

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6259953号
(P6259953)

(45) 発行日 平成30年1月10日 (2018. 1. 10)

(24) 登録日 平成29年12月15日 (2017. 12. 15)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 8/08 (2006. 01)

A 6 1 B 8/08 Z DM

A 6 1 B 8/14 (2006. 01)

A 6 1 B 8/14

請求項の数 15 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-522080 (P2017-522080)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成28年7月29日 (2016. 7. 29)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2017-535327 (P2017-535327A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成29年11月30日 (2017. 11. 30)		オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(86) 国際出願番号	PCT/EP2016/068250		High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(87) 国際公開番号	W02017/021341		
(87) 国際公開日	平成29年2月9日 (2017. 2. 9)	(74) 代理人	100122769
審査請求日	平成29年4月21日 (2017. 4. 21)		弁理士 笛田 秀仙
(31) 優先権主張番号	15186920.3	(74) 代理人	100163809
(32) 優先日	平成27年9月25日 (2015. 9. 25)		弁理士 五十嵐 貴裕
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		
(31) 優先権主張番号	PCT/CN2015/085935		
(32) 優先日	平成27年8月3日 (2015. 8. 3)		
(33) 優先権主張国	中国 (CN)		
早期審査対象出願		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 セン断波を用いる測定に関する超音波システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セン断波を用いて対象の関心領域の特性を測定する超音波システムであって、
それぞれが相互に異なる深度値を持つ前記関心領域における複数の焦点の各々に、セン断波を発生させるためのプッシュパルスを順次送信し、前記複数の焦点のそれぞれに隣接する超音波エコー信号を受信するよう構成される超音波プローブと、

前記受信された超音波エコー信号に基づき、前記生成されたセン断波が前記焦点で持つ特性を示す第1のパラメータを、複数の焦点の各々に関して得るよう構成されるセン断波検出器と、

前記複数の焦点における前記得られた第1のパラメータの関数として、前記関心領域の特性を示す第2のパラメータを推定するよう構成される特性推定器とを有する、超音波システム。

【請求項 2】

前記関心領域の特性が、前記関心領域の長手方向特性を含み、前記関心領域の長手方向特性は、前記プッシュパルスの伝搬方向に沿った関心領域の特性である、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 3】

前記焦点に関して得られた第1のパラメータが、前記生成されたセン断波が焦点で持つ強度を示す、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 4】

10

20

前記焦点に関する第 1 のパラメータが、前記焦点に隣接する追跡スポットにおける前記生成されたせん断波の変位から得られる、請求項 1 乃至 3 の任意の一項に記載の超音波システム。

【請求項 5】

前記第 1 のパラメータが、前記追跡スポットにおける前記生成されたせん断波のピーク変位から得られる、請求項 4 に記載の超音波システム。

【請求項 6】

前記特性推定器が、前記得られた第 1 のパラメータを用いて指数曲線を適合させることにより、前記関心領域の組織長手方向減衰特性を推定するよう構成される、請求項 5 に記載の超音波システム。

10

【請求項 7】

インターフェースを更に有し、

前記インターフェースが、前記複数の焦点を示すための入力を受信するよう構成され、

前記特性推定器は更に、前記示された複数の焦点のそれぞれの焦点深度値に基づき、前記第 2 のパラメータを推定するよう構成される、請求項 1 乃至 3 の任意の一項に記載の超音波システム。

【請求項 8】

前記特性推定器が、前記得られた第 1 のパラメータ及びプッシュパルスの強度の関数として、前記第 2 のパラメータを推定するよう構成される、請求項 1 乃至 3 の任意の一項に記載の超音波システム。

20

【請求項 9】

前記プッシュパルスのビームプロファイルによりもたらされる前記プッシュパルスの初期音響強度の変動を、各プッシュパルスに関して推定するよう構成される強度変動推定器を更に有する、請求項 8 に記載の超音波システム。

【請求項 10】

前記超音波プローブが、各プッシュパルスに関して、前記推定された変動に基づき前記プッシュパルスの強度を調整するよう更に構成される、請求項 9 に記載の超音波システム。

【請求項 11】

前記特性推定器が、前記推定された変動に基づき前記第 2 のパラメータを推定するよう更に構成される、請求項 9 に記載の超音波システム。

30

【請求項 12】

前記せん断波検出器が、前記複数の焦点の各々に関して、前記焦点の深度における前記関心領域のせん断特性を示す第 3 のパラメータを推定し、前記推定された前記第 3 のパラメータに基づき前記第 1 のパラメータを調整するよう更に構成され、

前記特性推定器は、前記複数の焦点における前記調整された第 1 のパラメータの関数として、前記第 2 のパラメータを得るよう更に構成される、請求項 1 乃至 3 の任意の一項に記載の超音波システム。

【請求項 13】

せん断波を用いて対象の関心領域の特性を測定する方法において、

40

それぞれが相互に異なる深度値を持つ前記関心領域における複数の焦点の各々に、せん断波を発生させるためのプッシュパルスを順次送信し、前記複数の焦点のそれぞれに隣接する超音波エコー信号を受信するステップと、

前記複数の焦点の各々に関して、前記受信された超音波エコー信号に基づき、前記生成されたせん断波が前記焦点において持つ特性を示す第 1 のパラメータを得るステップと、

前記複数の焦点における前記得られた第 1 のパラメータの関数として、前記関心領域の特性を示す第 2 のパラメータを推定するステップとを有する、方法。

【請求項 14】

前記第 2 のパラメータが、前記関心領域の長手方向特性を示し、前記関心領域の長手方向特性は、前記プッシュパルスの伝搬方向に沿った前記関心領域の特性である、請求項 1

50

3に記載の方法。

【請求項15】

実行されるときコンピュータに、複数のせん断波に基づき、対象における関心領域の特性を推定する方法を実行させるコンピュータプログラムであって、複数のせん断波の各々が、異なる深度の焦点にプッシュパルスを送信することにより生成され、前記方法が、

複数の焦点の各々に関して、前記複数の焦点のそれぞれに隣接して受信される超音波エコー信号に基づき、前記焦点において前記せん断波が持つ特性を示す第1のパラメータを得るステップと、

前記複数の焦点における前記得られた第1のパラメータの関数として、前記関心領域の特性を示す第2のパラメータを推定するステップとを有する、コンピュータプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、せん断波を用いた測定、特に、対象の関心領域の特性をせん断波を用いて測定する超音波システム及び測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

生体組織の機械的変化は病理学的変化と相関する。例えば、組織の粘性、組織の剛性（弾性としても知られる）、及び組織の減衰係数（組織の縦波の減衰、及びせん断波の減衰としても知られる組織の横波の減衰を含む）は、臨床診療にとって重要な物理的パラメータである。組織の機械的特性を遠隔から調べるための様々な手段が開発されている。これは、超音波ビームの放射力を利用して、患者といった対象の体内の組織の領域に遠隔から力（音響放射力。これは、プッシュパルス又はプッシュビームとも呼ばれる）を加えて組織を変形させる。変形のパターンに従う縦波ベースの超音波イメージングを使用して直接変形を追跡することにより、変形のポイント（焦点と呼ばれる）で局所的に、又は変形される領域（即ち、焦点）から横方向に伝搬するせん断波をせん断波速度撮像を介して追跡することにより、焦点の隣接領域で、弾性特性が測定されることができるよう、音響放射力が適用されることができ。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0003】

医用イメージングの目的で、超音波による探査は、しばしば縦波を利用する。縦波は、伝搬方向における前後の運動により特徴付けられる。縦波に基づかれる従来の組織減衰測定では、組織縦波減衰（組織縦減衰とも呼ばれる）が、超音波エコー信号に基づき推定される。このエコー信号は、組織の後方散乱及び減衰の両方により同時に影響を受ける。斯かる従来の組織縦波減衰測定は、後方散乱の影響と組織減衰の影響とを分離することが困難であるため、精度が制限されるという欠点を持つ。

【0004】

対照的に、超音波せん断（又は横波）波は、伝搬方向に垂直な前後運動により特徴付けられる。今日、多くの市販の超音波スキャナは、組織せん断弾性を測定するための超音波せん断波エラストグラフィ製品を提供する。せん断波エラストグラフィによる組織せん断粘性とせん断波減衰の推定はまだ実用化されていない。それらは、科学的に活発な研究課題のままである。なぜなら、臨床応用可能性が、特定の用途で浮上しているためである。図1は、従来技術によるせん断波を用いた測定を示す。プッシュパルス（プッシュビームとしても知られる）110は、焦点130に向かって送信され、せん断波150を生成する。これは、プッシュパルスの伝搬方向（即ち、長手方向z）に垂直な横方向xといった方向において焦点から伝搬する。1つ又は複数の追跡パルス（追跡ビームとしても知られる）が送信され、超音波エコー信号が、横方向に沿って間隔を置いて配置された複数のサンプリング位置140、142、144のそれぞれにおいて、せん断波の位相又は伝搬時間を推定するため、複数の追跡ライン（「Aライン」と呼ばれる）120、122、12

40

50

4 に沿って受信される。複数のサンプリング位置におけるせん断波の推定された位相又は伝搬時間が、せん断波の速度値を得るために更に使用される。せん断波の得られた速度値は、その処理が放射力インパルス撮像として知られる超音波画像を生成するために、及び／又は組織粘性若しくは弾性といった機械的特性を得るために使用され得る。斯かる従来のせん断波エラストグラフィ技術は、組織せん断弾性、せん断粘度及びせん断波減衰を提供することができる。

【 0 0 0 5 】

US 2 0 1 2 / 0 0 8 9 0 1 9 A 1 及び US 2 0 1 1 / 0 2 6 3 9 7 8 A 1 号は共に、従来のせん断波エラストグラフィ技術、即ち、せん断波の伝搬に対するその影響に基づき、組織の機械的特性を推定することに向けられている。

10

【 0 0 0 6 】

従って、対象における関心領域の特性（例えば、組織機械的特性）を測定するための改良された超音波システム及び方法を提供することが有利である。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の第 1 の側面の実施形態によれば、超音波撮像システムが提案される。この超音波システムは、それぞれが相互に異なる深度値を持つ上記関心領域における複数の焦点の各々に、せん断波を発生させるためのプッシュパルスを順次送信し、上記複数の焦点のそれぞれに隣接する超音波エコー信号を受信するよう構成される超音波プローブと、上記受信された超音波エコー信号に基づき、上記生成されたせん断波が上記焦点で持つ特性を示す第 1 のパラメータを、複数の焦点の各々対して得るよう構成されるせん断波検出器と、上記得られた第 1 のパラメータの関数として、上記関心領域の特性を示す第 2 のパラメータを推定するよう構成される特性推定器とを有する。

20

【 0 0 0 8 】

こうして、関心領域内の異なる深度で複数のせん断波が励起され、複数のせん断波の強度に基づき、関心領域の特性が推定される。本発明の発明者らは、関心領域の特性は、プッシュパルスが関心領域を通して伝搬するとき、各プッシュパルスの伝搬に影響を及ぼし、次に、関心領域における焦点においてプッシュパルスによって励起されたそれぞれのせん断波に影響を及ぼし、及び従って焦点における励起されたせん断波の特性（強度、位相など）は、関心領域の特性（組織粘性、組織剛性、組織減衰など）に依存することを認識した。例えば、組織の長手方向の減衰係数が高いほど、プッシュパルスが組織を通して伝搬するときプッシュパルスがより多く減衰する態様で、組織は、プッシュパルスの伝搬を減衰させ、及び従って、焦点におけるプッシュパルスの強度、ひいては励起されたせん断波の強度が低下する。斯かる認識に基づき、本発明者らは、関心領域における異なる焦点深度で複数のせん断波を励起させ、長手方向に沿ったプッシュパルスの伝搬に対する関心領域の特性の影響に基づき、複数の焦点で生成されるせん断波の特性の関数として、関心領域の特性を推定することを提案する。言い換えると、関心領域の特性は、複数の焦点で生成されたせん断波の特性間の関係に基づき推定される。例えば、ある焦点に関して得られた第 1 のパラメータは、生成されたせん断波が焦点で持つ特性（強度、位相など）を示すことができる。これとは対照的に、従来のせん断波エラストグラフィ技術では、横波／横方向に沿ったせん断波の伝搬に関する関心領域の特性の影響に基づき、関心領域の特性が推定される。従って、従来のせん断波エラストグラフィ技術では、横方向に沿って伝搬する前に焦点でせん断波が持つ任意の特性が推定又は得られるのではなく、せん断波の伝搬速度又は遅延といったせん断波の伝搬特性が、推定される。

30

40

【 0 0 0 9 】

せん断波は、超音波信号の送信／受信方向（即ち、長手方向）に垂直な方向に伝搬するので、せん断波の測定は、長手方向に沿った超音波信号の後方散乱によって影響を受けない。従って、上記の組織特性推定は、従来の縦波ベースの組織減衰測定の前述の欠点を持たない。

【 0 0 1 0 】

50

従来のせん断波エラストグラフィ技法と比較して、関心領域の追加の特性は、複数のせん断波の測定されたパラメータを組み合わせることにより推定されることが出来る。いくつかの実施形態では、上記第2のパラメータは、例えば組織長手方向減衰、組織長手方向粘性等の上記関心領域長手方向の特性を示すことができる。良く知られるように、組織特性は、すべての方向で同じであってもよいが、異なる方向において異なることもできる。例えば、長手方向における組織の減衰、組織の粘性又は組織の弾性といった組織の機械的特性は、横方向の特性とは異なっているもよい。関心領域の長手方向特性は、例えば長手方向の減衰、長手方向の粘度といった長手方向に沿った関心領域の特性（即ち、長手方向の波の伝搬）として知られる。同様に、せん断特性とも呼ばれる横方向特性は、例えば横方向減衰（せん断減衰とも呼ばれる）、横方向粘度など、横方向に沿った関心領域の特性として知られる。

10

【0011】

焦点の数は、任意の適切な値に設定されることが出来る。一般に、焦点の数が多いほど、関心領域の推定された特性がより正確になる。超音波プローブは、1次元又は2次元のトランスデューサアレイを含むことができる。関心領域は、例えば、肝臓組織、腎臓組織、前立腺組織、乳房組織といった組織の領域とすることができる。対象は、患者といったヒト、動物、ファントム等とすることができる。焦点で生成されたせん断波の特性は、時間領域又は周波数領域における特性とすることができ、これは、せん断波の変位、速度、及び/又はスペクトルを含むがこれに限定されるものではない。

【0012】

20

一実施形態によれば、関心領域の特性は、関心領域の減衰、剛性及び粘度のいずれか1つを含む。関心領域の特性は、組織減衰、組織剛性及び組織粘性のいずれか1つを含むことができる。組織の減衰は、長手方向の減衰又はせん断減衰であり得る。関心領域の特性は、関心領域の長手方向特性を含むことができる。例えば、関心領域の特性は、長手方向の減衰であり得る。

【0013】

特別なせん断波励起及び追跡スキームを開発することにより、縦波減衰といった追加パラメータの推定を可能にする統合アプローチを提案する。提案されたアプローチは、縦波及びせん断波の両方に基づき多パラメータ組織定量化を提供するワンボタンブッシュツールとして構想される。臨床研究は、縦波の音響減衰係数が軟組織における脂肪定量化（例えば脂肪肝定量）に有用であることを長い間指摘してきた。最近開発されたせん断波エラストグラフィは、組織特徴化（例えば、肝線維症病期分類）及び癌検出（例えば、肝臓、乳房、前立腺及び甲状腺などの癌検出）のための診断ツールとして登場した。

30

【0014】

一実施形態によれば、上記焦点に関する第1のパラメータは、焦点に隣接する追跡スポットにおける上記生成されたせん断波の変位から得られる。言い換えると、各第1のパラメータは、生成されたせん断波がそれぞれの焦点に隣接する追跡スポットで示す変位から得られる。時間領域又は周波数領域のいずれかにおいて、エコー信号からのせん断波変位を得るのに、様々な既知の手法が使用されることが出来る。様々な実施形態において、第1のパラメータは、追跡スポットにおける生成されたせん断波のピーク変位、平均変位などを示す。追跡スポットが、それぞれの焦点に隣接し、追跡スポットでの変位は、焦点における変位に比例すると考えられるので、得られた第1のパラメータは、生成されたせん断波のそれぞれの焦点位置における例えばピーク変位、平均変位等の変位を示すために用いられることができる。

40

【0015】

一実施形態によれば、第1のパラメータは、焦点における生成されたせん断波のピーク変位を示すため、追跡スポットにおける生成されたせん断波のピーク変位から得られる。

【0016】

一実施形態によれば、上記特性推定器は、上記得られた第1のパラメータを用いて指数曲線を適合させることにより、上記関心領域の組織長手方向減衰特性を推定するよう構成

50

される。

【0017】

一実施形態によれば、上記超音波システムは、インターフェースを更に有し、上記インターフェースが、上記複数の焦点を示すための入力を受信するよう構成され、上記特性推定器は更に、上記示された複数の焦点のそれぞれの焦点深度値に基づき、上記第2のパラメータを推定するよう構成される。一例では、ユーザ入力は関心領域とすることができ、複数の焦点は、所定の規則に基づき自動的に設定されることができる。例えば、複数の焦点は、関心領域にわたって等間隔に配置される所定数のスポットとして設定されることができる。別の例では、入力は、複数の焦点とすることができ、インターフェースは、ユーザインターフェース、又は病院情報システム、患者情報管理システムといった必要とされる情報を提供することができるシステムとのインターフェースとすることができる。

10

【0018】

一実施形態によれば、超音波システムは、複数の焦点の各々に関して、プッシュパルスのビーム形成設定によってもたらされるプッシュパルスの強度変動を推定するよう構成される強度変動推定器を更に有する。

【0019】

本発明の発明者らは、関心領域の特定の特性の推定は、プッシュパルスの初期音響強度を利用することができるが、プッシュパルスの初期音響強度は、プッシュパルスのビームプロファイルとともに変化することを認識した。関心領域の特性に関する推定を更に向上させるため、本発明者らは、斯かる変動を推定し、その変動を補償することを提案する。

20

【0020】

いくつかの実施形態では、上記超音波プローブが、上記推定された変動に基づき上記プッシュパルスの強度を調整するよう更に構成される。いくつかの他の実施形態では、上記特性推定器が、上記推定された変動に基づき上記第2のパラメータを推定するよう更に構成される。

【0021】

一実施形態によれば、上記せん断波検出器が、上記複数の焦点の各々に関して、上記焦点の深度における上記関心領域の組織せん断を示す第3のパラメータを推定し、上記推定された上記第3のパラメータに基づき上記第1のパラメータを調整するよう更に構成され、上記特性推定器は、上記調整された第1のパラメータの関数として、上記第2のパラメータを得るよう更に構成される。例えば、関心領域のせん断特性は、関心領域のせん断剛性、せん断粘度、又はせん断減衰とすることができ、例えば、各焦点の深度におけるせん断特性は、その焦点で生成された個別のせん断波の速度に基づき推定されることができる。

30

【0022】

本発明者らは、異なる深度における局部せん断特性が、異なる場合があり、従って関心領域の特性の推定に影響を及ぼす場合があることを認識し、そこで、関心領域の特性の推定の前に、第1のパラメータを局所的なせん断波特性を用いて調整することを提案する。

【0023】

一実施形態によれば、超音波プローブは、複数の焦点の各々に関して、この焦点に隣接する追跡スポットに向かって追跡パルスを送信し、追跡スポットから超音波エコー信号を受信するよう構成され、上記せん断波検出器は、上記複数の焦点のそれぞれに関して、上記焦点に隣接する追跡スポットから受信される上記超音波エコー信号に基づき、上記第1のパラメータを得るよう構成される。

40

【0024】

本発明の第2の側面の実施形態によれば、せん断波を用いて対象の関心領域の特性を測定する方法が提案される。この方法は、それぞれが相互に異なる深度値を持つ上記関心領域における複数の焦点の各々に、せん断波を発生させるためのプッシュパルスを順次送信し、上記複数の焦点のそれぞれに隣接する超音波エコー信号を受信するステップと、上記複数の焦点の各々に関して、上記受信された超音波エコー信号に基づき、上記生成された

50

せん断波が上記焦点において持つ特性を示す第 1 のパラメータを得るステップと、上記得られた第 1 のパラメータの関数として、上記関心領域の特性を示す第 2 のパラメータを推定するステップとを有する。

【 0 0 2 5 】

第 3 の本発明の側面の実施形態によれば、実行されるときコンピュータに、複数のせん断波に基づき、対象における関心領域の特性を推定する方法を実行させるコンピュータプログラムが提供され、複数のせん断波の各々が、異なる深度の焦点にプッシュパルスを送信することにより生成され、上記方法が、複数の焦点の各々に関して、上記複数の焦点のそれぞれに隣接して受信される超音波エコー信号に基づき、上記焦点において上記せん断波が持つ特性を示す第 1 のパラメータを得るステップと、上記得られた第 1 のパラメータ

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図 1】従来技術における従来のせん断波ベースの組織の粘性又は弾性測定を示す図である。

【図 2】本発明のいくつかの実施形態に従って構成された超音波撮像システムをブロック図形式で示す図である。

【図 3】本発明のいくつかの実施形態による、関心領域における複数の焦点で生成された複数のせん断波を示す図である。

20

【図 4】本発明のいくつかの実施形態による、関心領域における複数の焦点を示す図である。

【図 5】本発明の一実施形態による、焦点深度で集束されたプッシュパルスのビームプロファイルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 7 】

本発明の他の目的及び利点が、添付の図面と共になされる説明を参照して、より明らかとなり、これを用いて容易に理解される。

【 0 0 2 8 】

本発明が、以下、実施形態及び図面を参照し、これらを組み合わせてより詳細に記載及び説明される。

30

【 0 0 2 9 】

図面における同じ参照符号は、類似する又は対応する特徴及び / 又は機能を示す。

【 0 0 3 0 】

本発明は、特定の実施形態及び特定の図面を参照して説明されることになるが、本発明はそれらに限定されるものではなく、添付された請求項によってのみ定まるものである。記載された図面は、概略的なものに過ぎず非限定的なものである。図面において幾つかの要素の大きさが誇張されている場合があり、説明目的のため実際のスケール通りに描かれていない場合がある。

【 0 0 3 1 】

40

まず図 2 を参照すると、本発明のいくつかの実施形態に従って構成された超音波システムがブロック図形式で示される。

【 0 0 3 2 】

超音波プローブ 10 は、超音波信号を送信及び受信するトランスデューサ要素の 1 次元又は 2 次元アレイ 12 を持つ。トランスデューサアレイ 12 は、ビームを送信し、身体内の単一平面上で反射エコー信号を受信することにより、2 次元 (2D) 平面を走査することができ、体のボリュームトリック (3D) 領域の異なる方向及び / 又は平面においてビームを送信することにより、ボリュームトリック領域を走査するのに使われることもできる。アレイ要素は、プローブ内に配置されたマイクロビーム形成器 38 に結合される。これは、この要素による送信を制御し、この要素のグループ又はサブアレイから受信されるエコ

50

ー信号を部分的にビーム形成された信号へと処理する。部分的にビーム形成された信号は、送信 / 受信 (T/R) スイッチ 14 により、プローブから超音波システム内のマルチライン受信ビーム形成器 20 に結合される。ビーム形成器による送信及び受信の調整は、ビーム形成器コントローラ 16 により制御され、これは、マルチライン受信ビーム形成器及び送信コントローラ 18 に結合される。送信コントローラは、制御信号をマイクロビーム形成器に提供する。ビーム形成器コントローラは、ユーザ制御パネル 40 のユーザ操作に基づき生成される信号に応答して、超音波システム及びそのプローブの動作を制御する。マルチライン受信ビーム形成器 20 は、単一の送信 - 受信間隔中にエコー信号の 1 つ又は複数の空間的に分離した追跡ライン (受信ライン又は A ラインとしても知られる) を生成する。

10

【0033】

本発明の一実施形態によれば、超音波プローブは、関心領域内の複数の焦点の各々に、せん断波を生成するためのプッシュパルスを順次送信し、上記複数の焦点の各々に隣接する超音波エコー信号を受信するよう構成される。複数の焦点の各々は、互いに異なる焦点深度値を持つ。例えば、超音波エコー信号は、各焦点に隣接する A ラインに沿って受信される。

【0034】

受信されたエコー信号は、更なる処理のため、せん断波検出器に結合される。せん断波検出器は、受信した超音波エコー信号に基づき、複数の焦点のそれぞれについて、個別のせん断波の特性の第 1 のパラメータを得るよう構成される。せん断波検出器は、信号プロセッサ 22 と、A ラインメモリ 24 と、A ライン動き推定器 (例えば、相互相関器) 26 と、強度検出器 28 とを有する。エコー信号は、信号プロセッサ 22 により、フィルタリング、ノイズ除去等の処理が施され、A ラインメモリ 24 に格納される。連続する A ラインサンプリングのエコー信号が、A ライン動き推定器 26 によって追跡され、各サンプリング位置について組織変位のサンプルの時間シーケンスが生成される。強度検出器 28 は、A ラインに沿ったせん断波変位の検出に基づき、せん断波の強度を決定する。特性推定器 32 は、得られた第 1 のパラメータの関数に基づき、関心領域の特性を示す第 2 パラメータを推定するよう結合される。せん断波検出器及び特性推定器 32 は、図 3 を参照してより詳細に説明される。

20

【0035】

いくつかの実施形態では、得られた特性情報は、画像プロセッサ 34 に結合されることができる。これは、画像ディスプレイ 36 に表示するため、好ましくは組織の解剖学的超音波画像と組み合わせ、特性情報を処理する。

30

【0036】

いくつかの実施形態では、超音波システムは、プッシュパルスのビームプロファイルによってもたらされるプッシュパルスの初期音響強度の変化を、各プッシュパルスについて推定するよう構成される強度変動推定器 40 を更に有することができる。一例では、超音波プローブ 10 は、推定された変動に基づきプッシュパルスの強度を調整するよう更に構成される。この場合、強度変動推定器 40 は、ビーム形成器コントローラ 16 の一部とすることができる。別の例では、特性推定器 32 は、推定された変動に基づき第 2 のパラメータを推定するよう更に構成される。ビームプロファイルによりもたらされる斯かる強度変動及び対応する補償が、図 5 を参照してより詳細に説明される。

40

【0037】

図 3 は、本発明の一実施形態による関心領域内の複数の焦点で生成された複数のせん断波を示す。3 つのせん断波が図 3 に示されるが、異なる数のせん断波が、様々な実施形態に基づき生成されてもよい。

【0038】

図 3 を参照すると、複数のプッシュパルス 310、312、314 の各々が、皮膚表面下の異なる深度 z_1 、 z_2 、 z_3 で集束される。各焦点 320、322、324 においてもたらされる組織変形は、長手方向 z に直交する横方向 (例えば図示される方向 x) に沿

50

って伝搬するせん断波 330、332、334を生じさせる。

【0039】

プッシュパルスは、集束された高MIプッシュパルス（例えば、FDA診断限度内にあるように1.9以下のMI）とすることができる。これは、焦点において組織を下方に変位させ、せん断波の発生を引き起こす。典型的には、超音波信号、例えばプッシュパルスは、組織内で約1560メートル/秒の速度で移動し、せん断波は、組織内で約1～5メートル/秒の速度で移動し、組織内のせん断波周期は、2～10ミリ秒のオーダーである。いくつかの実施形態では、複数のプッシュパルスが、所定の時間間隔で逐次送信されることができる。例えば、所定の時間間隔は、せん断波の少なくとも1周期より長くすることができる。

10

【0040】

図4は、本発明のいくつかの実施形態による関心領域内の複数の焦点を示す。図4において、方向zは、超音波プローブ410の長手方向、即ち深度方向としても知られる超音波信号の伝搬方向を表す。方向x及びyは、超音波プローブ410の長手方向に垂直な方向、即ち、方位角及び仰角方向をそれぞれ表す。2次元トランスデューサアレイを含む超音波プローブ410が、3次元撮像野420を持つことが示されるが、1次元トランスデューサアレイを持つ超音波プローブが同様に使用され、関心領域は、2次元又は3次元であり得る点を理解されたい。

【0041】

図4を参照すると、関心領域430内の複数の空間位置440が焦点として使用される。3つの焦点が図示されるが、本発明はこれに限定されず、任意の数の焦点が規定されることができる。焦点440は、異なる深度に、言い換えると、長手方向zに沿って異なる位置に配置される。一実施形態において、複数の焦点は、長手方向に沿って互いに同じ所定の距離だけ離間されることができる。所定の距離は、例えば、1センチメートルのオーダーとすることができる。複数の焦点440は、様々な実施形態において、他の2つの方向x及びyに沿って同じ位置又は異なる位置を持つことができる。

20

【0042】

複数の焦点は、ユーザインターフェースを介して手動で選択されることができる。例えば、関心領域を含む超音波画像がディスプレイに提示され、次いでユーザは、任意の適切なユーザ入力手段を介して、表示された超音波画像における対応する空間位置を入力することにより、焦点を選択することができる。この入力手段は、ジョイスティック、マウス、物理的なボタン、タッチスクリーンなどを含むが、これらに限定されるものではない。追加的又は代替的に、焦点が関心領域において自動的に生成されることができる。例えば、所定の数の焦点が生成されることができ、及び/又は同じ所定の距離だけ離れた複数の焦点が生成されることができる。所定の数及び/又は所定の距離は、ユーザによって選択される、又は予め規定されることができる。

30

【0043】

関心領域は、表示された超音波画像におけるユーザインターフェースを介して手動で選択されることもでき、及び/又は例えば超音波画像を処理することにより自動的に若しくは半自動的に規定されることもできる。

40

【0044】

再び図3を参照すると、追跡スポット350、352、354における組織変位を追跡するため、焦点に隣接する追跡ライン340、342、344に沿って超音波エコー信号が受信される。本発明の発明者は、例えば焦点に隣接する追跡スポットでのプッシュパルス反射又は残響のため、焦点でのせん断波追跡がそれほど正確ではないことを認識し、従って、焦点に隣接する追跡スポットで、せん断波変位を追跡することを提案する。更に、追跡スポットは、焦点から離れすぎてはならない。なぜなら、せん断波変位が伝搬方向に沿って急速に減少するからである。各焦点と最も近い追跡スポットとの間の距離は、任意の適切な値とすることができ、異なる種類の関心領域に対して異なることができる。例えば、追跡スポットと焦点との間の距離は、0.1cmのオーダーとすることができる。例

50

えば、追跡スポットと焦点との間の距離は、プッシュフォーカスから離れたプッシュビーム幅の半分に設定されることができる。

【 0 0 4 5 】

複数の焦点の各々について、せん断波の特性を示す第 1 のパラメータが、それぞれの追跡ラインに沿って受信されたエコー信号から得られる。焦点 3 2 0 を例にとると、焦点 3 2 0 に対して得られる第 1 のパラメータは、追跡ライン 3 4 0 に沿って受信されたエコー信号から得られる。いくつかの実施形態では、焦点について得られた第 1 のパラメータは、その焦点における個別のせん断波の特性値を示すことができる。本発明の一実施形態によれば、第 1 のパラメータは、追跡スポット 3 5 0、3 5 2、3 5 4 におけるせん断波変位のピーク値として得られる。他の例では、第 1 のパラメータは、せん断波の平均変位などとして得られることができる。

10

【 0 0 4 6 】

次に、関心領域の特性が、複数の焦点におけるせん断波特性値の関数として推定される。いくつかの実施形態では、各焦点におけるせん断波特性値は、プッシュパルスの強度、関心領域の特性、及び焦点の深度値の関数としてモデル化され、斯かるモデルに基づき、関心領域の未知の特性が得られることができる。得られる未知の特性は、関心領域内で同じであると仮定される点に留意されたい。一例として組織の減衰を考慮して、一実施形態による推定が以下に説明される。

【 0 0 4 7 】

本発明の一実施形態によれば、個別の追跡スポットで測定された k 番目のせん断波のピーク又は最大変位 M_k は、プッシュパルスの強度 I_k に指数式を掛けたものに比例するものとしてモデル化されることができる。指数式における指数は、それぞれの焦点の深度 d_k と負の組織減衰係数 α との積であり、即ち

20

$$M_k = f(I_k, \alpha, d_k) = A \cdot I_k \cdot e^{-\alpha d_k}$$

となる。

【 0 0 4 8 】

例えば、推定された組織減衰係数 α は、数学的に

30

$$\hat{\alpha} = \arg \min_{\alpha} \|M_k - f(I_k, \alpha, d_k)\|^2$$

として得られることができる。

【 0 0 4 9 】

例えば、組織減衰係数の推定は、得られた第 1 のパラメータ M_k を用いて指数曲線をフィットさせることにより実行されることができる。いくつかの実施形態では、プッシュパルス 3 1 0、3 1 2、3 1 4 の強度 I_k が実質的に同じであるよう設定されることができる。いくつかの他の実施形態では、プッシュパルス 3 1 0、3 1 2、3 1 4 の強度が異なるよう設定されることができる。

40

【 0 0 5 0 】

本発明の発明者は、関心領域の特定の特性の推定が、プッシュパルスの初期音響強度を利用することができるが、プッシュパルスの初期音響強度は、プッシュパルスのビームプロファイルと共に変化することを認識した。例えば、本発明者らは、深度値 d を持つ焦点におけるピーク又は最大せん断波変位 M_d が、プッシュパルスの初期音響強度 I_0 に指数式を乗じたものに比例し、指数式における指数が、負の組織減衰係数 α と深度 d との積であり、即ち

$$M_d \propto I_0 \cdot e^{-\alpha \cdot d}$$

であることを理論的に得た。

【 0 0 5 1 】

本発明者らは、関心領域の特性に関する推定を更に向上させるため、斯かる変動を推定し、この変動を補償することを提案する。

【 0 0 5 2 】

図 5 は、本発明の一実施形態による焦点深度で集束されたプッシュパルスのビームプロファイルを示す。図 5 を参照すると、皮膚表面 5 2 0 における超音波プローブ 5 1 0 が、ビームプロファイル 5 3 0 を持つプッシュパルスを体 5 0 0 を通して関心領域内の所与の焦点に送信する。焦点は、焦点深度値 d を持つ陰影領域 5 5 0 によって示される。このプッシュパルスは、焦点における組織を下方方向に変位させ、変位された組織から外側に発するせん断波面 5 4 0 を生じさせる。特定のビームプロファイルを生成するために、異なるトランスデューサ要素が使用されることができ、異なるエネルギー重み、位相シフトが、使用されるトランスデューサ要素に適用されることができる。これは、プッシュパルスの強度が同じに設定されとしても、プッシュパルスの初期音響強度 I_0 が異なることができることを生じさせる。初期音響強度の変動は、所与のビームプロファイルに対して決定されることができる。

【 0 0 5 3 】

本発明の一実施形態によれば、強度推定器が、斯かる強度変化を推定するよう構成される。例えば、ビームプロファイルによって提供される場合、強度推定器は、所定のモデル化に基づきオンライン計算により、又は事前に格納されたルックアップテーブルから強度変動を取得することにより、このビームプロファイルの強度変動を推定するよう構成することができる。

【 0 0 5 4 】

本発明の実施形態によれば、超音波プローブは、推定された強度変動に基づきプッシュパルスの強度を調整するよう更に構成される。例えば、所定の初期音響強度値を得るため、所定の初期音響強度値と、ビームプロファイルによりもたらされる推定された強度変動とに基づき、あるビームプロファイルを持つプッシュパルスの強度が決定され、超音波プローブは、この決定された強度でプッシュパルスを送信する。代替的に、特性推定器は、推定された変動に基づき第 2 のパラメータを推定するよう更に構成される。例えば、ビームプロファイルを持つプッシュパルスに関して、補償された初期音響強度値は、プッシュパルスの強度と、ビームプロファイルによりもたらされる推定された強度変動とに基づき決定されることができ、特性推定器は、補償された初期音響強度値を用いて関心領域の特性を推定する。

【 0 0 5 5 】

一実施形態によれば、せん断波検出器は、複数の焦点のそれぞれに対して、焦点の深度における関心領域のせん断特性を示す第 3 パラメータを推定し、推定された第 3 のパラメータに基づき、第 1 のパラメータを調整するよう更に構成され、特性推定器は更に、調整された第 1 のパラメータの関数として上記第 2 のパラメータを得るよう構成される。

【 0 0 5 6 】

例えば、関心領域のせん断特性は、関心領域のせん断剛性又は粘度とすることができる。例えば、各焦点の深度におけるせん断特性は、その焦点で生成された個別のせん断波の速度に基づき推定されることができる。

【 0 0 5 7 】

焦点の深度における関心領域のせん断特性は、従来のせん断波エラストグラフィ技術又は将来開発される他の適切な手段によって推定されることができる。従来のせん断波エラストグラフィ技術を使用する場合、生成された各せん断波に対して、1 つ以上の追跡スポ

ットが、個別の焦点から離れて横方向 x に沿って離間され、超音波エコー信号は、この 1 つ以上の追跡スポットに沿って受信され、各せん断波の速度が、受信された超音波エコー信号から得られ、組織せん断剛性及び粘性といったせん断特性が、個別のせん断波の得られた速度から推定される。

【 0 0 5 8 】

本書に記載される技術プロセスは、様々な手段により実現されることができる。例えば、これらの技術は、ハードウェア、ソフトウェア、又はこれらの組み合わせで実現されることができる。ハードウェアによる実現の場合、処理ユニットは、1 つ又は複数の特定用途向け集積回路 (A S I C)、デジタル信号プロセッサ (D S P)、デジタル信号処理デバイス (D S P D)、プログラマブルロジックデバイス (P L D)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (F P G A)、プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、本書に記載される機能を実行するよう設計された他の電子ユニット、又はこれらの組み合わせにおいて実現されることができる。ソフトウェアの場合、実現は、本書に記載される機能を実行するモジュール (例えば、プロシージャ、関数等) を介して行われることができる。ソフトウェアコードは、メモリユニットに記憶され、プロセッサにより実行されることができる。

【 0 0 5 9 】

更に、請求項に記載される主題の側面は、この主題の様々な側面を実現するようコンピュータ又はコンピューティングコンポーネントを制御するためのソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア、又はこれらの任意の組み合わせを生成するための標準プログラミング及び / 又はエンジニアリング技術を用いて、方法、装置、システム又は製品として実現されることができる。本書で使用される用語「製品」は、任意のコンピュータ可読デバイス、担体又は媒体からアクセス可能なコンピュータプログラムを包含するものとして意図される。例えば、コンピュータ可読媒体は、磁気記憶デバイス (例えば、ハードディスク、フロッピーディスク、磁気ストリップ...)、光ディスク (例えば、コンパクトディスク (C D)、デジタル多用途ディスク (D V D)...)、スマートカード、及びフラッシュメモリデバイス (例えば、カード、スティック、キードライブ...) を含むことができるが、これらに限定されるものではない。もちろん、当業者であれば、本書に記載された範囲又は趣旨から逸脱することなく、多くの変更がこの構成に加えられることができることを理解されるであろう。

【 0 0 6 0 】

本願において用いられる用語「ビーム形成器」、「コントローラ」、「プロセッサ」、「相互相関器」、「検出器」、「推定器」、例えば「せん断波検出器」、「特性推定器」及び「撮像エンコーダ」は、ハードウェア、ハードウェアとソフトウェアとの組み合わせ、ソフトウェア、又は実行中のソフトウェアのいずれかであるプロセッサ又はコンピュータ関連エンティティを指すものとして意図される。例えば、コンポーネントは、プロセッサで実行中のプロセス、プロセッサ、オブジェクト、実行可能ファイル、実行スレッド、プログラム、及び / 又はコンピュータとすることができるが、これに限定されるものではない。例として、サーバー上で実行中のアプリケーション及びサーバーの両方が、コンポーネントになることができる。1 つ又は複数のコンポーネントが、プロセス及び / 又は実行スレッド内に存在することができ、コンポーネントは、1 つのコンピュータ上にローカライズされ、及び / 又は 2 つ以上のコンピュータ間に分散されることができる。

【 0 0 6 1 】

上述されたことは、1 つ又は複数の実施形態の例を含む。もちろん、前述の実施形態を説明する目的で構成要素又は方法論の考えられるすべての組み合わせを説明することは不可能であるが、当業者であれば、様々な実施形態の多くのさらなる組み合わせ及び置換が可能であることを理解されるであろう。従って、記載された実施形態は、添付の特許請求の範囲の趣旨及び範囲に含まれる斯かる変更、修正及び変形をすべて包含するものとして意図される。更に、用語「含む (include)」は、詳細な説明又は特許請求の範囲のいずれかで使用される限り、斯かる用語は、用語「有する (comprising)」が、請求項におい

10

20

30

40

50

て伝統的な用語として使用されるとき解釈されるのと同様の態様で包括的であるものとして意図される。

【図 1】

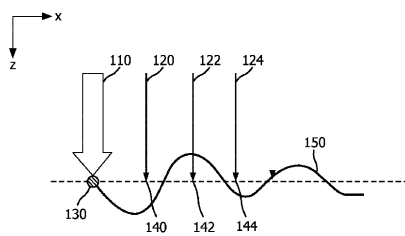


FIG. 1

【図 2】

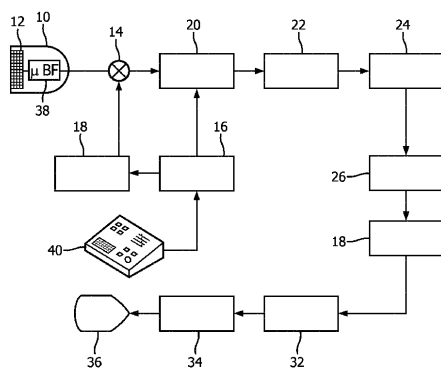


FIG. 2

【図 3】

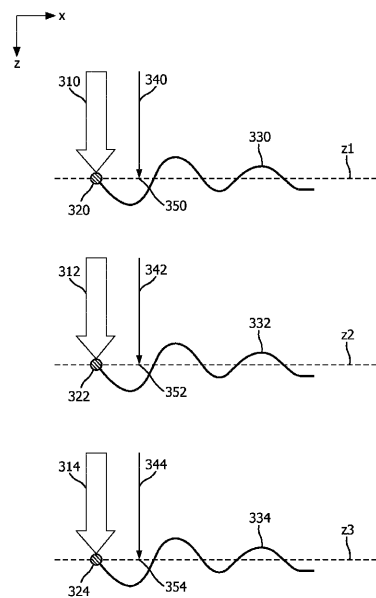


FIG. 3

【 図 4 】

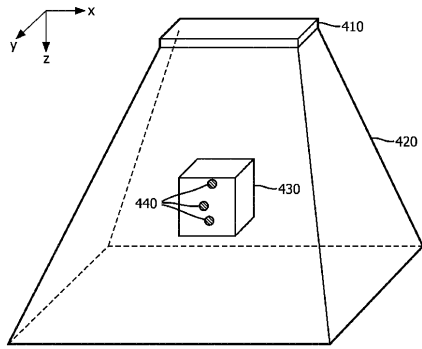


FIG. 4

【 図 5 】

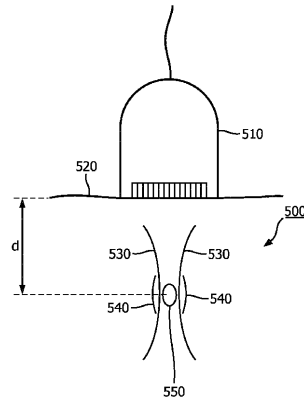


FIG. 5

フロントページの続き

- (72)発明者 シャムダサーニ ヴィジャイ タークル
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ドゥオン イン ホウイ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ウー イン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 シエ ファ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ジョウ シーウェイ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

審査官 永田 浩司

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0345565 (US, A1)
国際公開第2011/064688 (WO, A1)
米国特許出願公開第2014/0005548 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A 6 1 B 8 / 0 0 - 8 / 1 5

专利名称(译)	超声波系统和使用剪切波测量的方法		
公开(公告)号	JP6259953B2	公开(公告)日	2018-01-10
申请号	JP2017522080	申请日	2016-07-29
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦NV哥德堡		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦NV哥德堡		
[标]发明人	シャムダサーニヴィジャイタークル ドウオンインホウイ ウーイン シエファ ジョウシーウェイ		
发明人	シャムダサーニ ヴィジャイ タークル ドウオン イン ホウイ ウー イン シエ ファ ジョウ シーウェイ		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/085 A61B8/485 A61B8/5223 G01S7/52022 G01S7/52042 G01S7/5208 G01S7/52095 G01S15/8927 G16H50/30		
FI分类号	A61B8/08.ZDM A61B8/14		
审查员(译)	永田浩二		
优先权	2015186920 2015-09-25 EP PCT/CN2015/085935 2015-08-03 WO		
其他公开文献	JP2017535327A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提出一种超声成像系统和方法，用于使用剪切波测量受试者中的感兴趣区域的特征，其中超声探头具有相互不同的深度值 z_1, z_2, z_3 的感兴趣。顺序地发送推动脉冲310,312,314，用于产生剪切波330,332,334到该区域中的多个焦点320,322,324中的每一个，以及超声回波剪切波检测器，被配置为接收信号350,352,354，并且基于所述接收的超声回波信号，对于所述多个焦点中的每一个，剪切波检测器被配置为接收第一信号。并且特征估计器被布置成根据所获得的第一参数来估计指示感兴趣区域的特征的第二参数。

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特 許 公 報(B2)	(11) 特許番号 特許第6259953号 (P6259953)
(45) 発行日 平成30年1月10日(2018.1.10)	(24) 登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)	
(51) Int. Cl. A 6 1 B 8 / 0 8 (2006.01) A 6 1 B 8 / 1 4 (2006.01)	F I A 6 1 B 8 / 0 8 Z D M A 6 1 B 8 / 1 4	
請求項の数 15 (全 15 頁)		
(21) 出願番号 特許2017-522080 (P2017-522080) (56) (22) 出願日 平成28年7月29日(2016.7.29) (65) 公表番号 特表2017-535327 (P2017-535327A) (43) 公表日 平成29年11月30日(2017.11.30) (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/068250 (87) 国際公開番号 WO2017/021341 (87) 国際公開日 平成29年2月9日(2017.2.9) 審査請求日 平成29年4月21日(2017.4.21) (31) 優先権主張番号 15186920.3 (32) 優先日 平成27年9月25日(2015.9.25) (33) 優先権主張国 欧州特許庁(EP) (31) 優先権主張番号 PCT/CN2015/085935 (32) 優先日 平成27年8月3日(2015.8.3) (33) 優先権主張国 中国(CN)	(73) 特許権者 590000248 コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ KONINKLIJKE PHILIPS N. V. オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5 High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven (74) 代理人 100122769 弁理士 菊田 秀仙 (74) 代理人 100163809 弁理士 五十嵐 貴裕	
早期審査対象出願		最終頁に続く
(54) 【発明の名称】 セン断波を用いる測定に関する超音波システム及び方法		