弾性測定を開始する動作シーケンスを選択する。

#### 【 0 0 6 9 】

##### < 動作 >

実施の形態 4 に係る超音波診断装置の動作について説明する。図 1 7 は、超音波診断装置全体の動作を示すフローチャートである。なお、図 2 と同じ動作については同じステップ番号を付し説明を省略する。

実施の形態 4 においては、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値以下である場合（S 3 0 で N o ）については、実施の形態 1 における、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値以下である場合と全く同じ動作となる。一方、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値を上回っている場合（S 3 0 で Y e s ）、超音波探触子の移動速度が低下するまで待機する第 5 のシーケンスを選択する（ステップ S 4 4 ）。

#### 【 0 0 7 0 】

図 1 8 は、第 5 のシーケンスの実行（ステップ S 1 2 0 ）の詳細を示すフローチャートである。なお、図 3 と同じ動作については同じステップ番号を付し説明を省略する。第 5 のシーケンスについては、着目領域の設定（ステップ S 4 1 0 ）の前にステップ S 5 5 0 ~ S 5 8 0 が追加されている点で第 1 のシーケンスと異なる。以下、第 5 のシーケンスについて、第 1 のシーケンスと異なる点のみを説明する。

#### 【 0 0 7 1 】

まず、被検体に超音波を送受信し、取得した受信信号を記憶し（ステップ S 5 5 0 ）、次に、超音波探触子の移動速度を検出する（ステップ S 5 6 0 ）。ステップ S 5 5 0 、ステップ S 5 6 0 の具体的な動作は、それぞれ、ステップ S 1 0 、ステップ S 2 0 と同様で

ある。これにより、超音波探触子の移動速度を算出することができる。

次に、超音波探触子の移動速度が、第2のしきい値を下回ったか否かを判定する（ステップS570）。第2のしきい値は、ステップS30に係る所定のしきい値以下であり、例えば、所定のしきい値、第2のしきい値は共に30mm/sである。または、例えば、所定のしきい値は30mm/s、第2のしきい値は10mm/sであるとしてもよい。

#### 【0072】

超音波探触子の移動速度が第2のしきい値以上である場合（ステップS570でNo）、ステップS550で取得したBモード画像のみを表示し（ステップS580）、再度、ステップS550に戻って超音波探触子の移動速度を測定する。一方、超音波探触子の移動速度が第2のしきい値を下回った場合（ステップS570でYes）、ステップS410の着目領域の設定に進む。したがって、被検体の硬さの評価を、超音波探触子の移動速度が第2のしきい値を下回ってから行うことができ、超音波探触子の移動速度が大きい状態でのせん断波の伝播解析を回避することができる。

10

#### 【0073】

<まとめ>

上記構成により、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、超音波探触子の移動速度が第2のしきい値を下回るまでサブシーケンスを開始せず待機を行う第5の動作シーケンスを動作シーケンス選択部が選択する。したがって、超音波探触子の移動速度が大きい場合には、Bモード画像のみを表示し、超音波探触子の移動速度が低下するまでサブシーケンスが開始されない。これにより、超音波探触子の移動速度が大きい状態でのせん断波の伝播解析を回避することができる。

20

#### 【0074】

実施の形態に係るその他の変形例

(1) 実施の形態1～4および変形例では、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、第2～5の動作シーケンスのうちのいずれかを選択するとしたが、第2～5の動作シーケンスを組み合わせたようなシーケンスを用いてもよい。例えば、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、サブシーケンスの数が少なく、かつ、検出波の空間解像度が低い動作シーケンスを用いてもよい。このようにすることで、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合に、弾性画像のフレームレートをさらに向上させることができる。または、例えば、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合には、検出波の時間解像度が低く、かつ、変位を受信信号の相互差分に基づき検出する動作シーケンスを用いてもよい。このようにすることで、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値より大きい場合に、検出波の時間解像度が低いことにより変位検出が不可能となる領域が拡大しやすい欠点を変位の検出方法でカバーすることができる。または、例えば、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値(30mm/s)より大きい場合には、超音波探触子の移動速度が第2のしきい値(10mm/s)を下回るまでサブシーケンスを開始せず待機し、かつ、待機後の動作がサブシーケンスの数が少ない動作シーケンスとしてもよい。このようにすることで、超音波探触子の移動速度が第2のしきい値よりわずかに低い場合に、超音波探触子の移動速度に応じた超音波診断装置の制御が可能になる。なお、各実施の形態および変形例の組み合わせは上述した例に限られず、得られる効果を損なうような組み合わせでなければ任意に組み合わせてもよい。

30

40

#### 【0075】

なお、実施の形態1、2および変形例に係る第2～第3の動作シーケンスはいずれも弾性画像のフレームレートを向上させるものであるが、これらから1つだけ適用ないし2以上を組み合わせる場合、a) サブシーケンスの数を減少、b) 検出波の空間解像度の低下、c) 検出波の時間解像度の低下、については、c) よりb) が好ましく、b) よりa) がさらに好ましい。例えば、サブシーケンス数、検出波の空間解像度、検出波の時間解像度のいずれか1つ、ないし複数を積算して1/4にするとした場合、検出波の時間解像度を1/4にするよりは、検出波の空間解像度と検出波の時間解像度の双方を1/2にする方が好ましく、検出波の空間解像度を1/4にする方がさらに好ましい。また、

50

検出波の空間解像度を1/4にするよりは、検出波の空間解像度とサブシーケンス数をいづれも1/2にする方が好ましく、サブシーケンス数を1/4にする方がさらに好ましい。これは、以下の理由による。検出波の空間解像度を低下させると空間分解能が低下しせん断波速度の誤差が大きくなって硬さの評価値の精度が低下する。これに対し、検出波の時間解像度を低下させるとせん断波の速度が時間的・空間的に平均化され、硬い組織の存在や周辺組織との界面を見つけづらくなる。したがって、検出波の解像度については、時間解像度より空間解像度の方が弾性画像の品質劣化が起こりにくい。また、サブシーケンス数が減少してもせん断波の振幅が十分に大きい領域では弾性画像の品質は劣化しない。そのため、検出波の解像度の低下とは異なり、サブシーケンス数が減少しても弾性画像の品質は必ずしも劣化するとは限らない。さらに、検出波の解像度を1/4に低下させても1度の動作シーケンスに係る時間のうち演算時間しか短縮できないためフレームレートを4倍化させることは困難である。一方、サブシーケンス数を1/4に低下させれば、1度の動作シーケンスに係る時間の大半を占めるサブシーケンスの所要時間がそのまま1/4に短縮されるため、フレームレートをほぼ4倍化させることが可能である。

10

20

30

40

50

**【0076】**

(2) 実施の形態1~4および変形例では、所定のしきい値を1つだけ用いて動作シーケンスを2種類のうちから1つだけを選択するものとしたが、しきい値を複数用いて、超音波探触子の移動速度に応じた最適な動作シーケンスを選択するとしてもよい。例えば、図19に示すように、しきい値Aと、しきい値Aより大きいしきい値Bとを用いてもよい。この場合、ステップS31において、超音波探触子の移動速度がしきい値Aを下回っている場合は第1の動作シーケンスを選択、しきい値A以上かつしきい値Bを下回っている場合は第2の動作シーケンス、しきい値B以上である場合は、第6の動作シーケンスをそれぞれ選択する。このとき、しきい値A、しきい値Bは、例えば、それぞれ、10mm/s、20mm/s、である。また、第6のシーケンスは、第2の動作シーケンスと第3の動作シーケンスを組み合わせた動作シーケンス、すなわち、サブシーケンス数と検出波の空間解像度との双方を小さくした動作シーケンスである。このようにすることで、超音波探触子の移動速度に対して最適な動作シーケンスの選択が可能となる。

**【0077】**

また、第5のシーケンスにおいて、同様に、第2のしきい値を複数用いてもよい。例えば、第5のシーケンスを選択するための所定のしきい値を30mm/sとした場合に、第2のしきい値を20mm/s、10mm/sの2つを用いる。超音波探触子の移動速度が10mm/s以下である場合には第1の動作シーケンスと同様の処理を続行し、超音波探触子の移動速度が10mm/sより大きく20mm/s以下である場合は、第2の動作シーケンスと同様の処理を続行する。このようにすることで、超音波探触子の移動速度に対して最適な動作シーケンスの選択が可能となる。

**【0078】**

(3) 各実施の形態および変形例では、せん断波の伝播解析を、変位領域の抽出、細線化処理、空間フィルタリング、時間フィルタリングの手順によって行う場合について説明したが、各場所の変位のピーク時刻検出、時間フィルタリング、空間フィルタリングの手順で行ってもよい。

(4) 各実施の形態および変形例では、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値以下である場合は所定の第1の動作シーケンスを用いるとしたが、例えば、超音波探触子の移動に弱い測定精度が向上する動作シーケンスを用いるとしてもよい。測定精度が向上する動作シーケンスとしては、例えば、検出波の送受信において合成開口法を用いることができる。このようにすることで、超音波探触子の移動速度が小さい場合に、組織の硬さの評価の精度を向上させることができる。

**【0079】**

(5) 各実施の形態および変形例では、断層画像信号と基準断層画像信号との差異に基づいて変位画像または差分変位画像を生成するものとしたが、この場合に限らず、変位画像または差分変位画像の生成にあたって、超音波探触子2の移動速度を変位から除く補正

を行ってもよい。この補正は、例えば、特許文献 1 に開示されているように、プッシュパルスの焦点位置より深い位置ないし浅い位置の変位に基づくものでもよいし、ステップ S 20 で実施される超音波探触子 2 の移動速度検知と同等のものでもよい。例えば、超音波探触子 2 の移動速度を超音波探触子 2 に内蔵されたセンサの測定値に基づいて行う場合、当該センサの測定値に基づいて変位の補正を行ってもよい。

【0080】

(6) 各実施の形態および変形例では、超音波探触子 2 の移動速度を断層画像信号に基づいて検出する場合、探触子移動検知部 16 が最新の断層画像信号とその直前の断層画像信号とのその差分から超音波探触子 2 の移動速度を検出するとしたが、この場合に限らず、例えば、最新の断層画像信号とその 2 フレーム以上前の断層画像信号とのその差分から超音波探触子 2 の移動速度を検出するとしてもよい。または、例えば、探触子移動検知部 16 は、1 フレーム前（またはそれ以上前）の断層画像信号を基準断層画像信号として最新の断層画像信号の変位を変位検出部 14 に検出させ、変位画像に基づいて超音波探触子 2 の移動速度を検出してもよい。

10

【0081】

(7) 実施の形態 1 では、第 1 の動作シーケンス、および、第 2 の動作シーケンスにおけるサブシーケンスの数をそれぞれ 4、2 としたが、この場合に限らず、第 1 の動作シーケンスより第 2 の動作シーケンスのサブシーケンスの数が少なければ、それぞれのサブシーケンス数は、例えば、5、3 など、任意のものでよい。なお、第 2 の動作シーケンスにおけるサブシーケンスの数を 1 としてもよく、この場合、第 2 の動作シーケンスは、ループ処理に係るステップ S 430、S 445、S 446 が不要であるのに加え、伝播解析結果の統合を行う必要がなくなるためステップ S 450 も含まなくてよい。

20

【0082】

(8) 実施の形態 1 では、第 1 の動作シーケンスと第 2 の動作シーケンスとでプッシュパルスの焦点位置を全く異なる場所に設定したが、この場合に限らず、例えば、第 2 の動作シーケンスでは、第 1 の動作シーケンスにおけるプッシュパルスの焦点位置から必要な数だけ選んでプッシュパルスの焦点位置としてもよい。

また、いずれの動作シーケンスにおいても、プッシュパルスの焦点位置は小領域の中央に限られない。例えば、小領域内の任意の位置をプッシュパルスの焦点位置として用いてもよい。または、例えば、相互に重複する面積が生じるように小領域を設定し、小領域内の任意の位置をプッシュパルスの焦点位置として用いてもよい。

30

【0083】

(9) 実施の形態 2 では、空間解像度を低下させた検出波の送受信を行って受信信号の生成を行う際、検出波の送受信に用いる超音波探触子 2 の振動子を間引くものとしたが、他の方法で間引きを行ってもよい。例えば、検出波の送信には第 1 の動作シーケンスに係るステップ S 442 と同様の処理を行い、反射検出波の受信のみ、振動子の間引きを行うものとしてもよい。または、例えば、検出波の送受信に用いる超音波探触子 2 の振動子は間引きせず、整相加算を行って音響線信号を生成する際、第 1 の動作シーケンスに係るステップ S 442 に対して振動子列方向（x 方向）に 2 ~ 4 つおきに音響線信号を生成することで断層画像信号 1 つあたりの音響線信号を  $1/2 \sim 1/4$  に間引くとしてもよい。

40

【0084】

または、整相加算を行って音響線信号を生成する際に、深さ方向（y 方向）への間引きを行ってもよい。このようにすることで、さらに演算量を削減することができる。

(10) 実施の形態 3 に係る第 4 の動作シーケンスでは、断層画像信号に対応する差分変位画像を 1 つ前の断層画像信号を基準として生成するとしたが、この場合に限らず、例えば、ステップ S 442 で取得した任意の断層画像信号を基準としてもよい。このようにすることで、差分変位画像の合成回数を削減することが可能となり、変位の誤差を小さくすることができる。具体的には、例えば、ステップ S 442 で取得した 22 フレーム目の断層画像信号に対し、1 フレーム目の断層画像信号に対応する変位画像に、1 フレーム目の断層画像信号と 11 フレーム目の断層画像信号との差分変位画像、11 フレーム目の断

50

層画像信号と21フレーム目の断層画像信号との差分変位画像、21フレーム目の断層画像信号と22フレーム目の断層画像信号との差分変位画像、の3つを合成することで、合成回数を3回に削減できる。

【0085】

(11)各実施の形態および変形例では、超音波探触子の移動速度が所定のしきい値を上回っているか否かにより動作シーケンスを選択するとしたが、この場合に限らず、例えば、超音波探触子の移動速度が所定時間以上所定のしきい値を上回っているか否かで動作シーケンスを選択するとしてもよい。ここで、所定時間は、例えば、3秒間である。または、例えば、超音波探触子の移動速度について、最新の瞬間速度と、最近3秒間の平均速度との双方が所定のしきい値を上回っているか否かを基準に動作シーケンスを選択するとしてもよい。

10

【0086】

同様に、実施の形態4に係る第5のシーケンスにおいても、例えば、超音波探触子の移動速度が所定時間以上第2のしきい値を下回っている場合にサブシーケンスを開始するとしてもよい。または、例えば、超音波探触子の移動速度について、最新の瞬間速度と、最近3秒間の平均速度との双方が第2のしきい値を下回っている場合にサブシーケンスを開始するとしてもよい。

【0087】

このようにすることで、検査者が超音波探触子を移動させている途中に超音波探触子の移動速度が一時的に低下したことを、超音波探触子の移動速度が小さいと誤検知し、超音波探触子の移動速度に適していない動作シーケンスを選択する、または、サブシーケンスを開始することを避けることができる。

20

(12)実施の形態および各変形では、超音波診断装置は動作シーケンスごとに弾性画像を生成して表示するとしたが、本発明は必ずしもこの場合に限られない。例えば、超音波診断装置は弾性画像の作成と弾性画像記憶部への記憶とを行い、弾性画像の表示を行わないとしてもよいし、外部の表示装置や画像処理装置等に弾性画像の出力を行ってもよい。または、例えば、超音波診断装置は動作シーケンスごとにせん断波の伝播状態の解析のみを行い、せん断波の速度を示す速度分布図などのせん断波の伝播状態の解析結果を、弾性画像記憶部に記憶するとしてもよい。この場合、超音波診断装置は必要に応じてせん断波の伝播状態の解析結果から弾性画像を生成してもよい。または、超音波診断装置はせん断波の伝播状態の解析結果を他装置に出力し、当該他装置が弾性画像の生成や表示を行うとしてもよい。

30

【0088】

また、実施の形態および各変形では、超音波診断装置は1回の動作シーケンス終了後に次の動作シーケンスを実行するとしたが、本発明は必ずしもこの場合に限られない。例えば、超音波診断装置は、例えば、予め定められた回数、または、ユーザから指定された回数だけ、動作シーケンスを実行するとしてもよい。

(13)実施の形態および各変形例では、超音波診断装置は表示部3と接続される構成であるとしたが、本発明は必ずしもこの場合に限られない。例えば、超音波診断装置1は表示部3を内蔵しているとしてもよい。または、超音波診断装置1は表示部3と接続されず、伝播解析部15が生成し弾性画像記憶部21に記憶されている弾性画像を他の記憶媒体に保存、あるいは、ネットワークを通じて他の装置に出力するとしてもよい。

40

【0089】

また、同様に、超音波診断装置は超音波探触子2を内蔵しているとしてもよいし、あるいは、超音波探触子2が超音波信号取得部13を備え、超音波信号取得部13を有さない超音波診断装置が超音波探触子2から音響線信号を取得するとしてもよい。

(14)実施の形態および各変形例に係る超音波診断装置は、その構成要素の全部又は一部を、1チップ又は複数チップの集積回路で実現してもよいし、コンピュータのプログラムで実現してもよいし、その他どのような形態で実施してもよい。例えば、伝播解析部と評価部とを1チップで実現してもよいし、超音波信号取得部のみを1チップで実現し、

50

変位検出部等を別のチップで実現してもよい。

【0090】

集積回路で実現する場合、典型的には、LSI (Large Scale Integration) として実現される。ここでは、LSIとしたが、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと称されることもある。

また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路、又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA (Field Programmable Gate Array) や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリコンフィギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

【0091】

さらには、半導体技術の進歩、又は派生する別技術により、LSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。

また、各実施の形態および各変形例に係る超音波診断装置は、記憶媒体に書き込まれたプログラムと、プログラムを読み込んで実行するコンピュータとで実現されてもよい。記憶媒体は、メモリカード、CD-ROMなどいかなる記録媒体であってもよい。また、本発明に係る超音波診断装置は、ネットワークを経由してダウンロードされるプログラムと、プログラムをネットワークからダウンロードして実行するコンピュータとで実現されてもよい。

【0092】

(15) 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。

【0093】

また、発明の理解の容易のため、上記各実施の形態で挙げた各図の構成要素の縮尺は実際のものとは異なる場合がある。また本発明は上記各実施の形態の記載によって限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

さらに、超音波診断装置においては基板上に回路部品、リード線等の部材も存在するが、電氣的配線、電気回路について当該技術分野における通常の知識に基づいて様々な態様を実施可能であり、本発明の説明として直接的には無関係のため、説明を省略している。尚、上記示した各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示したものではない。

【0094】

補足

(1) 実施の形態に係る超音波診断装置は、超音波探触子を用い、被検体内の特定部位に超音波を集中させるプッシュパルスを送信して特定部位にある組織を物理的に押圧した後超音波の送受信を被検体内に対して繰り返し行うことで、押圧された特定部位の組織を振動源とするせん断波の、前記被検体内に設定した着目領域における伝播状態を検出する超音波診断装置であって、プッシュパルスを送信するプッシュパルス送信部と、前記プッシュパルスに続き検出波を被検体へ複数回送信し、検出波に対応する被検体からの反射検出波を受信して複数の受信信号を時系列に生成し、前記反射検出波の受信時刻のそれぞれにおける、前記プッシュパルスに起因するせん断波による被検体内の組織の変位をそれぞれ検出する変位検出部と、前記変位検出部による検出結果に基づいて、前記着目領域におけるせん断波の伝播状態を解析し、被検体内の各組織の弾性を計測する弾性計測部と、前記超音波探触子の移動速度を検知する探触子移動検知部と、前記弾性計測部が弾性を計測するための、前記プッシュパルス送信部と前記変位検出部と前記弾性計測部とが連携した一連の動作を規定する動作シーケンスを複数保持するシーケンス保持部と、前記探触子移動検知部の検知結果に基づいて、前記シーケンス保持部が保持する複数の動作シーケンスから、1つの動作シーケンスを選択するシーケンス選択部とを備えることを特徴とする。

【0095】

10

20

30

40

50

また、実施の形態に係る超音波信号処理方法は、超音波探触子を用い、被検体内の特定部位に超音波を集中させるプッシュパルスを送信して特定部位にある組織を物理的に押圧した後超音波の送受信を被検体内に対して繰り返し行うことで、押圧された特定部位の組織を振動源とするせん断波の、前記被検体内の着目領域における伝播状態を検出する超音波信号処理方法であって、前記超音波探触子の移動速度を検知し、前記被検体内の着目領域における弾性を計測するための一連の動作を規定する動作シーケンスを、前記超音波探触子の移動速度に基づいて予め保持している複数の動作シーケンスから選択し、前記選択した動作シーケンスに基づいて、プッシュパルスを送信し、前記プッシュパルスに続き検出波を被検体へ複数回送信し、検出波に対応する被検体からの反射検出波を受信して複数の受信信号を時系列に生成し、前記反射検出波の受信時刻のそれぞれにおける、前記プッシュパルスに起因するせん断波による被検体内の組織の変位をそれぞれ検出し、前記被検体内の組織の変位に基づいて、前記着目領域におけるせん断波の伝播状態を解析し、被検体内の各組織の弾性を計測することを特徴とする。

#### 【0096】

本開示によれば、上記構成により、超音波探触子の移動速度に基づいて、硬さの評価をするための動作シーケンスを変更することができる。そのため、超音波探触子の移動速度が大きい場合には、例えば、超音波探触子が移動したことによる影響を受けないような動作シーケンスを選択することができる。その一方、超音波探触子の移動速度が小さい場合には、例えば、超音波探触子が移動したことによる影響を受けるが測定精度が向上するような動作シーケンスを選択することができる。これにより、検査者が超音波診断装置の動作状態を気にすることなく超音波探触子を動かすことができ、利便性が向上する。

#### 【0097】

(2) また、上記(1)の超音波診断装置は、前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が所定の速度を上回る場合、前記弾性計測部の計測結果に対する前記超音波探触子の移動速度の影響が小さくなるように動作シーケンスを選択する、としてもよい。

これにより、超音波探触子の移動速度に関わらず、超音波診断装置がせん断波の伝播状態を検出する際に、超音波探触子の移動速度が影響することを抑止することができる。

#### 【0098】

(3) また、上記(2)の超音波診断装置は、前記弾性計測部の計測結果に基づいて、被検体内の各組織の弾性を示す弾性画像を1回の動作シーケンスに対して1枚生成する弾性画像生成部をさらに備え、前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回る場合、前記弾性画像のフレームレートが向上するように動作シーケンスを選択する、としてもよい。

#### 【0099】

これにより、超音波探触子の移動速度が所定の速度を上回っている場合には、超音波探触子への追従性を向上させることができる。

(4) また、上記(2)～(3)の超音波診断装置は、前記動作シーケンスは、1回のプッシュパルスの送信と、当該プッシュパルスに対応する変位の検出と、当該検出した変位に基づく弾性の計測とを含み、前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回る場合、前記変位検出部における変位検出において、空間的な処理量、時間的な処理量のうち少なくとも一方を削減することで1回の動作シーケンスの所要時間が短縮するように動作シーケンスを選択する、としてもよい。

#### 【0100】

これにより、変位検出およびせん断波の伝播解析における演算時間を短縮することができ、それにより弾性画像のフレームレートを向上させ、超音波探触子の移動速度がせん断波の伝播状態の検出に影響することを抑止することができる。

(5) また、上記(2)～(3)の超音波診断装置は、前記動作シーケンスは、2以上のサブシーケンスを含み、サブシーケンスのそれぞれは、1回のプッシュパルスの送信と、当該プッシュパルスに対応する変位の検出と、当該検出した変位に基づく弾性の計測と

を含み、プッシュパルスが集中する位置は、サブシーケンスごとに異なり、前記動作シーケンスは、サブシーケンスごとに計測した弾性を基に、被検体内の各組織の弾性を計測する処理をさらに含み、前記シーケンス選択部は、(a)前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回る場合、前記変位検出部における変位検出において、空間的な処理量、時間的な処理量のうち少なくとも一方を削減することで1回のサブシーケンスの所要時間が短縮する、(b)1回の動作シーケンスに含まれるサブシーケンスの回数が減少する、のうち少なくとも1つを満たすように動作シーケンスを選択する、としてもよい。

【0101】

これにより、1回の動作シーケンスに係る所要時間を、変位検出およびせん断波の伝播解析における演算時間を短縮、および/または、サブシーケンス数の減少、により短縮して、弾性画像のフレームレートを向上させることができ、超音波探触子の移動速度がせん断波の伝播状態の検出に影響することを抑止することができる。

10

(6)また、上記(2)~(5)の超音波診断装置は、前記動作シーケンスは、前記変位検出部が受信信号を生成し変位を検出する頻度を示す時間解像度と、前記変位検出部が変位を検出する際の空間分解能を示す空間解像度を指定するパラメータにより規定され、前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回る場合、前記時間解像度と前記空間解像度とのうち少なくとも一方が小さくなるように動作シーケンスを選択する、としてもよい。

【0102】

これにより、変位検出およびせん断波の伝播解析を、時間的または空間的に疎らに行うことで演算処理量を低減させることができ、それにより、変位検出およびせん断波の伝播解析における演算時間を短縮して弾性画像のフレームレートを向上させることができ、超音波探触子の移動速度がせん断波の伝播状態の検出に影響することを抑止することができる。

20

【0103】

(7)また、上記(2)~(6)の超音波診断装置は、前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度以下である場合、前記変位検出部が生成する受信信号の空間解像度が向上するように動作シーケンスを選択する、としてもよい。

これにより、超音波探触子の移動速度が所定の速度以下である場合には、せん断波の伝播状態を高精度に検出することができる。

30

【0104】

(8)また、上記(2)~(7)の超音波診断装置は、前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が第1の速度を上回った場合は第1の動作シーケンスを選択し、前記超音波探触子の移動速度が前記第1の速度以下である時は第2の動作シーケンスを選択するとしたとき、前記超音波探触子の移動速度が前記第1の速度より速度が大きい第2の速度を上回った場合には、前記第1の動作シーケンスに替えて、第3の動作シーケンスを選択する、としてもよい。

【0105】

これにより、超音波探触子の移動速度に対して最適な動作シーケンスを選択することができる。

40

(9)また、上記(1)の超音波診断装置は、前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が第1の速度を上回っている場合には、前記超音波探触子の移動速度が第2の速度以下となるまで動作シーケンスを開始しないような動作シーケンスを選択する、としてもよい。

【0106】

これにより、超音波探触子の移動速度が大きい場合に、超音波探触子の移動速度が低下するまで待機することで超音波診断装置がせん断波の伝播状態を検出する際に、超音波探触子の移動速度が影響することを抑止することができる。

(10)また、上記(9)の超音波診断装置は、前記第2の速度は、前記第1の速度以下である、としてもよい。

50

## 【 0 1 0 7 】

これにより、超音波探触子の移動速度が影響しなくなるまで超音波探触子の移動速度が低下してから超音波診断装置がせん断波の伝播状態を検出することができる。

( 1 1 ) また、上記 ( 1 ) の超音波診断装置は、前記シーケンス選択部は、前記超音波探触子の移動速度が所定の速度以下である場合には、前記変位検出部が前記プッシュパルスの送信前に基準信号を生成して前記基準信号と前記受信信号との差異を用いて変位を検出し、前記超音波探触子の移動速度が前記所定の速度を上回っている時は、前記変位検出部が時系列に連続する複数の受信信号の差異を変位の変化量として用いることで変位を検出するように、動作シーケンスを選択する、としてもよい。

## 【 0 1 0 8 】

これにより、超音波探触子の移動速度が大きい場合に、変位の検出可能面積が減少しないように変位検出を行うことができる。

( 1 2 ) また、上記 ( 1 ) ~ ( 1 1 ) の超音波診断装置は、前記探触子移動検知部は、前記超音波探触子を用いて取得した受信信号に基づいて前記超音波探触子の移動速度を検知する、としてもよい。

## 【 0 1 0 9 】

これにより、超音波探触子にセンサ等を設けることなく、超音波探触子の移動速度を検知することができる。

( 1 3 ) また、上記 ( 1 ) ~ ( 1 1 ) の超音波診断装置は、前記探触子移動検知部は、前記超音波探触子の内部または外部に設けられたセンサから取得した信号に基づいて前記超音波探触子の移動速度を検知する、としてもよい。

## 【 0 1 1 0 】

これにより、超音波診断装置において超音波探触子の移動速度算出の演算が必要なく、かつ、超音波探触子の移動速度をより正確に検知することができる。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 1 1 1 】

本開示に係る超音波診断装置、および、超音波信号処理方法は、超音波を用いた組織の硬さの測定に有用である。そのため、組織の硬さの測定精度を向上させることが可能となり、医療診断機器等において高い利用可能性を持つ。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 1 2 】

- 1 超音波診断装置
- 2 超音波探触子
- 3 表示部
- 1 1 制御部
- 1 2 せん断波励起部
- 1 3 超音波信号取得部
- 1 4 変位検出部
- 1 5 伝播解析部
- 1 6 探触子移動検知部
- 1 7 シーケンス選択部
- 1 8 断層画像記憶部
- 1 9 変位量記憶部
- 2 0 シーケンス保持部
- 2 1 弾性画像記憶部

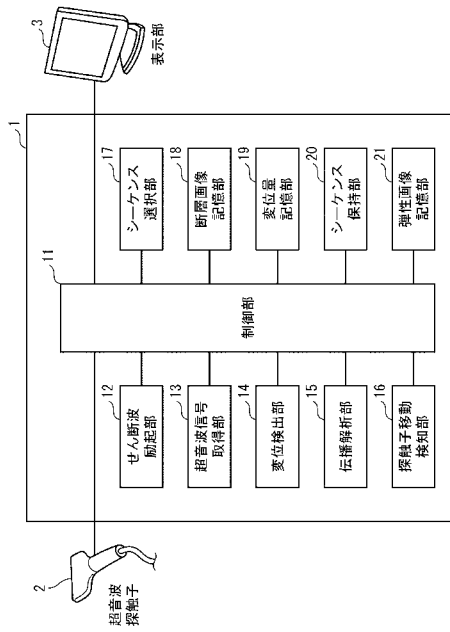
10

20

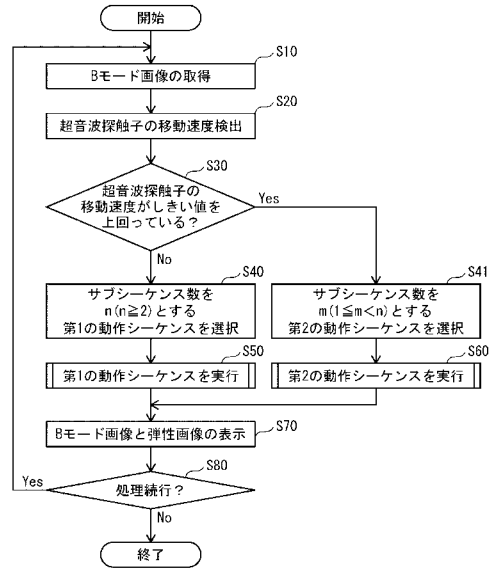
30

40

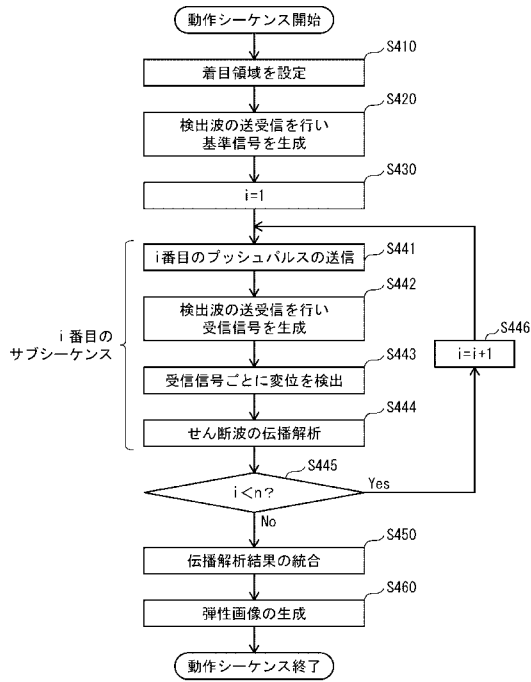
【 図 1 】



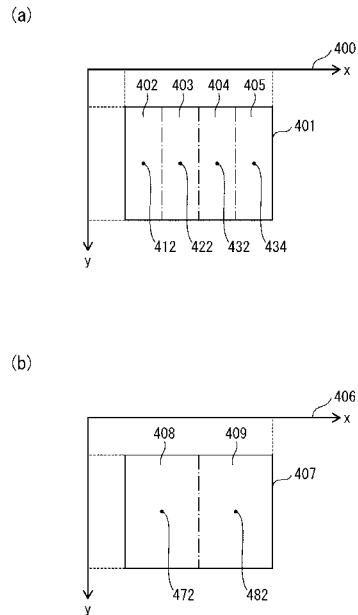
【 図 2 】



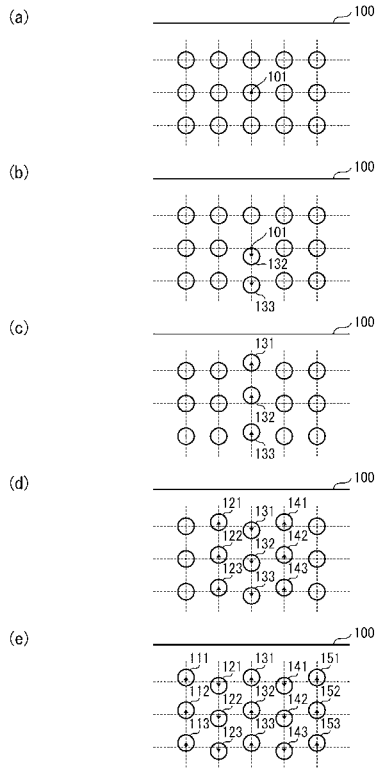
【 図 3 】



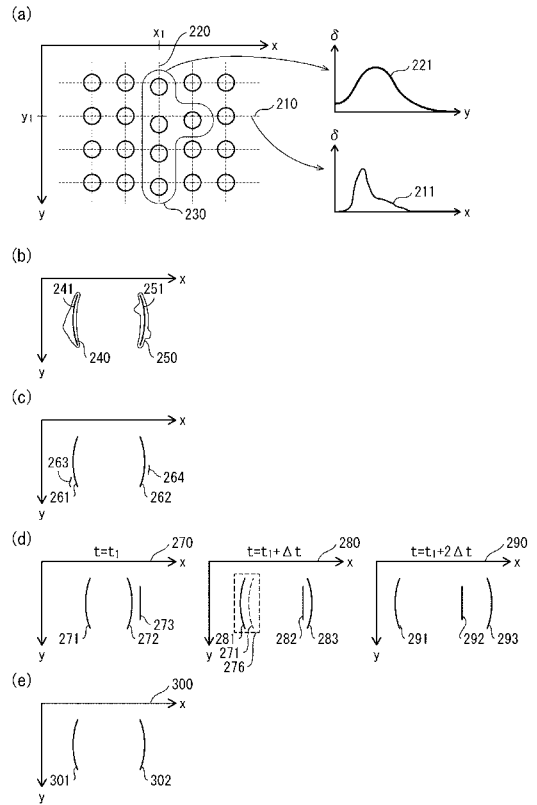
【 図 4 】



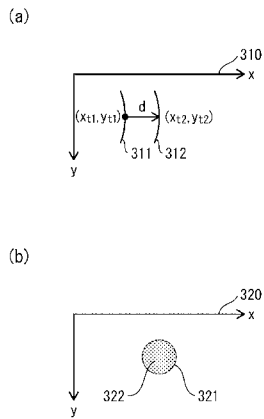
【 図 5 】



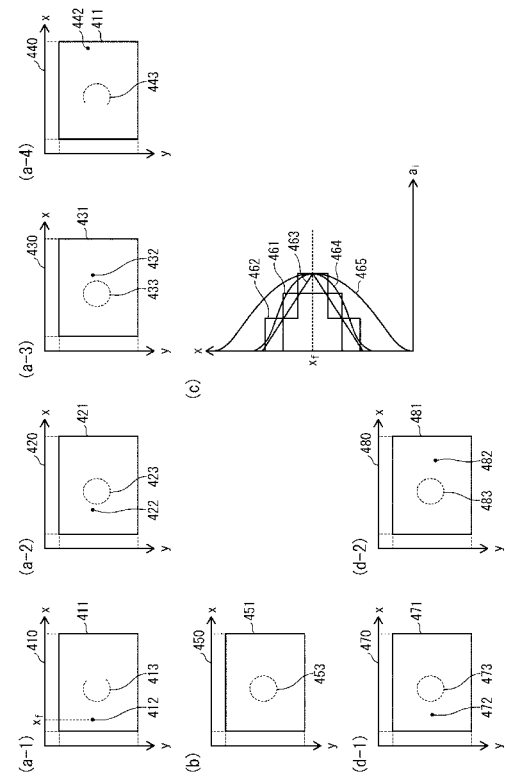
【 図 6 】



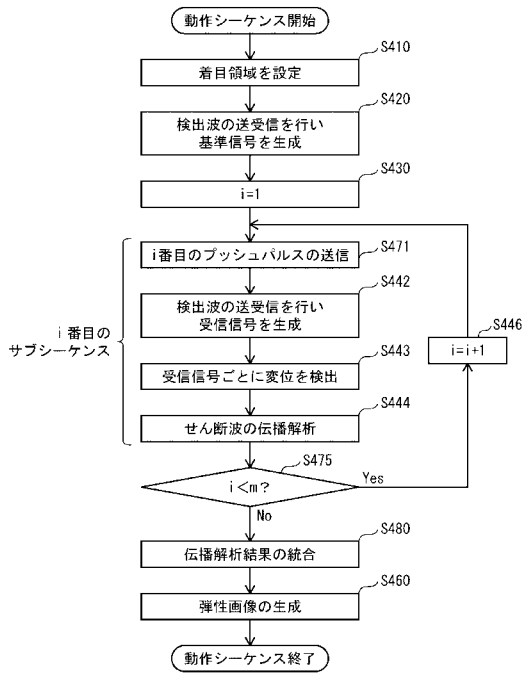
【 図 7 】



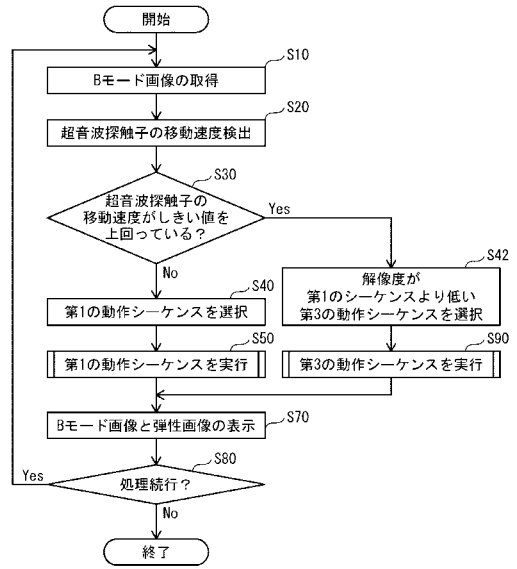
【 図 8 】



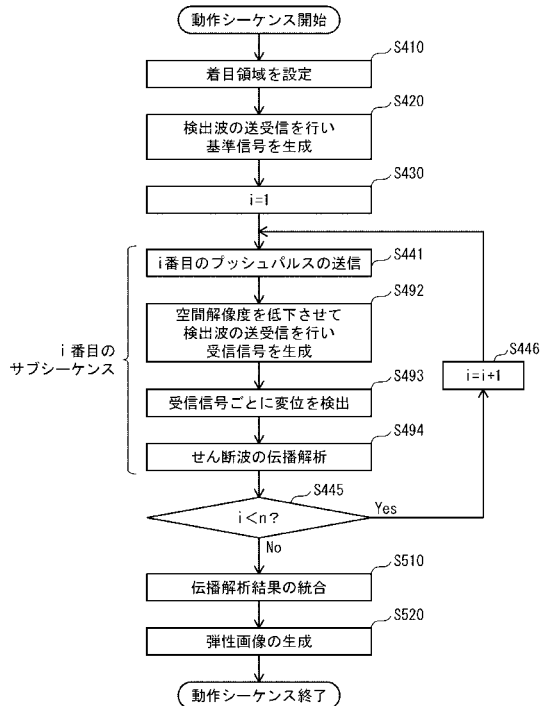
【図9】



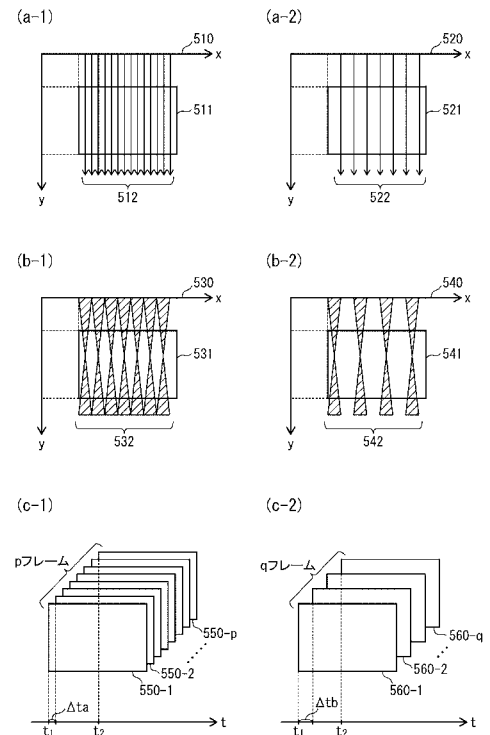
【図10】



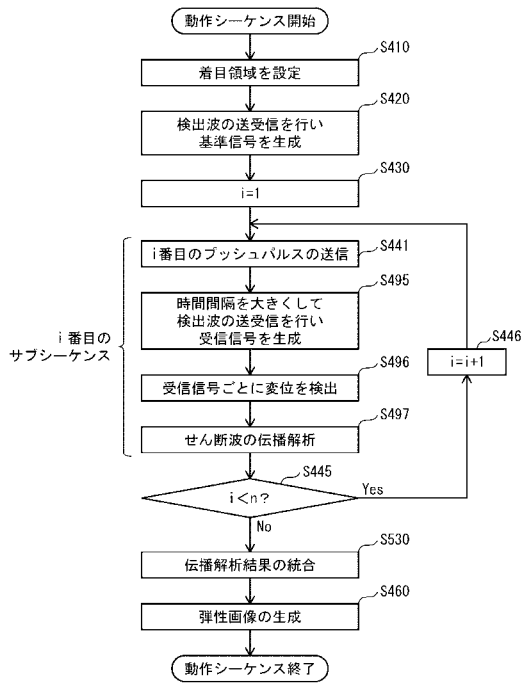
【図11】



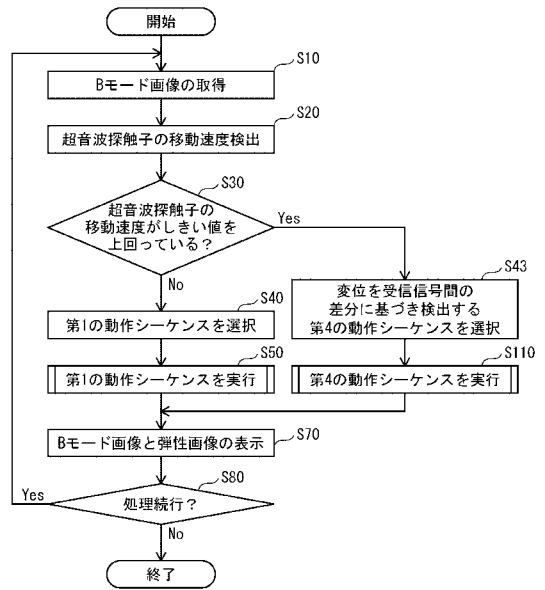
【図12】



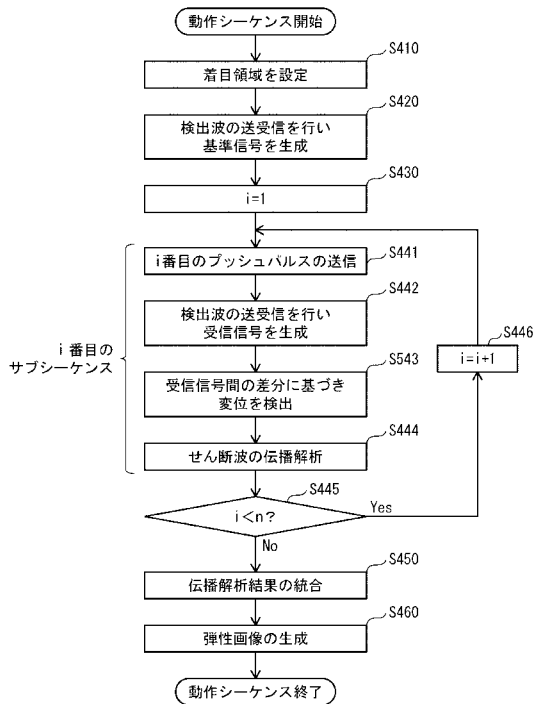
【図 1 3】



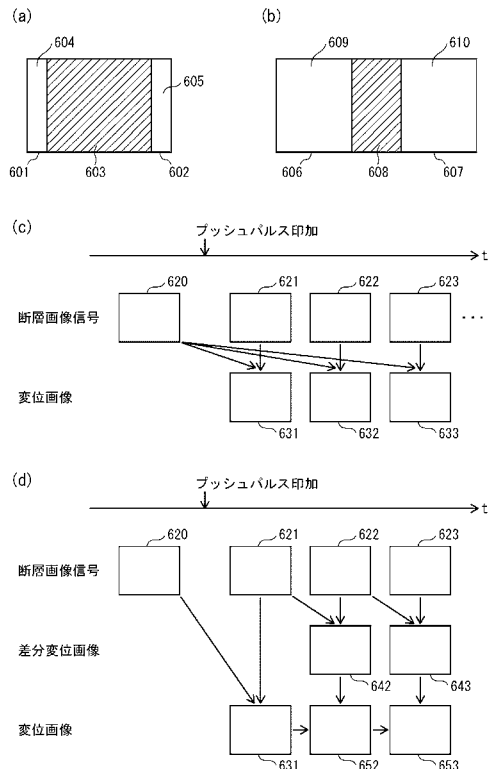
【図 1 4】



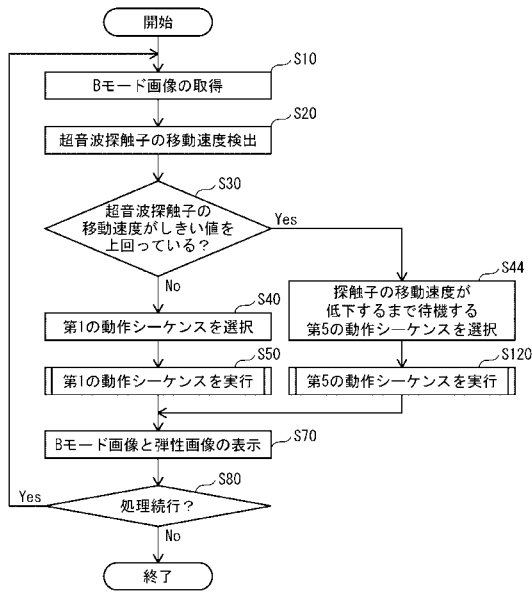
【図 1 5】



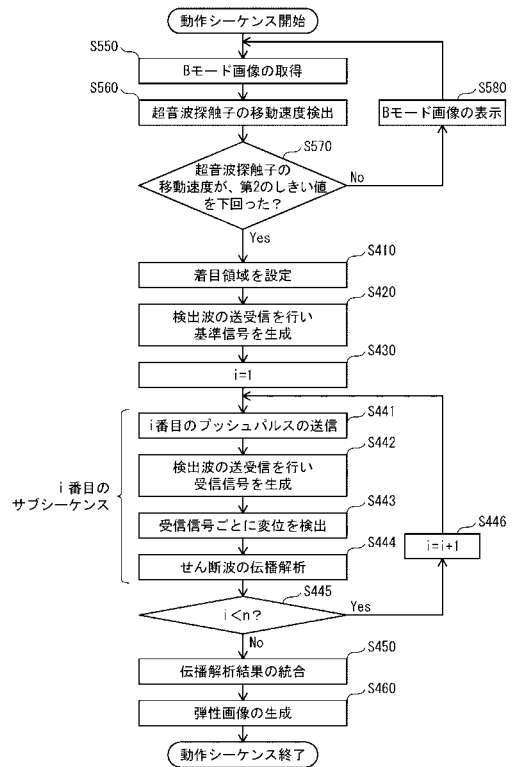
【図 1 6】



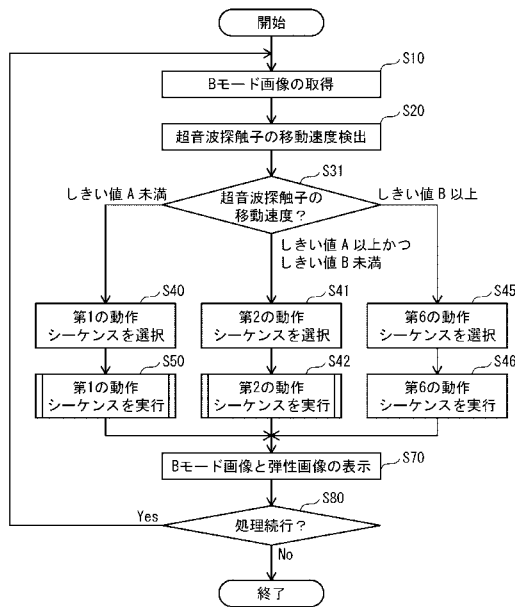
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



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	<a href="#">JP2017079977A</a>	公开(公告)日	2017-05-18
申请号	JP2015210514	申请日	2015-10-27
[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	田路文平		
发明人	田路 文平		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/485 A61B8/14 A61B8/4254 A61B8/469 A61B8/5207 A61B8/5223 A61B8/5246 A61B8/54 G01S7/52022 G01S7/52042		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/DD19 4C601/DD23 4C601/EE08 4C601/EE11 4C601/EE22 4C601/HH14		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

使用剪切波评估组织的硬度，对应于超声波探头的运动的超声波诊断装置。 解决方案：所述的超声波诊断装置发送推压脉冲，以检测剪切波，用于发送推动脉冲，多个发射多个检测波推动脉冲给受试者推动脉冲传输单元的传播条件并接收从对应于检测到的波，用于检测在由从所述推压脉冲产生的剪切波的受试者中的组织的位移的位移检测器，基于该位移被摄体的反射波检测，在感兴趣的区域分析所述剪切波，用于测量所述对象的组织的弹性的弹性测量单元，以及用于检测所述超声波探头的移动速度的探头移动检测部，弹性测量单元的传播条件是弹性用于测量，这推动脉冲发送单元和所述位移检测器和弹性测量单元的序列选择单元是定义了一系列的合作操作的操作顺序，所选择的基础上，探测运动检测器的检测结果提供。 点域1

