

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5568325号
(P5568325)

(45) 発行日 平成26年8月6日 (2014.8.6)

(24) 登録日 平成26年6月27日 (2014.6.27)

(51) Int.Cl.
A 6 1 B 8/08 (2006.01)

F I
A 6 1 B 8/08

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2010-9600 (P2010-9600)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成22年1月20日 (2010.1.20)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2010-172699 (P2010-172699A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リバーロード、1番
(43) 公開日	平成22年8月12日 (2010.8.12)	(74) 代理人	100137545
審査請求日	平成25年1月16日 (2013.1.16)		弁理士 荒川 聡志
(31) 優先権主張番号	12/360,881	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成21年1月28日 (2009.1.28)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	クリストファー・ロバート・ハザード
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、グラント・ブルバード、2121番
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 熱付与量を低減した超音波撮像方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

関心領域内部に複数の箇所を特定する工程と、
複数の箇所のうちの2つ以上の箇所に該複数の箇所の各々のコスト関数に基づいて決まった順序でプッシングパルス及びトラッキングパルスを含むパルスシーケンスを伝達する工程と、
パルスシーケンスが伝達される複数の箇所の各々に運動補正シーケンスを適用する工程と、
を含み、
前記コスト関数はある箇所に前記プッシングパルスが与える熱の総量またはある箇所の前記プッシングパルスのピーク温度、あるいはこれら両方に関連する、
超音波撮像法。

【請求項 2】

複数フレームの撮像を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

複数の箇所を特定する前記工程は前記複数フレームから以前のフレームに基づいて複数の箇所のうちの第 1 の箇所を選択する工程を含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記コスト関数は、時空的な熱分布の有限要素モデルに基づいている、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の方法。

10

20

【請求項 5】

運動補正シーケンスを適用する前記工程は、
関心領域の基準画像を取得するために該関心領域に原初フレーム B モードシーケンスを伝達する工程と、
関心領域内の第 1 の箇所第 1 のパルスシーケンスを伝達する工程と、
関心領域内の第 1 の箇所と重複する第 1 の B モードシーケンスを伝達する工程と、
関心領域内の第 2 の箇所第 2 のパルスシーケンスを伝達する工程と、
関心領域内の第 2 の箇所と重複する第 2 の B モードシーケンスを伝達する工程と、
前記第 1 及び第 2 のパルスシーケンスから形成した画像を前記第 1 及び第 2 の B モードシーケンスから形成した基準画像と比較する工程と、
を含む、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 6】

第 1 の B モードシーケンスまたは第 2 の B モードシーケンス、あるいはこれら両方を伝達する前記工程は、第 1 の B モードシーケンスや第 2 の B モードシーケンスを該第 1 のパルスシーケンスや第 2 のパルスシーケンスのそれぞれの伝達直前または伝達直後に伝達する工程を含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

部分 B モードのサイズは、複数の箇所の前記プッシングパルスの熱付与量、撮像時間または組織運動に関する決定レベルに基づいて選択される、請求項 5 に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記運動補正シーケンスは、2 D ブロックマッチング、3 D ブロックマッチング、1 D 相互相関、2 D 相互相関、3 D 相互相関、差の絶対値和、差の 2 乗和、または最小エントロピーを含む少なくとも 1 つの相互相関アルゴリズムを利用する、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

連続するパルスシーケンスの間に冷却遅延を含める工程を含む、請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

前記運動補正シーケンスに基づいて画像を形成する工程を含む、請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は超音波撮像に関し、またさらに詳細には音響放射圧インパルス撮像 (Acoustic Radiation Force Impulse Imaging: ARFI) に関する。

【背景技術】

【0002】

組織の剛性は疾患に関する標識の 1 つとなることが分かっている。例えばがん性組織の幾つかは、正常な周囲組織と比べてより硬くなっている。切除などある種の状態の処置によっても組織により硬い領域が生じる。音響放射圧インパルス撮像とは、比較的長くかつ高強度の音響パルスで組織をプッシングした後、組織の変位をトラッキングする方法のことを指す。ARFI 撮像法は、組織の剛性に関する情報を与える。

40

【0003】

ARFI で用いられるこの長くかつ高強度のパルスは、撮像システム並びに撮像対象における熱問題を惹起する可能性がある。典型的には、ARFI 中に生成される加熱はトランスジューサ加熱と組織加熱とに分けることができる。

【0004】

トランスジューサ内の結晶 / セラミックまたは別の材料を励起させるために用いた電気エネルギーの一部が熱の形態で失われ、これによりトランスジューサの加熱が生じる。A

50

R F Iでは大振幅かつ長持続時間のパルスが要求されるため、トランスジューサ加熱が懸念の1つとなる。国際電気標準会議（I E C）は、患者に接触する超音波探触子表面の温度が43℃を超えることがないように要求している（I E C 60601-1）。トランスジューサ加熱は一般に、レンズの材料または設計を修正すること、音響スタック内に熱管理機能を含めること、並びに能動冷却デバイスを利用することによって低減することが可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第5213103号

10

【特許文献2】米国特許第5560362号

【特許文献3】米国特許第5721463号

【特許文献4】米国特許第6669638号

【特許文献5】米国特許第7052463号

【特許文献6】米国特許出願第20040002655号

【特許文献7】米国特許出願第20060126884号

【特許文献8】米国特許出願第20070232923号

【特許文献9】J P 10075953号

【特許文献10】W O 2005053863号

【特許文献11】W O 2007000680号

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

これに対してA R F Iプッシングパルスに関連する組織加熱は、より対処が困難な問題である。撮像中の身体内部の温度上昇は遠隔式温度検知用の超音波ベースやM R Iベースの方法によって監視することが可能であるが、これらは煩雑であり、信頼できず、また高価である。典型的には、身体の温度上昇はモデル及び仮定に基づいて推定する必要がある。温度の監視が可能である場合であっても、熱除去の実施が可能なものはほとんどない。したがって、組織内に預託されるエネルギー量を低減させる方法が必要である。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

一実施形態では、超音波撮像法を提供する。本方法は、関心領域内部に複数の箇所を特定する工程と、複数の箇所のうちの2つ以上の箇所にある決まった順序でプッシングパルス及びトラッキングパルスを含むパルスシーケンスを伝達する工程と、パルスシーケンスが伝達される複数の箇所の各々に運動補正シーケンスを適用する工程と、を含む。

【0008】

別の実施形態では、超音波撮像システムを提供する。本システムは、関心領域内の複数の箇所にトラッキングパルス及びプッシングパルスを含むA R F Iパルスシーケンスを伝達するように構成されたトランスジューサアレイと、複数の箇所に対するある決まった順序でのA R F Iパルスシーケンス伝達を制御するため、あるいは運動補正シーケンスの伝達を制御しかつパルスシーケンスが伝達される複数の箇所の各々に該運動補正シーケンスを適用するための制御器と、複数のA R F Iパルスシーケンス及び運動補正シーケンスに回答して複数の箇所から受け取ったデータを処理するための信号処理ユニットと、を含む。

40

【0009】

本発明に関するこれらの特徴、態様及び利点、並びにその他の特徴、態様及び利点については、同じ参照符号が図面全体を通じて同じ部分を表している添付の図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことによってより理解が深まるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本技法の実施形態に従った関心領域内の熱または熱付与量を低減するための撮像

50

法を表した概要図である。

【図2】本技法の実施形態に従った関心領域内の熱または熱付与量を低減するための撮像法を表した概要図である。

【図3】本技法の実施形態に従った運動補正を実現するための2D相互相関アルゴリズムの適用例を表した概要図である。

【図4】本技法の実施形態に従った運動補正を実現するための2D相互相関アルゴリズムの適用例を表した概要図である。

【図5】本技法の実施形態に従った運動補正を実現するための2D相互相関アルゴリズムの適用例を表した概要図である。

【図6】本技法の実施形態に従った関心領域内の組織加熱を低減するために利用される例示的アルゴリズムを表した流れ図である。

【図7】本技法の実施形態に従った複数の箇所へのパルスシーケンスの伝達の例を表した概要図である。

【図8】本技法の実施形態に従った複数の箇所へのパルスシーケンスの伝達の例を表した概要図である。

【図9】本技法の実施形態に従った複数の箇所へのパルスシーケンスの伝達の例を表した概要図である。

【図10】本技法の実施形態に従った関心領域内の熱または熱付与量を低減するための超音波撮像システムを表した概要図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

ある種の実施形態では、超音波撮像の方法及びシステムを提供する。本技法の撮像法は、撮像中の関心領域（ROI）内の熱の低減を容易にすることができる。本方法は、関心領域内部に複数の箇所を特定する工程と、複数の箇所のうちの2つ以上の箇所にある決まった順序でパルスシーケンスを伝達する工程と、を含む。この複数の箇所は、手作業によりまたは自動式アルゴリズムを利用することによって選択することができる。このROIは一連のベクトルまたはビームから構成される。本明細書で使用する場合に、ベクトル（vector）とはARFI画像の作成に使用されるプッシング及びトラッキングの箇所を意味している。典型的には超音波撮像でROIは、同じグループのベクトルを複数回発射（fire）しその結果を時間の経過に伴って変化する一連の画像として表示することによって反復して調べられる。通常は、フレームが異なってもそのベクトル箇所は一定に保たれる。本明細書で使用する場合にフレームとは、同じ時点で発射を受けたあるROIを構成するベクトルの集合体を意味する。一実施形態ではその複数の箇所を単一のフレーム内に存在させることがある。ベクトルを発射する順序は伝達される熱が最小となるように選択されるが、フレームが異なっても同じ箇所が用いられる。別の実施形態ではその複数の箇所は熱付与量の低減を容易にするためにグリッド中間の（inter-grid）箇所とすることがある。この実施形態では、ベクトルの順序が異なるだけでなく、ベクトルの箇所もフレームごとに異なることがある。例えば、第1のフレームで発射した箇所の間にくるような箇所にあるベクトルを第2の発射フレームにおいて発射することがある。これによれば、ピークエネルギー預託の箇所をフレームごとに変化させることが可能である。

【0012】

パルスシーケンスの伝達に関する決められた順序は、例えば所与の箇所に関する熱または熱付与の総量を最小とするように設計できるようなコスト関数に基づいて選択されることがある。具体的なある箇所に対してパルスシーケンスを1回または複数回伝達することがある。その箇所にパルスシーケンスを1回だけしか伝達しないような実施形態では、そのパルスシーケンスは1つの基準パルス、1つのプッシングパルス及び1つのトラッキングパルスを含むことがある。一方、その複数箇所にパルスシーケンスを2回以上伝達するような実施形態では、その異なるパルスシーケンスは基準パルスを包含することも包含しないこともあり得る。パルスシーケンスが基準パルスを含まないような一実施形態では、

当初その箇所にパルスシーケンスが初めて伝達されているときにその箇所に基準パルスを伝達することがあり、かつ後続のパルスシーケンスは基準パルスを伴わずに伝達されることがある。そのパルスシーケンスが基準パルスを含むような別の実施形態では、各パルスシーケンスで基準パルスが伝達されることがある。

【0013】

ある種の実施形態では、パルスシーケンスが伝達される複数の箇所のそれぞれに運動補正シーケンスが適用されることがある。この運動補正シーケンスは撮像対象（例えば、患者）、トランスジューサ探触子あるいは撮像を実施する人（例えば、超音波検査技師や医師）などの不随意の運動を考慮に入れている。トランスジューサアレイは1次元アレイとすることや2次元アレイとすることがある。運動補正シーケンスはパルスシーケンスの間で伝達されることがある。運動補正シーケンスは、具体的なある箇所へのパルスシーケンス伝達の直前や直後に伝達されることがある。一実施形態ではその運動補正シーケンスはBモードシーケンスを含むことがある。Bモードシーケンスは、完全Bモードシーケンスまたは部分Bモードシーケンス、あるいは完全Bモードシーケンスと部分Bモードシーケンスを組み合わせたものとすることがある。

【0014】

図1は、関心領域内の熱または熱付与量を低減するために利用し得る撮像法の一例を表している。初めに、その関心領域内部において複数の箇所が特定される。図1に示すように、単一のフレーム14内に複数の箇所を有する関心領域に対して、トランスジューサ探触子12を用いて原初（original）フレームBモードパルスシーケンス10が伝達される。こうして収集された原初フレームBモード画像は後続の画像の運動補正における基準画像の役割をする。原初フレームBモード画像は後続の撮像時の運動補正のための基準線を提供することがある。次に、第1の箇所18に対してベクトル16によって示した第1のパルスシーケンスを伝達することがある。

【0015】

引き続いて、第1のパルスシーケンス16を伝達したのと同じ箇所18及び該箇所の周りに、3つのベクトル20によって示した部分Bモードシーケンスを伝達することがある。シーケンス20などの部分Bモードシーケンスから取得した画像は、原初フレームBモードパルスシーケンス10から取得した画像と相関させ、パルスシーケンス16などのパルスシーケンスの実空間における箇所を決定することがある。さらに、パルスシーケンスの後続の発射のすべてを原初フレームBモード画像と整列させることがある。パルスシーケンスの実空間における箇所を決定することによって、新たに特徴付けした運動に関してパルスシーケンスの後続の発射箇所を補正することができる。さらに、パルスシーケンスの既知の実空間箇所が与えられたときにグリッド（例えば、2次元グリッド）または扇形に対する補間によって画像（例えば、2次元画像）を作成するようなアルゴリズムを適用することがある。一般に、パルスシーケンス（プッシングパルス及びトラッキングパルス）は発射が長く連なったものであり、またこのパルスシーケンスの直前または直後に発射される追加の部分Bモードシーケンスは該パルスシーケンスにより用いられる時間のごく一部だけを利用している。

【0016】

一実施形態ではその部分Bモードのサイズは、熱付与量について決定したレベル、撮像時間、複数の箇所のうちの少なくとも1箇所にある組織の運動に基づいて選択されることがある。本明細書で使用する場合に「部分Bモードのサイズ」という用語は部分Bモード画像の横幅を意味しており、また「部分Bモードの密度」という用語は部分Bモードのベクトルの数を意味している。部分Bモードシーケンスのサイズ及び密度は多くの要因に基づいて選択されることがある。例えば、大きな部分Bモードシーケンスは小さい部分Bモードシーケンスと比べて相関用データをより多く提供しており、これにより運動補正を向上させている。しかし、部分Bモードシーケンスを大きくするほど原初Bモードシーケンスで関心領域のウィンドウをスライドさせるためのスペースがより狭くなるため、運動のレンジは小さくなる。さらに、部分Bモードシーケンスのサイズを大きくするほどデータ

の収集に要する時間が増大する。さらに、部分 B モード送信による加熱がより大きくなる。さらに R O I の運動がリジッド (r i g i d) でない場合には、部分 B モードシーケンスのサイズが大きくなりすでに歪みが大きいバージョンの原初 B モードとで比較が実施されるため、取得される相関が不満足なものとなる。運動が単純な撮像域全体の平行移動であれば、相関処理によって運動が良好にトラッキングされる。しかし、運動がより複雑であり組織の様々な部分が様々な量だけあるいは様々な方向に動く場合は、相関処理の有効性がより低くなる。より小さい部分 B モードでは運動を一定とする領域がより小さくてよく、したがって全体的にリジッドでない運動により受ける影響がより小さい。

【 0 0 1 7 】

次に、所望の箇所 3 0 から距離 2 8 だけシフトさせた第 2 の箇所 2 4 に、ベクトル 2 2 によって示した第 2 のパルスシーケンスを伝達することがある。所望の箇所 3 0 と実際の箇所 2 4 に関するこのシフトは例えば、トランスジューサ探触子 1 2 の位置の不注意によるシフト 2 6 に由来することがある。

【 0 0 1 8 】

次いで、実際の位置 2 4 に及びその周りに 3 つのベクトル 3 2 によって示した部分 B モードシーケンスが伝達される。次に、例えばトランスジューサ探触子 1 2 の位置の不随意のシフト 4 4 に起因して所望の箇所 4 0 から距離 3 8 だけシフトを受けた実際の箇所 3 6 に対して、ベクトル 3 4 によって示した第 3 のパルスシーケンスが次いで伝達されることがある。3 つのベクトル 4 6 によって示した部分 B モードシーケンスは実際の箇所 3 6 に及びその周りに伝達されることがある。

【 0 0 1 9 】

引き続いて、探触子位置のさらなるシフト 5 2 に由来してフレーム 1 4 の外部に属することになった箇所に対して、ベクトル 5 0 によって示した第 4 のパルスシーケンスを伝達することがある。探触子位置のシフト 5 2 によってパルスシーケンス 5 0 が伝達される所望の箇所 5 6 のシフト 5 4 が生ずる。探触子 1 2 のこのシフト 5 2 のために、部分 B モードシーケンス 6 0 が実際の箇所 5 6 に及びその周りに伝達されることがある。したがって、B モードシーケンス 6 0 の少なくとも一部分はフレーム 1 4 の外部に属することがある。

【 0 0 2 0 】

幾つかの実施形態では、第 1、第 2、第 3 及び第 4 のパルスシーケンス 1 6、2 2、3 4 及び 5 0 の各々はそれぞれ、1 つのプッシングパルスと 1 つのトラッキングパルスを含む。別の実施形態では、第 1 のパルスシーケンスはプッシングパルス及びトラッキングパルス以外に基準パルスを含む一方、残りのパルスシーケンスはプッシングパルスとトラッキングパルスだけを含む。幾つかの実施形態では、パルスシーケンスのすべてが基準パルス、プッシングパルス及びトラッキングパルスを含むことがある。基準パルスはその箇所の初期位置を検出するために伝達されることがあり、プッシングパルスはある箇所に対してその箇所の組織を第 1 の変位位置まで変位させるために伝達されることがあり、かつトラッキングパルスは標的部位の第 1 の変位位置を検出するために当該箇所に伝達されることがある。プッシングパルスは単一のパルスとすることや組み合わせパルスとすることもある。同様にトラッキングパルスは単一のパルスと一連のパルスのいずれとすることでもできる。

【 0 0 2 1 】

具体的なある箇所へのパルスシーケンスの伝達は時間的に分離させることがある。この分離は、組織を具体的なある状態になるように落ち着かせるのに要する時間によって決定されることがあり、この状態は初期状態と若干変位した状態のいずれとすることでもできる。一実施形態では、組織加熱の低減を容易にするために、パルスシーケンスの伝達同士の間を冷却時間とも呼ばれる追加の時間を付加することがある。典型的には、プッシングパルスの振幅及び長さによって組織が加熱されるペースが決定される。単一フレームの画像を希望するような実施形態では、組織を大幅に加熱させることなく画像を収集することが可能である。しかし、例えば時間の経過に伴うトラッキングのためあるいは平均的能力を提供するために複数のフレームを希望する場合、累積的な加熱が生ずることがある。一実

10

20

30

40

50

施形態では、その用途に必要なフレーム数に応じて、個々のパルスシーケンス同士の間の冷却時間を調整することがある。例えば、単一またはわずかな数のフレームが必要であれば冷却時間はより短くてよく、これによればより高速の収集が可能となる。一方、多数のフレームが必要であれば、累積加熱効果を軽減させるためにパルスシーケンス同士の間の冷却時間を増大させることがある。

【 0 0 2 2 】

図 2 は、ベクトル 1 6、2 2、3 4 及び 5 0 により形成した収集画像、ベクトル 1 6、2 3、3 5 及び 5 1 により形成した収集画像、並びに運動補正を伴う走査シーケンスを表している。参照番号 2 7 で示したように、運動補正シーケンスの適用後はパルスシーケンスの所望のベクトルと実際のベクトルは重なっている。初めに探触子位置に変化がなければ、パルスシーケンス 1 6 を発射するための実際の箇所と所望の箇所は同じである。シーケンス 1 0、2 0、3 2、4 6 及び 6 0 などの運動補正シーケンスを用いないパルスシーケンスを利用して画像を取得するように走査変換が実施される場合、取得した画像は歪むことがある。しかし運動補正シーケンスを提供することによって、探触子または撮像対象または撮像を実施する技師の不随意的運動に対する補正を実施することができる。シーケンス 2 0、3 2、4 6 及び 6 0 によって取り込んだ部分 B モード画像は、原初フレーム B モードパルスシーケンス 1 0 の原初フレーム B モード画像に対して位置合わせされることがある。運動補正シーケンスに基づいた画像の再整列はアルゴリズムを利用することによって実施されることがある。こうしたアルゴリズムの非限定の例には、2 D ブロックマッチング、3 D ブロックマッチング、1 D 相互相関、2 D 相互相関、3 D 相互相関、差の絶対値和、差の 2 乗和、及び最小エントロピーを含むことがある。

【 0 0 2 3 】

図 1 ~ 2 に示した実施形態について単一のフレームに関連して記載することにする。しかし、同様の方法を複数のフレームに適用することもできる。複数のフレームの場合ではこの同じ方法が一連のフレーム内の各フレームごとに反復されることがある。さらに、各 A R F I フレームの間に基準 B モードフレームが発射されることがあり、次いで A R F I フレームに関して時間的に最も近い基準を用いて運動補正処理が適用されることがある。別法として、各 A R F I フレームはより以前の B モード基準フレームに戻って参照することがある。

【 0 0 2 4 】

図 3、4 及び 5 は、運動補正を達成するために適用される 2 D 相互相関アルゴリズムの利用例を表している。図 3 は、トランスジューサ探触子 1 0 4 を用いて関心領域 1 0 6 に伝達される単一フレーム 1 0 2 の B モードシーケンス 1 0 0 を表している。B モードシーケンス 1 0 0 により作成される B モード画像は後続の画像を整列させるための基準画像として用いられることがある。所与の箇所に対して複数のパルスシーケンスが伝達されることがあることが理解されよう。ベクトル 1 0 8 はフレーム 1 0 2 の様々な箇所に伝達される一連の発射における代表的なパルスシーケンスに関する所望の箇所を表しており、またベクトル 1 1 0 はパルスシーケンスに関する実際の箇所 1 1 0 を表している。次に、実際のパルスシーケンス 1 1 0 と同じ関心領域 1 1 4 に対して部分 B モードシーケンス 1 1 2 が伝達される。この部分 B モードシーケンス 1 1 2 はパルスシーケンスの箇所 1 1 0 を推定するために用いられる。図示したように、ベクトル 1 1 0 及び 1 0 8 のそれぞれによって示したパルスシーケンスの実際の箇所と所望の箇所にはシフトが存在する。関心領域 1 1 4 は部分 B モードシーケンス 1 1 2 が伝達される領域を表している。パルスシーケンスの所望の箇所 1 0 8 とパルスシーケンスの実際の箇所 1 1 0 との間の変位差を決定するためには、相互相関アルゴリズムが用いられる。

【 0 0 2 5 】

図 4 は、関心領域 1 1 4 の箇所を基準画像の関心領域 1 0 6 を基準として決定するための相互相関アルゴリズムの利用の一例を表している。図示した実施形態ではそのアルゴリズムは関心領域 1 1 4 を頭初 B モード画像 1 0 0 の上に整列させる。頭初 B モード画像 1 0 0 内の関心領域 1 1 4 の各箇所 1 2 0、1 2 2、1 2 4、1 2 6 及び 1 2 8 において、

部分Bモード112からのデータと頭初BモードのROI114の移動ウィンドウとの間で相互相関規模が計算される。この相関規模を図5に示している。横軸130は関心領域114の変位を表しており、また縦軸132は相互相関アルゴリズムの適用により導出される相関規模の値を表している。相関規模は、ROI114がBモードデータ106と最適に整列している箇所である箇所134においてピーク値となっている。

【0026】

図4ではROI114が左から右にだけ移動するように表しているが、ROIに関しては別の動きも想定されることを理解されたい。例えば、ROIを上下に移動させることも可能である。3次元データの場合では、面に入出入りするようなROIの移動が可能である。

10

【0027】

シーケンス内のベクトルすべてに関する変位を決定し終えた後、ベクトルの実際の箇所を用いて走査変換によって面内において画像を補間し、これにより運動により導入される任意の歪みを除去することが可能である。

【0028】

ある種の実施形態では、以前の発射に関する計算箇所に基づいて将来の発射に関する箇所を調整するために図3～5に記載したのと同様の方法を用いることがある。この方法では、運動の場合においてパルスシーケンスベクトルをより均等に分布させることがある。さらに、将来の運動を予測するために以前のベクトルの運動が用いられることがあり、また予想される運動を補償するように発射箇所の調整が実施されることがある。ユーザに画像に関するフィードバックを提供するために、表示スクリーン上にパルスシーケンスデータの品質インジケータを表示することが可能である。この品質インジケータはパルスシーケンストラッキングの相関規模に基づくことがある。この品質インジケータは、図5で記載したような運動補償アルゴリズムの相関規模に基づくことがある。こうした品質係数は、ユーザの技能を向上させ品質の悪いデータを廃棄させるために表示されることがある。

20

【0029】

上で言及したようにある種の実施形態では、関心領域内の組織の加熱が最小となるように走査シーケンスを修正することがある。パルスシーケンスを同じ方向で反復して伝達すると、エネルギーのすべてが同じ箇所に預託されるため組織加熱が増大する結果となる。しかし、空間的に近隣の箇所に時間的に接近させてパルスシーケンスを伝達しても組織加熱の増大につながる可能性がある。したがって、組織加熱を最小にするように走査シーケンスを選択することがある。図6は、関心領域内の組織加熱を低減するために利用できるアルゴリズムの一例に関する流れ図140である。図示した実施形態の方法は、関心領域の選択(ブロック142)で開始される。この関心領域は例えばオペレータにより選択されることがある。ブロック144では、その画像に関する所望の品質レベルが選択される。品質レベルを選択する際に、その組織に対する許容熱付与量と画像から収集される情報の品質またはタイプとの間にトレードオフが生じることがある。医師などのオペレータは、診断から得られる可能性がある恩恵と突き合わせてその熱付与量及び傷害の可能性を比較検討する必要がある。ブロック146では、関心領域内部でパルスシーケンスを伝達するための複数の箇所が決定される。所与の関心領域について、画像に関する所望の品質に基づいてその箇所が選択されることがある。

30

40

【0030】

ブロック148では、複数の箇所に対するパルスシーケンス伝達の順序が決定される。決定した順序に対する第1のプッシング箇所は、ランダムに選択されること、あるいは以前のフレームからのプッシング箇所とするかオペレータに選択させることのいずれとすることもある。決定される順序は、パルスシーケンスを伝達する可能性がある箇所の各々について評価し得るようなコスト関数に基づくことがある。このコスト関数は、総熱付与量及びピーク温度上昇を最小とするように設計されることがある。一実施形態ではそのコスト関数は、システムの熱モデルに基づいている。ブロック150では、複数の箇所の各々にパルスシーケンスが伝達される。コスト関数を最小化する(またしたがって、熱影響を

50

最小化する) プッシング箇所が次のプッシング箇所に選択される。任意選択でブロック 152 において、熱モデルまたは絶対的規則に基づいて、温度上昇を確実に受け入れ可能なレベルにするために上述の走査シーケンス内の任意の点に挿入し得る冷却遅延を存在させることがある。例えば、次の位置のコスト関数がしきい値より高ければ(すなわち、熱付与量が次の発射によって実質的に増加するならば)、アルゴリズムによって冷却遅延が挿入されることがある。この処理は、関心領域全体を発射順序に配置し終わるまで反復される。冷却遅延は例えば、2 つ以上のパルスシーケンス伝達の間でトランスジューサ探触子をオフに切り替えることによって挿入されることがある。ブロック 152 では、複数の箇所に対して運動補正シーケンスが適用される。この運動補正シーケンスは、図 1 ~ 5 に関連して検討したのと同様の方式で適用されることがある。

10

【0031】

複数のフレームが撮像されるような実施形態では、後続のフレーム全体にわたって流れ図 140 に示した処理が反復される。これらの実施形態のうちの幾つかでは、ピーク位置における加熱の低減に役立てるようにプッシング箇所をグリッド中間の箇所まで移動させることがある。このシフトは走査変換において考慮することが可能である。この移動が総熱付与量を低減させることがある。

【0032】

一実施形態ではそのコスト関数は、時空間的な熱分布の有限要素モデルに基づいている。この実施形態の有限要素モデルは、トランスジューサ場、超音波場、並びに超音波送信により生成される温度分布のうちの 1 つまたは幾つかをモデル化することがある。別の実施形態では、温度分布を計算する有限要素モデルに対する入力として、より迅速な計算が可能であるような比較的単純な超音波場モデルを用いることがある。この有限要素モデルは、単純な均質性の材料をモデル化することが可能であり、層状の皮膚、脂肪層及び軟部組織層などの典型的な構成を仮定とすることが可能であり、あるいは超音波、CT、MRI やその他の画像から作成される複雑なモデルに基づくこともあり得る。

20

【0033】

一実施形態では、発射に関する熱コストを決定するために単純化したモデルが使用されることがある。この実施形態では、プッシングパルス発射により伝達される熱付与量が横寸法方向でガウス型空間分布を有するものと仮定している。この実施形態では、簡略とするために横方向分布に関するモデルを提供している。ただし、アキシャル方向及び上下方向の分布をモデル化することもある。その温度分布は次の式 1 :

30

【0034】

【数 1】

$$S(x) = e^{-\frac{(x-x_0)^2}{\sigma^2}}$$

(式 1)

【0035】

(上式において、 $S(x)$ は温度分布の空間変動、 x は横方向の空間座標、 x_0 は超音波プッシングビームの焦点の横方向位置 (later position)、また σ はその熱ビームに固有な幅 (characteristic width) である) により提供される形態をとると仮定する。 σ は、組織の関数でありかつプッシングパルスの関数である。

40

【0036】

時空間分布の時間部分は次の式 2 :

【0037】

【数 2】

$$T(t) = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

(式 2)

50

【 0 0 3 8 】

(上式において、 $T(t)$ は温度分布の時間変動、 t は時間、また τ は組織の関数である固有減衰時間 (characteristic decay time) である) により提供される形態の指数型減衰によってモデル化されるものと仮定する。

【 0 0 3 9 】

さらに、具体的なある箇所及び所与の時刻における具体的なあるプッシングパルスからの熱寄与は空間係数と時間係数の積であると仮定する。

【 0 0 4 0 】

$$D(x, t) = S(x) * T(t) \quad (\text{式 3})$$

別法では、具体的なある空間箇所及び時刻における総熱寄与が以前に発射したプッシングビームのすべてに関する熱寄与の和で与えられると仮定している。

【 0 0 4 1 】

ROI 内であるベクトル組が与えられると、その発射順序は以下のようにして決定することができる。まず、発射する第 1 のベクトルが選択される。式 (3) を用いて、起こり得る残りのベクトルのそれぞれについて $D(x, t)$ 値 (ここで、 x は起こり得る発射の箇所であり、また t は当該の発射時間である) が計算される。以前に発射したプッシングベクトルの各々に関する $D(x, t)$ 値の和が決定され、その和が最小となるベクトルが次に発射するベクトルとなる。 $D(x, t)$ 値の和がしきい値より大きいような実施形態では、次のパルスシーケンスを発射する前に遅延を導入することがある。

【 0 0 4 2 】

次に、起こり得るベクトルのいずれが熱寄与の最小和を有するかに関する判定が実施される。最小和を有するベクトルが次の発射ベクトルとなる。この和がしきい値より大きければ、次の箇所のパルスシーケンス伝達の前に冷却遅延が導入される。この冷却遅延は t の新たな値に関する $D(x, t)$ の和がしきい値を下回るように決定されることがある。次いでこの処理が、ROI 内のすべてのベクトルが特定の時刻において発射されるように指定し終わるまで反復される。

【 0 0 4 3 】

空間的固有距離 σ 及び時間的固有時間 τ は発射順序に影響するのが一般的である。これらの値は、当該の組織及び用いている超音波ビームパラメータごとに決定すべきである。図 7 ~ 9 は、複数の箇所に対するある決まった順序でのパルスシーケンス伝達の例を表している。図 7 ~ 9 に図示した実施形態では、 σ の値が異なっている。図 7 に図示した実施形態では σ の値が 5 に維持されており、一方図 8 では σ の値が 25 に維持されており、また図 9 では σ の値が 50 に維持されている。横軸 170 はパルスシーケンスの決定された順序を表しており、また縦軸 172 は当該番号のパルスシーケンスが伝達されている箇所を表している。これらの実施形態では、パルスシーケンスを伝達する複数の箇所は 1 距離単位だけ離されており、また複数の箇所に対するパルスシーケンス伝達の間の時間は 1 時間単位だけ離されている。これらの実施形態では、 τ は 10 時間単位的位置で一定に保持されている。図 7 に示すように σ の値が小さい ($\sigma = 5$) 場合 (すなわち、ビーム幅が狭い場合) には、その決定される順序は変動がより大きい。一方、 σ の値が増加するに連れて (すなわち、ビーム幅が 5 (図 7) から 50 (図 9) まで増加するに連れて)、決定される順序は両極の値の間で切り替わる。記載したこのアルゴリズムは複数の箇所に対してパルスシーケンスを伝達する順序を決定するためのコスト関数の選択に依存することがある。

【 0 0 4 4 】

図 10 は、トランスジューサアレイ 182 を有する超音波撮像システム 180 を表している。トランスジューサアレイ 182 は 1 次元アレイとすることも 2 次元アレイとすることもある。トランスジューサアレイ 182 は 1 つまたは複数の標的部位を含む 2 次元面に向けられることがある。このトランスジューサアレイ 182 を用いて、基準パルス、プッシングパルス及びトラッキングパルスが伝達されることがある。典型的には、パルスが伝達されている間トランスジューサアレイ 182 は対象と物理的な接触状態にある。超音波

10

20

30

40

50

撮像システム 180 はさらに、パルスの伝達とパルスシーケンスが伝達される複数の箇所からの情報の受信とをそれぞれ行うためにトランスジューサアレイ 182 と動作可能に関連付けされた送信回路 184 と受信回路 186 を含むことがある。送信回路 184 と受信回路 186 の両方は制御器 188 と電子的に結合されている。制御器 188 は、プッシングパルス伝達後のトラッキングパルス伝達及び運動補正シーケンス伝達の時間を含むパルスシーケンスを制御する。さらに制御器 188 によって、パルスシーケンスが伝達される複数の箇所から受け取った情報のインデックス付け及び保存を容易にするまたは可能にすることがある。複数の箇所から受け取った情報は、後の時間で処理できるように記憶デバイス 190 内に保存されることがある。一例ではその記憶デバイス 190 はランダムアクセスメモリを含むことがあるが、別の記憶デバイスが用いられることもある。記憶デバイス 190 は、標的部位の初期位置や標的部位の変位位置などの情報を保存するために用いられることがある。次いで信号処理ユニット 192 が記憶デバイス 190 内に保存しておいた情報を処理する。別法として信号処理ユニット 192 は、複数の箇所に関する画像を作成するために制御器 188 からの情報を直接用いることがある。処理済みの画像はモニタなどの表示デバイス 194 を用いて表示される。図示していないが、表示デバイス 194 の代わりに、標的部位の変位のポイント計測のための計測デバイスが利用されることがある。図 10 の図示ではある種の要素が省略されることがあり得る、またある種の要素の機能が別の要素と合成されることがあり得る。例えば、信号処理ユニット 418 が制御器 188 の一部として提供されることがある。

【0045】

幾つかの実施形態では、プッシングパルスやトラッキングパルスの 1 つまたは複数のパラメータが箇所が異なるに連れて変更されることがある。別の実施形態では、プッシングパルスやトラッキングパルスのパラメータは、同じ箇所に後続のパルスが伝達される間に変更されることがある。一実施形態では、変更されることがある 1 つまたは複数のパラメータは、振幅、ピークパワー、平均パワー、長さ（プッシングパルスの長さやプッシングパルスパケットの長さ）、周波数、波形、あるいはこれらを組み合わせたものを含むことがある。別の実施形態では、トラッキングパルスのパルス繰返し周波数（PRF）が変更されることがある。

【0046】

本発明のある種の特徴についてのみ本明細書において図示し説明してきたが、当業者によって多くの修正や変更がなされるであろう。したがって添付の特許請求の範囲が、本発明の真の精神の範囲に属するこうした修正や変更のすべてを包含させるように意図したものであることを理解されたい。

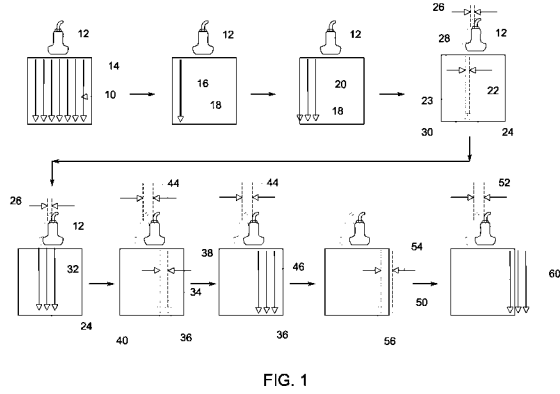
【符号の説明】

【0047】

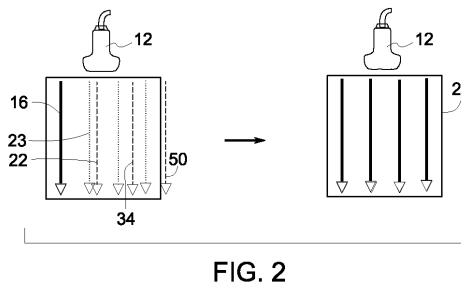
- 10 B モードパルスシーケンス
- 12 トランスジューサ探触子
- 14 単一のフレーム
- 16 第 1 のパルスシーケンス
- 18 第 1 の箇所
- 20 部分 B モードシーケンス
- 22 第 2 のパルスシーケンス
- 24 第 2 の箇所
- 26 シフト
- 27 実際の箇所と所望の箇所の重ね合わせ
- 28 距離
- 30 所望の箇所
- 32 部分 B モードシーケンス
- 34 第 3 のパルスシーケンス
- 36 実際の箇所

3 8	距離	
4 0	所望の箇所	
4 4	不随意のシフト	
4 6	部分 B モードシーケンス	
5 0	パルスシーケンス	
5 2	シフト	
5 4	シフト	
5 6	所望の箇所	
6 0	B モードシーケンス	
1 0 0	B モードシーケンス	10
1 0 2	単一のフレーム	
1 0 4	トランスジューサ探触子	
1 0 6	関心領域	
1 0 8	所望の箇所	
1 1 0	実際の位置	
1 1 2	部分 B モードシーケンス	
1 1 4	関心領域	
1 2 0	箇所	
1 2 2	箇所	
1 2 4	箇所	20
1 2 6	箇所	
1 2 8	箇所	
1 3 0	横軸	
1 3 2	縦軸	
1 3 4	ピーク	
1 4 0	流れ図	
1 4 2 ~ 1 5 2	流れ図の方法に関連する各ステップ	
1 7 0	横軸	
1 7 2	縦軸	
1 8 0	超音波撮像システム	30
1 8 2	トランスジューサアレイ	
1 8 4	送信回路	
1 8 6	受信回路	
1 8 8	制御器	
1 9 0	記憶デバイス	
1 9 2	信号処理ユニット	
1 9 4	表示デバイス	

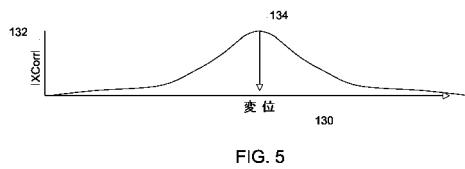
【図 1】



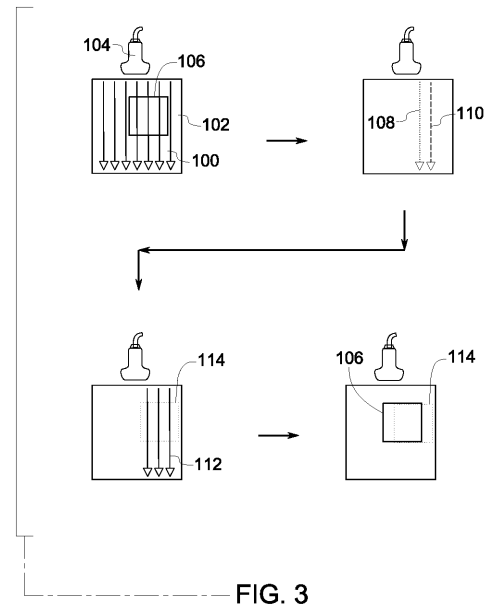
【図 2】



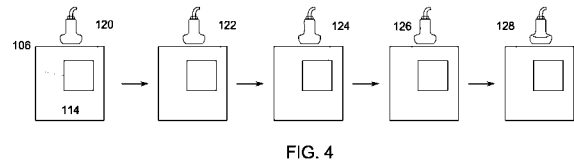
【図 5】



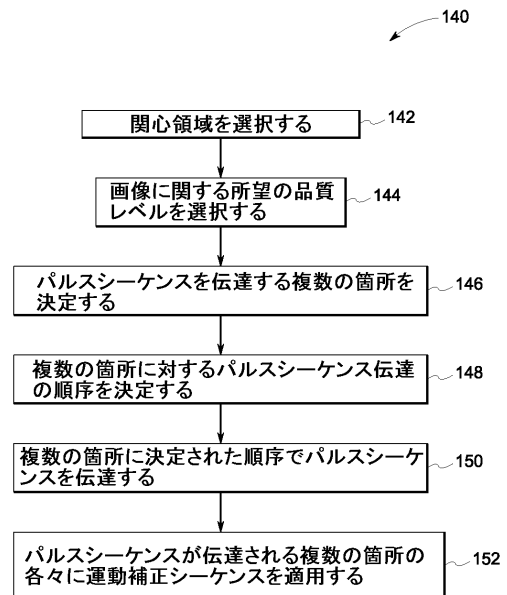
【図 3】



【図 4】



【図 6】



【図 7】

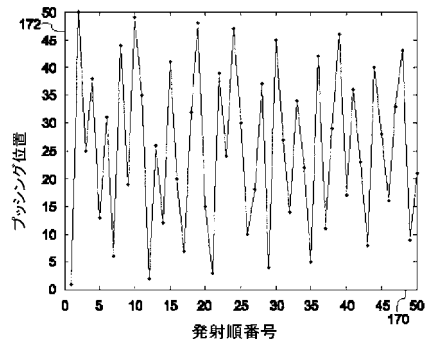


FIG. 7

【図 9】

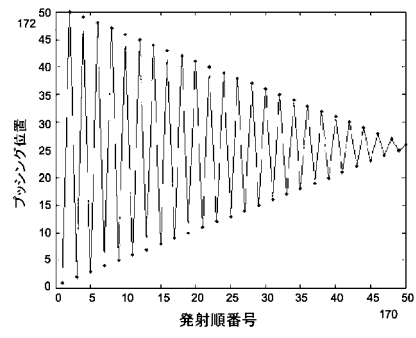


FIG. 9

【図 8】

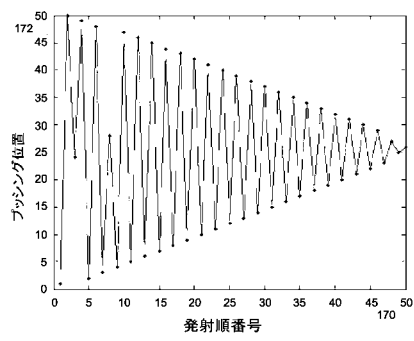


FIG. 8

【図 10】

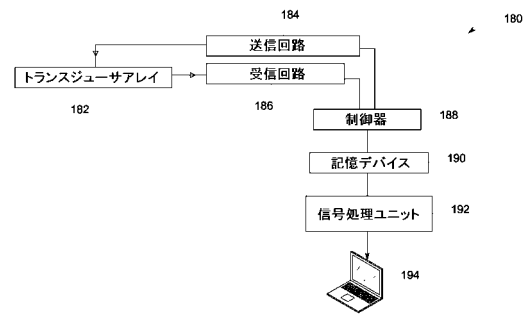


FIG. 10

フロントページの続き

- (72)発明者 フェン・リン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、シュウェイバー・ドライブ、18番
- (72)発明者 マーセド・セイエド・ボラーホロシュ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、アルバニー、ベッドフォード・スクエア、608番
- (72)発明者 ケネス・ウェイン・リグビー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、レッド・メイプル・レーン、4エイ

審査官 泉 卓也

- (56)参考文献 特開2009-005888(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0215899(US,A1)
米国特許出願公開第2004/0167403(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15
IEEE Xplore

专利名称(译)	超声成像方法，减少施加的热量		
公开(公告)号	JP5568325B2	公开(公告)日	2014-08-06
申请号	JP2010009600	申请日	2010-01-20
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	クリストファー・ロバート・ハザード フェンリン マーセドセイエドボラー・ホロシュ ケネス・ウェイン・リグビー		
发明人	クリストファー・ロバート・ハザード フェン・リン マーセド・セイエド・ボラー・ホロシュ ケネス・ウェイン・リグビー		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/08 A61B8/485 G01S7/52022 G01S7/52036 G01S7/52042 G01S7/52085 G01S15/102		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DD19 4C601/DD23 4C601/EE19 4C601/HH04 4C601/HH15 4C601/HH16 4C601/JC15 4C601/JC23 4C601/JC37 4C601/KK12		
代理人(译)	小仓 博		
优先权	12/360881 2009-01-28 US		
其他公开文献	JP2010172699A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种降低声辐射力脉冲（ARFI）成像中组织中给出的能量的方法。解决方案：提供了一种超声成像方法。该方法包括识别感兴趣区域内的多个位置，以确定的顺序将脉冲序列传递到多个位置中的两个或更多个位置，其中脉冲序列包括推动脉冲和跟踪脉冲，并且应用运动校正序列到脉冲序列被传递的多个位置中的每一个。

