

(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2015-198843

(P2015-198843A)

(43) 公開日 平成27年11月12日(2015.11.12)

(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 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-80516 (P2014-80516)  
(22) 出願日 平成26年4月9日(2014.4.9)

(出願人による申告)平成25年度、独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 センター・オブ・イノベーションプログラム『活力ある生涯のためのLast 5X イノベーション』委託研究開発、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 504132272  
国立大学法人京都大学  
京都府京都市左京区吉田本町36番地1

(71) 出願人 390029791  
日立アロカメディカル株式会社  
東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号

(74) 代理人 110001210  
特許業務法人YK I 国際特許事務所

(72) 発明者 山川 誠  
京都府京都市左京区吉田本町36番地1  
国立大学法人京都大学内

(72) 発明者 椎名 毅  
京都府京都市左京区吉田本町36番地1  
国立大学法人京都大学内

最終頁に続く

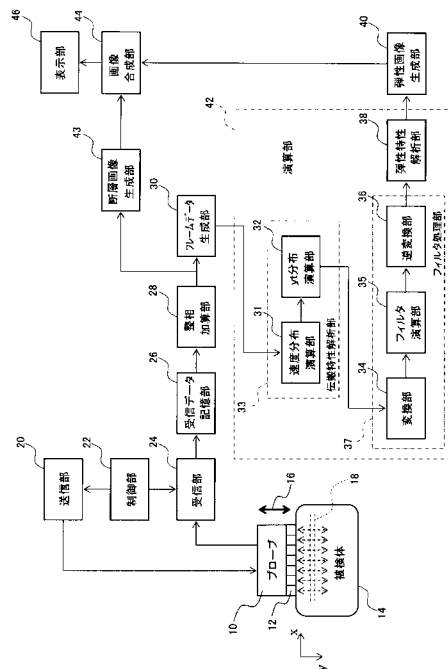
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】生体組織の弾性特性の計測を簡単にするこ  
目的とする。

【解決手段】ユーザの手の運動によってプローブ10にパルス振動16が与えられ、プローブ10の振動によって被検体14に振動が与えられることで、被検体14の組織にせん断波が励振される。パルス振動は、ユーザが被検体14に当接させたプローブ10を把持した状態で、ユーザが自らの手によってプローブ10を介して被検体14に圧力を加えた直後にその圧力を弱め、被検体14に衝撃を与えることで発生させることができる。超音波診断装置は、被検体14にパルス振動16が与えられると共に、プローブ10において超音波を送受信させ、プローブ10で受信された超音波に基づいて生体組織の弾性率分布を計測する。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ユーザの手の運動によって生体組織に振動を与えるプローブと、  
 前記プローブに超音波を送受信させる送受信部と、  
 前記送受信部から出力された受信データに基づいて、前記生体組織の断層フレームデータを生成するフレームデータ生成部と、  
 前記フレームデータ生成部によって時間経過と共に生成された複数の断層フレームデータに基づいて、前記生体組織の断層面における弾性特性を求める演算部と、を備え、  
 前記演算部は、  
 前記複数の断層フレームデータに基づいて、せん断波の伝搬特性を求める伝搬特性解析部と、  
 前記伝搬特性に対して、せん断波の反射波成分を除去または低減するフィルタ処理を施すフィルタ処理部と、  
 前記フィルタ処理後の前記伝搬特性に基づいて、前記弾性特性を求める弾性特性解析部と、  
 を備えることを特徴とする超音波診断装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波診断装置において、  
 前記プローブは、  
 線状に配列された複数の振動素子を備え、  
 前記送受信部は、  
 前記プローブに平面波を送信させることを特徴とする超音波診断装置。

20

## 【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の超音波診断装置において、  
 前記伝搬特性解析部は、  
 前記複数の断層フレームデータに基づいて、前記生体組織の深さ方向位置  $y$  および時間  $t$  に対して前記生体組織の  $y$  軸方向粒子速度を対応付けた  $y-t$  分布を、前記伝搬特性として求める  $y-t$  分布演算部を備え、  
 前記フィルタ処理部は、  
 前記  $y-t$  分布に対して二次元高速フーリエ変換を施して、波数  $k$  および角周波数  $\omega$  に対するせん断波の分布を表す  $k-\omega$  分布を求める変換部と、  
 前記  $k-\omega$  分布に対してフィルタ演算を施すフィルタ演算部と、  
 前記フィルタ演算が施された前記  $k-\omega$  分布に対し、前記二次元高速フーリエ変換についての逆変換を施して、前記フィルタ処理後の前記伝搬特性を求める逆変換部と、  
 を備えることを特徴とする超音波診断装置。

30

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の超音波診断装置において、  
 前記フィルタ演算は、  
 前記  $k-\omega$  分布の第 2 象限および第 4 象限における値を低減または除去する演算を含むことを特徴とする超音波診断装置。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、超音波診断装置に関し、特に、生体組織の弾性特性を計測する装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

生体組織の弾性率を計測する超音波診断装置が広く用いられている。弾性率は、弾性変形する物体に与えられた応力を、その物体の歪みで割った値として定義され、物体の変形

50

し難さを表す。一般に、癌、動脈硬化、肝硬変等の疾患がある組織は、その弾性率が他の組織の弾性率と異なる。そのため、弾性率を計測することで疾患を発見できる場合が多い。

【0003】

特許文献1および2に記載されているように、弾性率を計測する超音波診断装置には、振動体によって生体組織にせん断波（剪断波）を発生させると共に、超音波の送受信によって断層面における超音波データを取得するものがある。この超音波診断装置では、超音波データに基づいて断層面におけるせん断波の伝搬速度分布が求められ、断層面における弾性率の分布が求められる。

【0004】

また、シングルプローブを振動体によって振動させることで、生体組織にせん断波を発生させて、せん断波の伝搬速度をシングルプローブで計測する超音波診断装置がある。この装置では、超音波ビーム軸上の平均的な弾性率が計測される。

【0005】

このように振動体によって生体組織にせん断波を発生させる超音波診断装置の他、音響放射圧によって生体組織にせん断波を発生させる超音波診断装置がある。この超音波診断装置では、高エネルギーの超音波がプローブから送信され、音響放射圧によって生体組織にせん断波を発生させる。それと共に、超音波の送受信によって断層面における超音波データが取得され、超音波データに基づいて断層面におけるせん断波の伝搬速度分布が求められ、さらに、弾性率の分布が求められる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】国際公開第2011-004661号明細書

【特許文献2】国際公開第2011-001776号明細書

【特許文献3】国際公開第2013-073304号明細書

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】Thomas Deffieux, Jean-Luc Gennisson, Jeremy Bercoff, and Mickael Tanter, "On the Effects of Reflected Waves in Transient Shear Wave Elastography", IEEE Transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, vol.58, No.10, October pp. 2032-2035, 2011.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

生体組織に振動体によって振動を与えることで、生体組織にせん断波を発生させる超音波診断装置では、振動を発生させるための機構が必要となるため構成が複雑となる。また、音響放射圧によって生体組織にせん断波を発生させる超音波診断装置では、高エネルギーの超音波が用いられるため、超音波に対する反射係数が大きい部位の計測が困難となる。

【0009】

本発明は、生体組織の弾性特性の計測を簡単にする事と目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、ユーザの手の運動によって生体組織に振動を与えるプローブと、前記プローブに超音波を送受信させる送受信部と、前記送受信部から出力された受信データに基づいて、前記生体組織の断層フレームデータを生成するフレームデータ生成部と、前記フレームデータ生成部によって時間経過と共に生成された複数の断層フレームデータに基づいて、前記生体組織の断層面における弾性特性を求める演算部と、を備え、前記演算部は、前記複数の断層フレームデータに基づいて、せん断波の伝搬特性を求める伝搬特性解析部と

10

20

30

40

50

、前記伝搬特性に対して、せん断波の反射波成分を除去または低減するフィルタ処理を施すフィルタ処理部と、前記フィルタ処理後の前記伝搬特性に基づいて、前記弾性特性を求める弾性特性解析部と、を備えることを特徴とする。

【0011】

本発明は、ユーザの手の運動によってプローブを介して生体組織に振動が与えられるプローブを備える。これによって、振動を発生させるための機構を設けなくとも、生体組織にせん断波を発生させることができる。したがって、超音波診断装置の構成が簡単となり計測が容易となる。複数の断層フレームデータに基づいて、せん断波の伝搬特性を求め、伝搬特性から弾性特性を求める際に、プローブ方向に向かうせん断波の反射波成分の寄与を低減または除去することで、求められる弾性特性の精度が向上する。そこで、本発明は

10

【0012】

望ましくは、前記プローブは、線状に配列された複数の振動素子を備え、前記送受信部は、前記プローブに平面波を送信させる。

【0013】

本発明においては、プローブが複数の振動素子を備えており、プローブに平面波を送信させる。例えば、複数の振動素子が直線状に配列されている場合には、複数の振動素子に同一のタイミングで同一強度の超音波を送信させることで平面波が送信される。プローブに平面波を送信させることで、1回の超音波の送受信によって1フレーム分の断層フレーム

20

【0014】

望ましくは、前記伝搬特性解析部は、前記複数の断層フレームデータに基づいて、前記生体組織の深さ方向位置  $y$  および時間  $t$  に対して前記生体組織の  $y$  軸方向粒子速度を対応付けた  $y-t$  分布を、前記伝搬特性として求める  $y-t$  分布演算部を備え、前記フィルタ処理部は、前記  $y-t$  分布に対して二次元高速フーリエ変換を施して、波数  $k$  および角周波数に対するせん断波の分布を表す  $k$  分布を求める変換部と、前記  $k$  分布に対してフィルタ演算を施すフィルタ演算部と、前記フィルタ演算が施された前記  $k$  分布に対し、前記二次元高速フーリエ変換についての逆変換を施して、前記フィルタ処理後の前記伝搬特性を求める逆変換部と、を備える。

30

【0015】

本発明におけるフィルタ処理部は、 $k$  分布に対して演算を行うことで、フィルタ処理が実行される。これによって、フィルタ処理に要する演算が容易になる。

【0016】

望ましくは、前記フィルタ演算は、前記  $k$  分布の第2象限および第4象限における値を低減または除去する演算を含む。

【0017】

本発明によれば、 $k$  平面の第2象限および第4象限という単純に仕切られた領域において、各フィルタ係数が設定される。これによって、フィルタ演算に際しては  $k$  分布の値と、その値が属する象限との関係によってフィルタ係数が定まるため、フィルタ演算が

40

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、生体組織の弾性特性の計測を簡単にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施形態に係る超音波診断装置の構成を示す図である。

【図2】複数の断層フレームデータを概念的に示す図である。

【図3】 $n-1$ 個の粒子速度分布と、 $y-t$ 平面との関係を概念的に示す図である。

【図4】 $y-t$ 分布の例を示す図である。

50

【図 5】  $k$  分布の例を示す図である。

【図 6】  $k$  平面におけるフィルタ係数の分布の例を示す図である。

【図 7】 フィルタ処理後の  $y$   $t$  分布の例を示す図である。

【図 8】  $y$  軸上伝搬速度分布を求める処理を説明する図である。

【図 9】  $y = y_j$  における時間軸上の粒子速度  $v_0(t)$ 、および、 $y = y_j + d$  における時間軸上の粒子速度  $v_d(t)$  を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

図 1 には、本発明の実施形態に係る超音波診断装置の構成が示されている。この超音波診断装置は、ユーザの手の運動によってプローブ 10 にパルス振動 16 を与え、プローブ 10 の振動によって被検体 14 に振動を与えてその組織にせん断波を励振するものである。プローブ 10 に与えられるパルス振動 16 は、例えば、10 Hz 以上 100 Hz 以下の周波数帯域を有するものとする。このようなパルス振動は、ユーザが被検体 14 に当接させたプローブ 10 を把持した状態で、ユーザが自らの手によってプローブ 10 を介して被検体 14 に圧力を加えた直後にその圧力を弱め、被検体 14 に衝撃を与えることで発生させることができる。超音波診断装置は、被検体 14 にパルス振動 16 が与えられると共に、プローブ 10 において超音波を送受信させ、プローブ 10 で受信された超音波に基づいて生体組織の弾性率分布を計測する。

10

【0021】

図 1 を参照して超音波診断装置の構成および動作について説明する。プローブ 10 は、複数の振動素子 12 を備えている。複数の振動素子 12 は、被検体 14 に当接させる面に沿って  $x$  軸方向に配列されている。送信部 20 は、制御部 22 による制御に従い、プローブ 10 から被検体 14 に平面波 18 が送信されるように、各振動素子 12 に送信信号を出力する。各振動素子 12 は、送信部 20 から出力された送信信号に応じて超音波を発生する。例えば、各振動素子 12 に出力される送信信号の強度および出力タイミングを同一とし、各振動素子 12 に同一強度の超音波を同時に発生させることで、プローブ 10 の当接面と平行な波面を有する平面波 18 が発生する。なお、複数の振動素子 12 が直線状に配列されていない場合には、各振動素子 12 の位置に応じて、各振動素子 12 に発生させる超音波の強度、各振動素子に超音波を発生させるタイミングを調整してもよい。

20

【0022】

プローブ 10 から送信された超音波は被検体 14 内において反射し、各振動素子 12 で受信される。各振動素子 12 は、受信された超音波を電気信号である受信信号に変換して受信部 24 に出力する。受信部 24 は、制御部 22 による制御に従い、各振動素子 12 から出力された受信信号を取得し、増幅、直交検波等の処理を施す。これによって、受信部 24 は、複数の振動素子 12 に対応する複数チャンネルの受信ベースバンドデータを生成し、各受信ベースバンドデータを受信データ記憶部 26 に記憶させる。ここで、各受信ベースバンドデータは、同相成分  $I$  および直交成分  $Q$  を含む。 $I$   $Q$  平面におけるベクトル ( $I$ ,  $Q$ ) の位相角は、受信信号の位相角を表す。

30

【0023】

整相加算部 28 は、受信データ記憶部 26 に記憶された複数チャンネルの受信ベースバンドデータを整相加算して、複数の  $y$  軸方向受信ビームデータを生成する。これら複数の  $y$  軸方向受信ビームデータは、被検体 14 の深さ方向 ( $y$  軸方向) に向けられて  $x$  軸方向に並ぶ複数の受信ビームに対応する。 $y$  軸方向受信ビームデータは、整相加算前の受信ベースバンドデータと同様、同相成分および直交成分を含んでいる。整相加算部 28 は、各  $y$  軸方向受信ビームデータをフレームデータ生成部 30 および断層画像生成部 43 に出力する。なお、このような整相加算は、例えば、上記特許文献 3 に記載されている。

40

【0024】

フレームデータ生成部 30 は、整相加算部 28 から出力された各  $y$  軸方向受信ビームデータに基づいて、超音波の 1 回の送受信に対応して、1 つの断層フレームデータを生成する。制御部 22、送信部 20、プローブ 10、および受信部 24 は、被検体 14 に対する

50

超音波の送受信を繰り返し行う。整相加算部 28 およびフレームデータ生成部 30 は、時間経過と共に繰り返し行われた複数回の超音波の送受信に対応して、時間経過と共に複数の断層フレームデータを生成する。フレームレートは、例えば、1 秒当たり 1000 フレーム以上、5000 フレーム以下である。フレームデータ生成部 30 は、各断層フレームデータを伝搬特性解析部 33 に出力する。

【0025】

図 2 には、フレームデータ生成部 30 によって生成された複数の断層フレームデータが概念的に示されている。この図では、時間  $t_0$  から時間  $t_0 + (n - 1) \cdot \Delta t$  の間に、時間  $\Delta t$  の間隔で  $n$  個の断層フレームデータ  $F_0 \sim F_{n-1}$  が生成された例が示されている。各断層フレームデータは、 $x$  軸方向に配列された複数の受信ビームに対応する複数の  $y$  軸方向受信ビームデータ 48 を含む。

10

【0026】

各断層フレームデータには  $x$   $y$  座標が対応付けられている。すなわち、1 つの  $y$  軸方向受信ビームデータ 48 には、対応する受信ビームの  $x$  座標が対応付けられている。また、1 つの  $y$  軸方向受信ビームデータ 48 の時間軸  $t'$  には、 $y$  座標が対応付けられている。ここで、生体組織における超音波の速さを  $c$  とすれば、 $y = c \cdot t' / 2$  の関係がある。1 つの断層フレームデータにおける点  $(x, y)$  のデータは、同相成分  $I(x, t')$  および直交成分  $Q(x, t')$  を含む。ここで、 $t' = 2y / c$  である。

【0027】

次に、複数の断層フレームデータに基づいて、被検体 14 の  $x$   $y$  断層面における弾性率分布を求め、弾性画像データを生成する構成および処理について説明する。弾性画像データは、 $x$   $y$  断層面における弾性率分布を色彩等によって示す画像を弾性画像として表す。弾性率分布は、伝搬特性解析部 33、フィルタ処理部 37、および弾性特性解析部 38 によって構成された演算部 42 の演算によって求められる。

20

【0028】

速度分布演算部 31 および  $y$   $t$  分布演算部 32 は伝搬特性解析部 33 を構成し、生体組織の深さ方向位置  $y$  および時間  $t$  に対して、生体組織粒子の速度の  $y$  軸方向成分を対応付けた  $y$   $t$  分布を伝搬特性として求める。

【0029】

速度分布演算部 31 は、時間を前後して連続して取得された 2 つの断層フレームデータについて、 $x$   $y$  断層面上の各点に対応する生体組織粒子の振動の位相差  $\Delta\phi$  を求める。図 2 に示された例では、これら 2 つの断層フレームデータは、時間  $t = t_0 + i \cdot \Delta t$  に取得された断層フレームデータ  $F_i$ 、および、時間  $t = t_0 + (i + 1) \cdot \Delta t$  に取得された断層フレームデータ  $F_{i+1}$  である。ここで、 $i$  は  $0 \sim n - 1$  のうちのいずれかの整数である。位相差  $\Delta\phi$  は、各点における  $y$  軸方向受信ビームデータ 48 の同相成分および直交成分を用いて、次の (数 1) に基づいて求められる。

30

【0030】

【数 1】

$$\Delta\phi = \tan^{-1} \left( \frac{I_1 \cdot Q_2 - Q_1 \cdot I_2}{I_1 \cdot I_2 + Q_1 \cdot Q_2} \right)$$

40

【0031】

ここで、 $I_1$  および  $Q_1$  は、先に取得された断層フレームデータにおける、点  $(x, y)$  に対応する同相成分および直交成分である。 $I_2$  および  $Q_2$  は、後に取得された断層フレームデータにおける、点  $(x, y)$  に対応する同相成分および直交成分である。(数 1) は、 $I$   $Q$  平面上の 2 つのベクトル  $(I_1, Q_1)$  および  $(I_2, Q_2)$  がなす角を表す。このような処理に従って、速度分布演算部 31 は、 $x$   $y$  断層面上の各点に対応する生体組織粒子の振動について位相差  $\Delta\phi$  を求める。

50

## 【 0 0 3 2 】

速度分布演算部 3 1 は、次の ( 数 2 ) に基づいて、x y 断層面上の各点における生体組織粒子の速度の y 軸方向成分 v を求める。以下、生体組織粒子の速度の y 軸方向成分 v を、単に粒子速度 v とする。

## 【 0 0 3 3 】

## 【 数 2 】

$$v = \frac{c\Delta\varphi}{2\omega_0\delta}$$

10

## 【 0 0 3 4 】

c は生体組織における超音波の速さであり、 $\omega_0$  は、プローブ 1 0 で送受信される超音波の角周波数である。このような処理によって、速度分布演算部 3 1 は、断層フレームデータ F 0 および F 1 に対して粒子速度の x y 断層面上における分布を求め、これを時間  $t = t_0$  における粒子速度分布とする。同様に、断層フレームデータ F 1 および F 2 に対して粒子速度分布を求め、これを時間  $t = t_0 + \Delta t$  における粒子速度分布とし、断層フレームデータ F 2 および F 3 に対して粒子速度分布を求め、これを時間  $t = t_0 + 2\Delta t$  における粒子速度分布とする。すなわち、速度分布演算部 3 1 は、断層フレームデータ F i および F i + 1 に対して粒子速度分布を求め、これを時間  $t = t_0 + i \cdot \Delta t$  における粒子速度分布とする。このようにして、速度分布演算部 3 1 は、時間  $t_0 \sim t_0 + (n - 2) \cdot \Delta t$  について、n - 1 個の粒子速度分布を求める。なお、速度分布演算部 3 1 は、断層フレームデータ F i および F i + 1 に対して粒子速度分布を求め、これを時間  $t = t_0 + (i + 1) \cdot \Delta t$  における粒子速度分布としてもよい。

20

## 【 0 0 3 5 】

y t 分布演算部 3 2 は、n - 1 個の粒子速度分布に基づいて、複数の受信ビームの位置に対応する複数の x 座標値のそれぞれについて、y t 分布を求める。y t 分布は、生体組織の深さ方向位置 y および時間 t に対して粒子速度を対応付けた分布である。図 3 には、n - 1 個の粒子速度分布と、y t 分布が求められる y t 平面 5 0 との関係が概念的に示されている。図 3 では、n - 1 個の粒子速度分布が、速度分布平面 V 0 ~ V n - 2 によって示されている。速度分布平面上の各点 ( x , y ) には、その点における粒子速度 v ( x , y ) が対応付けられている。ここで、x 座標値  $x_j$  についての y t 分布は、 $x = x_j$  で表される y t 平面 5 0 と、速度分布平面 V 0 ~ V n - 2 との各交線 5 2 上の各点における粒子速度によって形成される。

30

## 【 0 0 3 6 】

図 4 には、1 つの x 座標値についての y t 分布の例が示されている。横軸は生体組織の深さ方向位置 ( y 座標値 ) を示し、縦軸は時間 t を示している。この図は、塗りつぶしが薄い程、粒子速度が大きいことを示す。この y t 分布には、時間が経過するに従って生体組織の深い方向に移動していく進行波成分 5 4 が現れている。また、時間が経過するに従って生体組織の浅い方向 ( y 軸負方向、すなわち、プローブ 1 0 に向かう方向 ) に移動していく反射波成分 5 6 も認められる。

40

## 【 0 0 3 7 】

y t 分布演算部 3 2 は、受信ビームが存在する総ての x 座標値のそれぞれについて y t 分布を求め、各 y t 分布をフィルタ処理部 3 7 に出力する。

## 【 0 0 3 8 】

フィルタ処理部 3 7 は、変換部 3 4、フィルタ演算部 3 5 および逆変換部 3 6 を備え、次のような処理によって、反射波成分を各 y t 分布から低減または除去する。すなわち、変換部 3 4 は、y t 分布に対して、非特許文献 1 に記載されている二次元高速フーリエ変換処理を施して k 分布を求める。ここで、k 分布は、y 軸方向の波数 k および角周波数  $\omega$  に対して、せん断波の強度を対応付けた分布である。波数は、y 軸方向の単位距離当

50

たりの位相回転量であり、伝搬定数とも称される。

【 0 0 3 9 】

図 5 には、 $k$  分布の例が示されている。横軸は、せん断波の角周波数  $\omega$  を示し、縦軸は、せん断波の波数  $k$  を示している。この  $k$  分布は、塗りつぶしが薄い程、その領域の成分が大きいことを示す。 $k$  分布における第 1 象限および第 3 象限は、位相速度  $\omega/k$  が正である進行波成分の分布を示し、 $k$  分布における第 2 象限および第 4 象限は、位相速度  $\omega/k$  が負である反射波成分の分布を示す。図 5 に示される例では、第 1 象限および第 3 象限における進行波成分が支配的であるものの、第 2 象限および第 4 象限における反射波成分も認められる。

【 0 0 4 0 】

$k$  分布が求められた後、フィルタ演算部 35 は、 $k$  分布の第 2 象限及び第 4 象限における分布を低減し、または 0 に置き換えるフィルタ演算を行う。すなわち、フィルタ演算においては、 $k > 0$  かつ  $\omega < 0$  の第 2 象限の値、および、 $k < 0$  かつ  $\omega > 0$  の第 4 象限の値に 0 以上 1 未満のフィルタ係数が乗せられる。そして、 $k > 0$  かつ  $\omega > 0$  の第 1 象限の値、および、 $k < 0$  かつ  $\omega < 0$  の第 3 象限の値にフィルタ係数として 1 が乗せられる。図 6 には、 $k$  平面上でのフィルタ係数の分布が例示されている。この図では、第 1 象限および第 3 象限のフィルタ係数が 1 に設定され、第 2 象限および第 4 象限のフィルタ係数が 0 に設定されている。

【 0 0 4 1 】

逆変換部 36 は、フィルタ演算が施された  $k$  分布に対して二次元高速フーリエ変換処理についての逆変換処理を施して、フィルタ処理後の  $y$   $t$  分布を生成し、弾性特性解析部 38 に出力する。

【 0 0 4 2 】

このような処理によって、フィルタ処理部 37 は、受信ビームが存在する総ての  $x$  座標値のそれぞれについて求められた各  $y$   $t$  分布に対してフィルタ処理を施し、フィルタ処理後の各  $y$   $t$  分布を弾性特性解析部 38 に出力する。

【 0 0 4 3 】

図 7 には、ある 1 つの  $x$  座標値に対して求められたフィルタ処理後の  $y$   $t$  分布の例が示されている。この  $y$   $t$  分布では、図 4 に示される  $y$   $t$  分布に見られるような反射波成分 56 が除去されている。

【 0 0 4 4 】

弾性特性解析部 38 は、次のような処理によって、受信ビームが存在する総ての  $x$  座標値のそれぞれについて、 $x$   $y$  断面における  $y$  軸上の各点における  $y$  軸方向へのせん断波伝搬速度 ( $y$  軸上伝搬速度分布) を求める。図 8 には、1 つの  $x$  座標値について、 $y$  軸上伝搬速度分布を求める処理を説明するための  $y$   $t$  分布が示されている。弾性特性解析部 38 は、 $y = y_j$  における時間軸上の粒子速度  $v_0(t) = v(y_j, t)$  を抽出する。さらに、弾性特性解析部 38 は、そこから  $y$  軸正方向に距離  $d$  だけ離れた  $y = y_j + d$  における時間軸上の粒子速度  $v_d(t) = v(y_j + d, t)$  を抽出する。図 9 (a) には、粒子速度  $v_0(t)$  が示されている。また、図 9 (b) には、粒子速度  $v_d(t)$  が示されている。

【 0 0 4 5 】

弾性特性解析部 38 は、次の (数 3) に従い、粒子速度  $v_0(t)$  と、粒子速度  $v_d(t + \tau)$  との相関関数  $R(\tau)$  を求める。

【 0 0 4 6 】

【数 3】

$$R(\tau) = \int v_0(t) \cdot v_d(t + \tau) dt$$

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

相関関数  $R(\quad)$  は、粒子速度  $v_0(t)$  の波形と、粒子速度  $v_d(t)$  の波形を  $t$  軸負方向に  $d$  だけ平行移動した波形とが近似する度合を表す。弾性特性解析部 38 は、 $d$  を変化させながら各  $y_j$  について相関関数  $R(\quad)$  を求め、相関関数  $R(\quad)$  が最大となるときの  $y_j$  の値を、 $y = y_j$  から  $y = y_j + d$  にかけての伝搬時間  $T$  とする。弾性特性解析部 38 は、 $C_s = d / T$  を演算し、この  $C_s$  を  $y = y_j$  (または  $y_j + d$ ) における  $y$  軸方向へのせん断波伝搬速度とする。

## 【 0 0 4 8 】

弾性特性解析部 38 は、 $y$  座標値  $y_j$  を生体組織の範囲に亘って変化させ、 $x-y$  断層面における  $y$  軸上の各点についてこのような処理を行う。これによって弾性特性解析部 38 は、1つの  $x$  座標値について1つの  $y$  軸上传搬速度分布を求める。

10

## 【 0 0 4 9 】

弾性特性解析部 38 は、受信ビームが存在する総ての  $x$  座標値のそれぞれについて、 $y$  軸上传搬速度分布を求め、 $x-y$  断層面におけるせん断波速度分布を求める。このようにして求められるせん断波速度分布は、 $x-y$  断層面における各点に対し、せん断波の  $y$  軸方向への伝搬速度を対応付けた分布である。

## 【 0 0 5 0 】

すなわち、図 3 に示されている1つの  $y-t$  平面 50 から、1つの  $y$  軸上传搬速度分布が求められ、受信ビームが存在する総ての  $x$  座標値のそれぞれについて求められた  $y$  軸上传搬速度分布の集合によって、 $x-y$  断層面におけるせん断波速度分布が形成される。

20

## 【 0 0 5 1 】

弾性特性解析部 38 は、 $x-y$  断層面におけるせん断波速度分布に基づいて、 $x-y$  断層面における弾性率分布を求める。この処理は、 $x-y$  断層面における各点のせん断波伝搬速度  $C_s$  を用いて、次の(数 4)に基づいて弾性率  $E$  を求めることで行われる。

## 【 0 0 5 2 】

## 【数 4】

$$E = 3\rho C_s^2$$

30

## 【 0 0 5 3 】

ここで、 $\rho$  は生体組織の密度であり、軟組織の場合、およそ  $1000 \text{ kg/m}^3$  である。弾性特性解析部 38 は、 $x-y$  断層面における弾性率分布を弾性画像生成部 40 に出力する。弾性画像生成部 40 は、弾性率分布に基づいて弾性画像データを生成し、画像合成部 44 に出力する。弾性画像データが示す弾性画像は、例えば、弾性率が大きい領域を青色、弾性率が小さい領域を赤色、弾性率がこれらの中間の値である領域を緑色、黄色等の中間色で表す。弾性率は、色彩の他、塗りつぶし模様、数値、三次元グラフ等で表されてもよい。

## 【 0 0 5 4 】

次に、断層画像生成部 43 が、整相加算部 28 から出力された各  $y$  軸方向受信ビームデータに基づいて、 $x-y$  断層面における断層画像データを生成する処理について説明する。断層画像生成部 43 は、 $x$  軸方向に並ぶ複数の受信ビームに対応する各  $y$  軸方向受信ビームデータに基づいて、 $x-y$  断層面における断層画像データを生成し、画像合成部 44 に出力する。断層画像生成部 43 は、超音波の1回の送受信に対応して、1画像分の断層画像データを生成する。断層画像生成部 43 は、時間経過と共に繰り返し行われる複数回の超音波の送受信に対応して、複数画像分の断層フレームデータを生成し、画像合成部 44 に出力する。

40

## 【 0 0 5 5 】

画像合成部 44 は、断層画像生成部 43 から出力された断層画像データ、および、弾性画像生成部 40 から出力された弾性画像データに基づいて、断層画像に弾性画像を重ねた

50

画像を示す断層・弾性画像データを生成し、表示部 46 に出力する。表示部 46 は、断層・弾性画像データに基づく画像を表示する。これによって、ユーザは、断層画像と共に弾性率分布を把握することができ、癌、動脈硬化、肝線維化、肝硬変等の診断が可能となる。

【0056】

なお、上記では、各振動素子 12 に同一強度の超音波を同時に発生させることで、プローブ 10 の当接面と平行な波面を有する平面波 18 を発生させる例について説明した。このような構成の他、制御部 22 によって送信部 20 および受信部 24 を制御し、プローブ 10 において 1 本または複数本の超音波ビームを形成し、この超音波ビームを  $x$   $y$  断層面で走査してもよい。この場合、各振動素子 12 には、超音波ビームが形成されるように遅延時間が調整された送信信号が入力される。また、超音波ビームが  $x$   $y$  断層面を 1 回走査するごとに、フレームデータ生成部 30 において 1 つの断層フレームデータが生成され、断層画像生成部 43 において 1 画像分の断層画像データが生成される。

10

【0057】

本実施形態に係る超音波診断装置では、ユーザの手の運動によってプローブにパルス振動が与えられ、プローブの振動によって被検体に振動を与えて生体組織にせん断波が励振される。これによって、振動を発生させる機構が要されないため、超音波診断装置の構成が簡単となり、計測が容易となる。せん断波の周波数成分は、ユーザの手加減によって簡単に調整することができる。また、音響放射圧によって生体組織にせん断波を発生させる場合に比べて、超音波のエネルギーは小さくてもよい。これによって、超音波に対する反射係数が大きい部位の計測が容易となる。

20

【0058】

さらに、フィルタ処理部によって、せん断波の反射波成分が低減または除去されるため、弾性率分布の計測精度が向上する。この処理は、 $k$  分布に対してフィルタ係数を乗ずるものであるため処理が簡単である。また、 $k$  平面の第 2 象限および第 4 象限という単純に仕切られた領域において、各フィルタ係数が設定される。これによって、フィルタ処理に際しては  $k$  分布の値と、その値が属する象限との関係によってフィルタ係数が定まるため、フィルタ演算が容易となる。

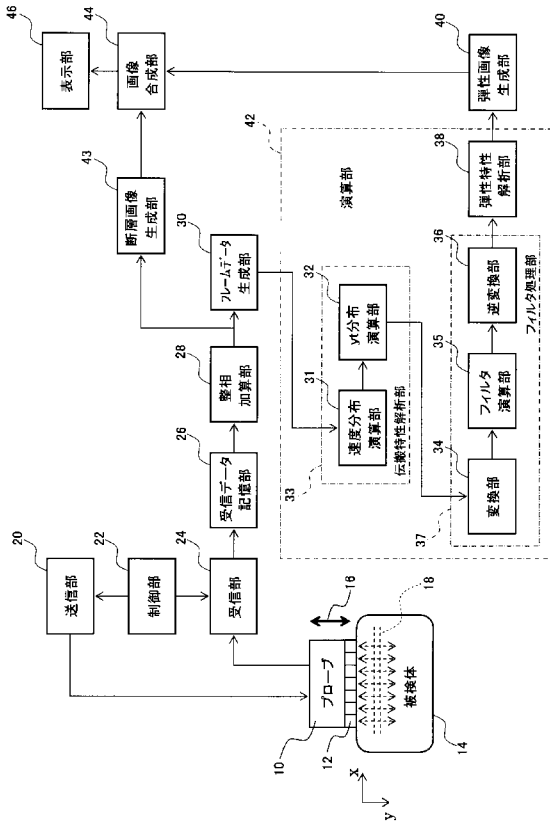
【符号の説明】

【0059】

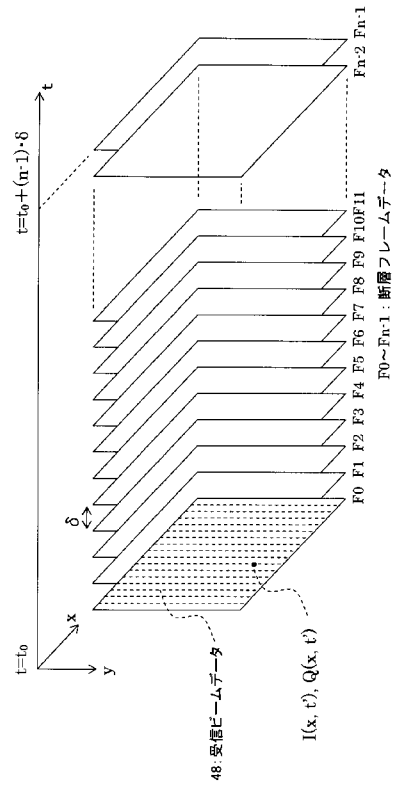
10 プローブ、12 振動素子、14 被検体、16 パルス振動、18 平面波、20 送信部、22 制御部、24 受信部、26 受信データ記憶部、28 整相加算部、30 フレームデータ生成部、31 速度分布演算部、32  $y$   $t$  分布演算部、33 伝搬特性解析部、34 変換部、35 フィルタ演算部、36 逆変換部、37 フィルタ処理部、38 弾性特性解析部、40 弾性画像生成部、42 演算部、43 断層画像生成部、44 画像合成部、46 表示部、48 受信ビームデータ、50  $y$   $t$  平面、52  $y$   $t$  平面と速度分布平面との交線、54 進行波成分、56 反射波成分。

30

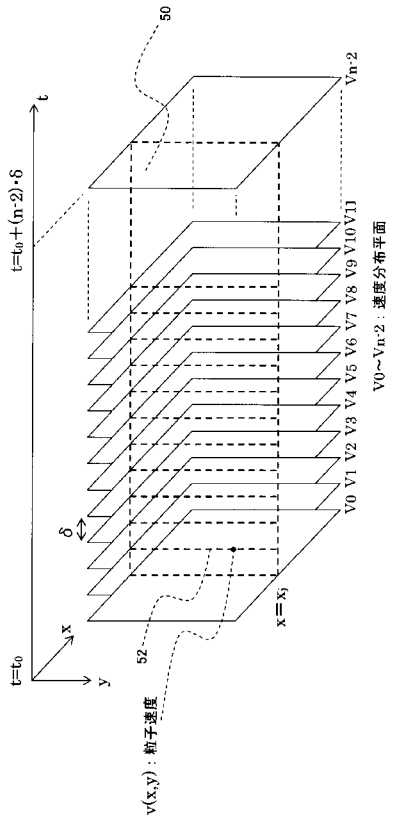
【 図 1 】



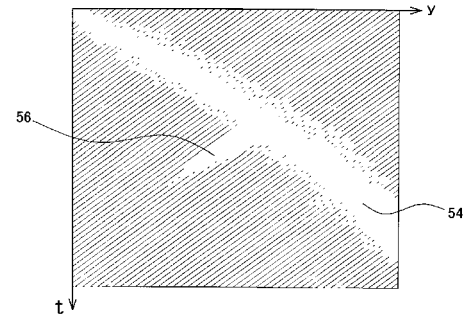
【 図 2 】



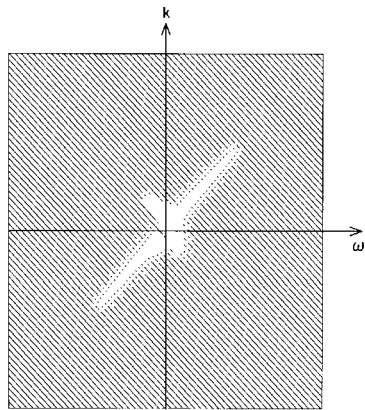
【 図 3 】



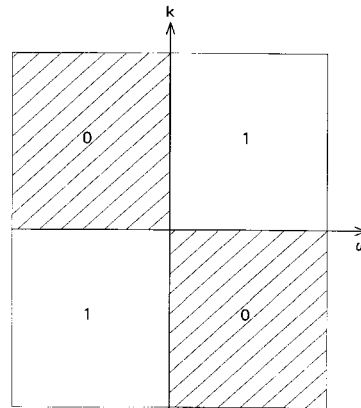
【 図 4 】



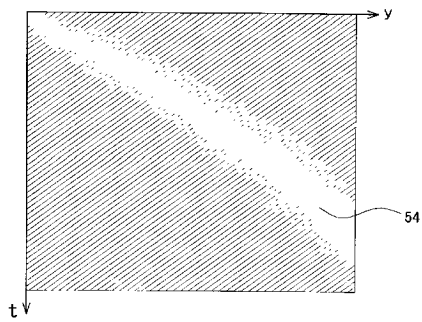
【 図 5 】



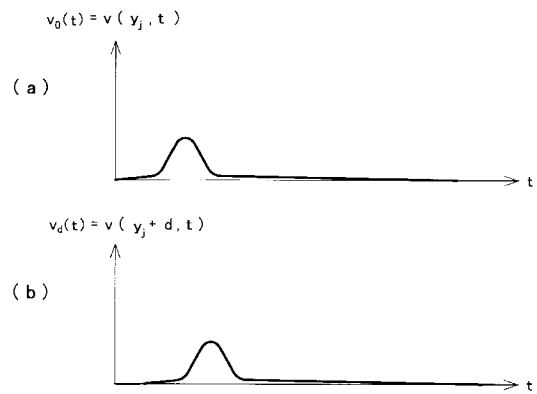
【 図 6 】



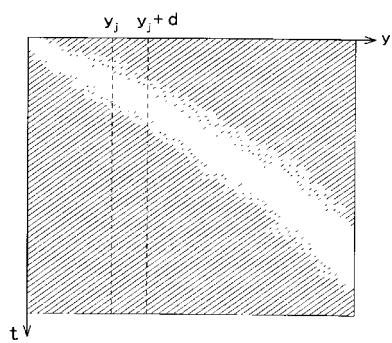
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 大坂 卓司

東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内

(72)発明者 三竹 毅

東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内

Fターム(参考) 4C601 DD19 DD23 EE04 EE12 JB28 JB33 JB42 JB49 JC16

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP2015198843A</a>	公开(公告)日	2015-11-12
申请号	JP2014080516	申请日	2014-04-09
[标]申请(专利权)人(译)	国立大学法人京都大学 日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	国立大学法人京都大学 日立アロカメディカル株式会社		
[标]发明人	山川誠 椎名毅 大坂卓司 三竹毅		
发明人	山川 誠 椎名 毅 大坂 卓司 三竹 毅		
IPC分类号	A61B8/08		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/08.ZDM		
F-TERM分类号	4C601/DD19 4C601/DD23 4C601/EE04 4C601/EE12 4C601/JB28 4C601/JB33 4C601/JB42 4C601/JB49 4C601/JC16		
其他公开文献	JP6393502B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：简化生物组织弹性特性的测量。 解决方案：通过用户手部的运动将脉冲振动16施加到探针10，并且通过探针10的振动将振动施加到对象14，从而在对象14的组织中激发剪切波。 脉冲振动是用户使探头10与被检体14接触并在用户用自己的手通过探头10对被检体14施加压力后立即减弱压力的状态，可以通过影响14来生成。 超声波诊断装置对被检体14施加脉冲振动16，使探头10收发超声波，并基于探头10接收的超声波来测定生物体的弹性模量分布。 [选型图]图1

(21) 出願番号	特願2014-80516 (P2014-80516)	(71) 出願人	504132272 国立大学法人京都大学 京都府京都市左京区吉田本町36番地1
(22) 出願日	平成26年4月9日 (2014.4.9)	(71) 出願人	390029791 日立アロカメディカル株式会社 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(出願人による申告) 平成25年度、独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 センター・オブ・イノベーションプログラム「活力ある生涯のためのLast 5X イノベーション」委託研究開発、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		(74) 代理人	110001210 特許業務法人YK1国際特許事務所
		(72) 発明者	山川 誠 京都府京都市左京区吉田本町36番地1 国立大学法人京都大学内
		(72) 発明者	椎名 毅 京都府京都市左京区吉田本町36番地1 国立大学法人京都大学内