

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-513236

(P2009-513236A)

(43) 公表日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(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 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2008-537682 (P2008-537682)
 (86) (22) 出願日 平成18年3月22日 (2006.3.22)
 (85) 翻訳文提出日 平成20年4月22日 (2008.4.22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2006/010617
 (87) 国際公開番号 W02007/067200
 (87) 国際公開日 平成19年6月14日 (2007.6.14)
 (31) 優先権主張番号 60/730,709
 (32) 優先日 平成17年10月26日 (2005.10.26)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

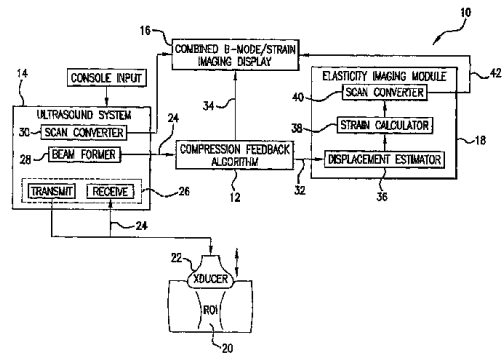
(71) 出願人 390029791
 アロカ株式会社
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 ラドゥレスク エミル ジー
 アメリカ合衆国 コネチカット ニュー
 ヘブン パーク ストリート 162 ア
 パートメント 3
 Fターム(参考) 4C601 BB02 DD19 DD23 EE04 EE10
 JB40 JB41 JB50 JC16 JC23
 JC37 KK02 LL38

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性イメージングの方法および装置

(57) 【要約】

診断用超音波イメージング装置を使用して実行されるフリーハンド静的弾性イメージングでの圧縮を分析する計算効率の高いアルゴリズムは、組織圧縮の質と量についてのフィードバックをオペレータに提供する。このアルゴリズムは、最適なダイナミックレンジ(DR)と信号対雑音比(SNR)を持つ弾性像をもたらす最も有利な圧縮前後のフレームペアを自動的に選択するための基準を含む。このアルゴリズムをリアルタイムで使用することにより、オペレータの訓練が軽減され、また、弾性像内のアーティファクトの量が大幅に削減されると共に、計算負荷が抑制される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 1 つの基準に基づいて、圧縮前フレームと圧縮後フレームを含む少なくとも 1 組のフレームペアを自動的に選択することと、
前記少なくとも 1 組のフレームペアを分析することと、
弾性像を算出することと、
前記弾性像を表示することと、
を含む、生体組織の弾性イメージングを行うプロセス。

【請求項 2】

前記自動的に選択するステップは、圧縮フィードバックアルゴリズムを使用することを含む、請求項 1 に記載のプロセス。

10

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの基準は、組織の変位量と、少なくとも 1 つの組織相関結果と、を含む、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 4】

前記自動的に選択するステップは、弾性像を算出する前に、弾性像の質を推定することを更に含む、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 5】

前記自動的に選択するステップは、視覚的フィードバック、可聴式フィードバック、または前記視覚的フィードバックと前記可聴式フィードバックの両方、のうちの少なくともいずれかをオペレータに提供することを更に含む、請求項 1 に記載のプロセス。

20

【請求項 6】

前記提供するステップは、前記視覚的フィードバックと前記可聴式フィードバックのオペレータへの提供を、圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮動作、許容可能な減圧動作、許容できない圧縮動作、許容できない減圧動作、満足できる圧縮動作、満足できる減圧動作、不満足な圧縮動作、または不満足な減圧動作のうちの少なくとも 1 つを達成した時点で行うことを更に含む、請求項 5 に記載のプロセス。

【請求項 7】

前記弾性像の算出に使用された複数のデータの質をオフラインで確認することを更に含む、請求項 1 に記載のプロセス。

30

【請求項 8】

前記確認するステップは、少なくとも 1 つの定量データ、少なくとも 1 つの定性データ、または前記少なくとも 1 つの定量データと前記少なくとも 1 つの定性データの両方、のうちの少なくともいずれかを視覚的に表示し、かつ、可聴式に投射することを含む、請求項 7 に記載のプロセス。

【請求項 9】

前記確認するステップは、少なくとも 1 つの定量データ、少なくとも 1 つの定性データ、または前記少なくとも 1 つの定量データと前記少なくとも 1 つの定性データの両方、のうちの少なくともいずれかを視覚的に表示、または可聴式に投射することを含む、請求項 7 に記載のプロセス。

40

【請求項 10】

画像についての関心領域を設定することと、
生体組織を変形して、組織変形を生成することと、
イメージング関連のフレームレートで、少なくとも 2 つの RF フレームデータを取得することと、
前記少なくとも 2 つの RF フレームデータを、圧縮フィードバックアルゴリズムに組み込むステップと、
前記関心領域から得た少なくとも 1 ブロック内の前記少なくとも 2 つの RF フレームデータについて、ブロックマッチングアルゴリズムを利用して、組織変形の質の少なくとも 1 つの定量指標を決定することと、

50

前記少なくとも2つのRFフレームデータの前記少なくとも1つの定量指標を、前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の複数の閾値のうちの少なくとも1つと比較することと、

前記少なくとも2つのRFフレームデータの前記少なくとも1つの定量指標を、前記複数の閾値のうちの少なくとも1つと比較したものを表示することと、

前記比較に基づいて、許容可能な組織変形を推定することと、

推定された前記許容可能な組織変形は、満足できる組織変形をもたらす良好なものであるかどうかを判定することと、

前記生体組織の弾性像を表示することと、

を含む、弾性イメージングを実行するプロセス。

10

【請求項11】

前記定量指標を決定するステップは、少なくとも1つの軸方向圧縮量の値と、少なくとも1つの横方向圧縮量の値と、を算出することを含む、請求項10に記載のプロセス。

【請求項12】

前記算出するステップは、

前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の、少なくとも2つの隣接するRFデータフレーム間の少なくとも1つの軸方向シフトと、少なくとも1つの横方向シフトとを推定するステップと、

前記少なくとも1つの軸方向シフトと、前記少なくとも1つの横方向シフトとを累積して、前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の、参照RFフレームデータと現行RFフレームデータの間の前記軸方向圧縮量の値および前記横方向圧縮量の値を生成するステップと、

20

を含む、請求項11に記載のプロセス。

【請求項13】

前記少なくとも1つの軸方向シフトと前記少なくとも1つの横方向シフトとを推定するプロセスは、前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の、少なくとも1つの軸方向探索範囲および少なくとも1つの横方向探索範囲で、探索プロシージャを実行することを含む、請求項12に記載のプロセス。

【請求項14】

前記軸方向圧縮量の値および前記横方向圧縮量の値に基づいて、前記組織変形の少なくとも1つの方向および前記組織変形の量についての少なくとも1つの図表を表示することを更に含む、請求項13に記載のプロセス。

30

【請求項15】

前記参照RFフレームデータは前記現行RFフレームデータと隣接していない、請求項13に記載のプロセス。

【請求項16】

前記推定するステップは、前記ブロックマッチングアルゴリズムを利用して、前記少なくとも1つの軸方向シフトと、少なくとも1つの横方向シフトとを推定することを含む、請求項13に記載のプロセス。

【請求項17】

前記ブロックマッチングアルゴリズムは相関係数技術を含む、請求項16に記載のプロセス。

40

【請求項18】

前記相関係数技術は、

少なくとも1つの軸方向探索範囲および少なくとも1つの横方向探索範囲における探索プロシージャの実行中に取得した一連の相関係数に包絡関数を適用して、一連の包絡線係数を生成するステップと、

前記一連の包絡線係数の最大値を特定するステップと、

軸方向変位を表す、前記最大値の軸方向のずれを判定するステップと、

横方向変位を表す、前記最大値の横方向のずれを判定するステップと、

50

を含む、請求項 17 に記載のプロセス。

【請求項 19】

前記組織変形の質についての前記少なくとも 1 つの定量指標を決定することは、参照 RF フレームデータの第 1 包絡線と現行 RF フレームデータの第 2 包絡線の間の前記関心領域から得た少なくとも 1 ブロック内の少なくとも 1 つの圧縮得点を算出することを更に含む、請求項 10 に記載のプロセス。

【請求項 20】

前記算出するステップは、正規化相関技術を利用して、前記少なくとも 1 つの圧縮得点を算出することを含む、請求項 19 に記載のプロセス。

【請求項 21】

前記正規化相関技術は相関係数技術である、請求項 20 に記載のプロセス。

【請求項 22】

前記算出するステップは、軸方向圧縮量および横方向圧縮量を用いて、参照 RF フレームデータと現行 RF フレームデータの間動きを補正することを含む、請求項 19 に記載のプロセス。

【請求項 23】

前記比較するステップは、
少なくとも 1 つの圧縮得点を、最小許容圧縮得点閾値と比較するステップと、
横方向圧縮量の絶対値を、最大許容横方向閾値と比較するステップと、
軸方向圧縮量の値を、最大許容軸方向閾値およびイメージング許容閾値と比較するステップと、
前記軸方向圧縮量の値を、ゼロ値と比較するステップと、
を含む、請求項 10 に記載のプロセス。

【請求項 24】

前記比較したものを表示するステップは、前記少なくとも 1 つの定量指標と、前記複数の閾値のうちの少なくとも 1 つと、を表示することを更に含む、請求項 10 に記載のプロセス。

【請求項 25】

前記表示するステップは、前記関心領域から得た前記少なくとも 1 ブロックについての定量軸方向変位を表示することを更に含む、請求項 24 に記載のプロセス。

【請求項 26】

前記表示するステップは、前記定量軸方向変位の図表を表示することを含む、請求項 25 に記載のプロセス。

【請求項 27】

前記表示するステップは、カラーコード化された図表を表示することを含む、請求項 26 に記載のプロセス。

【請求項 28】

前記表示するステップは、前記少なくとも 1 つの定量指標の最大許容軸方向閾値と、イメージング許容閾値と、を表示することを更に含む、請求項 24 に記載のプロセス。

【請求項 29】

前記表示するステップは、カラーコード化された図表を表示することを含む、請求項 28 に記載のプロセス。

【請求項 30】

前記表示するステップは、最大許容軸方向閾値を、図表内の最大値または最小値として表示することを更に含む、請求項 24 に記載のプロセス。

【請求項 31】

前記表示するステップは、イメージング許容閾値を、図表内の最大値または最小値として表示することを更に含む、請求項 24 に記載のプロセス。

【請求項 32】

前記比較したものを表示するステップは、

10

20

30

40

50

前記関心領域から得た少なくとも1ブロックについての少なくとも1つの累積横方向変位の値、または少なくとも1つの累積軸方向変位の値の定量表現を表示するステップを更に含む、請求項10に記載のプロセス。

【請求項33】

前記表示するステップは、カラーコード化された定量表現を表示することを含む、請求項32に記載のプロセス。

【請求項34】

前記比較したものを表示するステップは、前記少なくとも1ブロックについての、少なくとも1つの累積横方向変位の絶対値または少なくとも1つの累積軸方向変位の値を表示することを更に含む、請求項10に記載のプロセス。

10

【請求項35】

前記比較したものを表示するステップは、最大許容横方向閾値を、図表内の最大値または最小値として表示することを更に含む、請求項10に記載のプロセス。

【請求項36】

前記比較したものを表示するステップは、前記少なくとも1ブロックについての圧縮得点の定量表現を表示することを更に含む、請求項10に記載のプロセス。

【請求項37】

前記表示するステップは、カラーコード化された図表を表示することを含む、請求項36に記載のプロセス。

【請求項38】

前記表示するステップは、最小許容圧縮得点閾値を表示することを含む、請求項36に記載のプロセス。

20

【請求項39】

前記表示するステップは、最小許容圧縮得点閾値を、図表内の最大値または最小値として表示することを含む、請求項36に記載のプロセス。

【請求項40】

前記関心領域から得た前記少なくとも1ブロックについて、前記推定された許容組織変形を判定するステップは、

圧縮得点の値が最少許容圧縮得点閾値より大きいかどうかを判定するステップと、

横方向圧縮量の値の絶対値が、最大許容横方向閾値より小さいかどうかを判定するステップと、

30

軸方向圧縮量の値が、正の値であり、かつ、最大許容軸方向閾値より小さいかどうかを判定するステップと、

を含む、請求項10に記載のプロセス。

【請求項41】

前記圧縮得点の値は、前記最少許容圧縮得点閾値より小さいと判定された場合、

前記横方向圧縮量の値の絶対値は、前記最大許容横方向閾値より大きいと判定された場合、および

前記軸方向圧縮量の値は、負の値であるか、または前記最大許容軸方向閾値より大きい正の値であると判定された場合のうちのいずれかの場合において、許容できない組織変形を判定することを更に含む、請求項40に記載のプロセス。

40

【請求項42】

前記RFフレームデータを、RF現行フレームバッファからRF参照フレームバッファにコピーするステップと、

前記RFフレームデータを、前記RF現行フレームバッファからRF先行フレームバッファにコピーするステップと、

前記軸方向圧縮量の値および前記横方向圧縮量の値をゼロに設定するステップと、

前記圧縮フィードバックアルゴリズムを再始動するステップと、

少なくとも1つのRFフレームデータを取得するステップと、

前記少なくとも1つのRFフレームデータを、前記RF現行フレームバッファに保存す

50

るステップと、

を更に含む、請求項 4 1 に記載のプロセス。

【請求項 4 3】

前記関心領域から得た前記少なくとも 1 ブロックについて、前記満足できる組織変形を判定するステップは、軸方向圧縮量の値がイメージング許容閾値より大きいかどうかを判定することを含む、請求項 1 0 に記載のプロセス。

【請求項 4 4】

前記軸方向圧縮量の値が、前記イメージング許容閾値より小さい場合に、不満足な許容組織変形を判定することを更に含む、請求項 4 3 に記載のプロセス。

【請求項 4 5】

前記 R F フレームデータを、前記 R F 現行フレームバッファから R F 先行フレームバッファにコピーするステップと、

前記圧縮フィードバックアルゴリズムを再始動するステップと、

少なくとも 1 つの R F フレームデータを取得するステップと、

前記少なくとも 1 つの R F フレームデータを、前記 R F 現行フレームバッファに保存するステップと、

を更に含む、請求項 4 4 に記載のプロセス。

【請求項 4 6】

前記弾性像を表示するステップの後で、

前記 R F フレームデータを、R F 現行フレームバッファから R F 参照フレームバッファにコピーするステップと、

前記 R F フレームデータを、R F 現行フレームバッファから R F 先行フレームバッファにコピーするステップと、

軸方向圧縮量の値および横方向圧縮量の値をゼロに設定するステップと、

前記圧縮フィードバックアルゴリズムを再始動するステップと、

少なくとも 1 つの R F フレームデータを取得するステップと、

前記少なくとも 1 つの R F フレームデータを、前記 R F 現行フレームバッファに保存するステップと、

を更に含む、請求項 1 0 に記載のプロセス。

【請求項 4 7】

前記少なくとも 2 つの R F フレームデータと、前記弾性像と、参照軸方向変位バッファの複数のデータと、参照横方向変位バッファの複数のデータと、圧縮得点バッファの複数のデータと、を記録することを更に含む、請求項 1 0 に記載のプロセス。

【請求項 4 8】

前記記録するステップは、前記少なくとも 2 つの R F フレームデータと、前記弾性像と、前記参照軸方向変位バッファの前記複数のデータと、前記参照横方向変位バッファの前記複数のデータと、前記圧縮得点バッファの前記複数のデータと、を再確認するためのアクセスを提供することを更に含む、請求項 4 7 に記載のプロセス。

【請求項 4 9】

前記アクセスを提供するステップは、オペレータを訓練する、弾性像の質を評価する、および弾性像の質を確認するためのオフラインのアクセスを提供することを更に含む、請求項 4 8 に記載のプロセス。

【請求項 5 0】

少なくとも 1 つの可聴ノイズを生成することを更に含み、この生成は、

圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮動作、許容可能な減圧動作、許容できない圧縮動作、許容できない減圧動作、満足できる圧縮動作、満足できる減圧動作、不満足な圧縮動作、または不満足な減圧動作のうちのいずれか 1 つを達成した時点で行われる、請求項 1 0 に記載のプロセス。

【請求項 5 1】

前記少なくとも 1 つの可聴ノイズは、前記圧縮動作、前記減圧動作、前記許容可能な圧

10

20

30

40

50

縮動作、前記許容可能な減圧動作、前記許容できない圧縮動作、前記許容できない減圧動作、前記満足できる圧縮動作、前記満足できる減圧動作、前記不満足な圧縮動作、および前記不満足な減圧動作のうちのいずれか1つにそれぞれ対応する、請求項50に記載のプロセス。

【請求項52】

前記少なくとも1つの可聴ノイズを記録することを更に含む、請求項50に記載のプロセス。

【請求項53】

記録された前記少なくとも1つの可聴ノイズを増幅することを更に含む、請求項52に記載のプロセス。

10

【請求項54】

圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮動作、許容可能な減圧動作、許容できない圧縮動作、許容できない減圧動作、不満足な圧縮動作、または不満足な減圧動作のうちのいずれか1つに対応する、少なくとも1つのカラー画像を生成して表示することを更に含む、請求項10に記載のプロセス。

【請求項55】

第1のカラー画像と第2のカラー画像とを比較することを更に含む、請求項54に記載のプロセス。

【請求項56】

前記第1のカラー画像と前記第2のカラー画像とを比較する際に、少なくとも1つの色の変化を検出することを更に含む、請求項55に記載のプロセス。

20

【請求項57】

前記検出するステップは、前記少なくとも1つの色の純度変化を検出することを含む、請求項56に記載のプロセス。

【請求項58】

前記検出するステップは、前記少なくとも1つの色の濃淡階調変化を検出することを含む、請求項56に記載のプロセス。

【請求項59】

前記弾性像を表示する前に、許容可能な圧縮を達成したことに基づいて、前記生体組織の弾性像を生成する追加のステップを更に含む、請求項10に記載のプロセス。

30

【請求項60】

超音波システムであって、前記システムで読み出し可能なコンピュータ読み出し可能記憶装置を含み、前記コンピュータ読み出し可能記憶装置は、弾性イメージングを行う後述のステップを実行するために前記システムで実行できる一連の命令を含むプログラムを有形的に実現し、

前記一連の命令は、

画像についての関心領域を設定し、その後、生体組織の変形によって、組織変形を生成する命令と、

イメージングに関連したフレームレートで、少なくとも2つのRFフレームデータを取得する命令と、

40

前記少なくとも2つのRFフレームデータを圧縮フィードバックアルゴリズムに組み込む命令と、

前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の前記少なくとも2つのRFフレームデータについて、ブロックマッチングアルゴリズムを利用して、組織変形の質の少なくとも1つの定量指標を決定する命令と、

前記少なくとも2つのRFフレームデータの前記少なくとも1つの定量指標を、前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の複数の閾値のうちの少なくとも1つと比較する命令と、

前記少なくとも2つのRFフレームデータの前記少なくとも1つの定量指標を、前記複数の閾値のうちの少なくとも1つと比較したものを表示する命令と、

50

前記比較に基づいて、許容可能な組織変形を推定する命令と、
推定された許容可能な組織変形は、満足できる組織変形をもたらす良好なものであるかどうかを判定する命令と、
前記生体組織の弾性像を表示する命令と、
を含む、超音波システム。

【請求項 6 1】

前記定量指標を決定する命令は、少なくとも 1 つの軸方向圧縮量の値と、少なくとも 1 つの横方向圧縮量の値と、を算出する命令を含む、請求項 6 0 に記載の超音波システム。

【請求項 6 2】

前記算出する命令は、
前記関心領域から得た少なくとも 1 ブロック内の少なくとも 2 つの隣接する R F データフレーム間の少なくとも 1 つの軸方向シフトと、少なくとも 1 つの横方向シフトとを推定する命令と、

10

前記少なくとも 1 つの軸方向シフトと、少なくとも 1 つの横方向シフトとを累積して、前記関心領域から得た少なくとも 1 ブロック内の、参照 R F フレームデータと現行 R F フレームデータ間の前記軸方向圧縮量の値および前記横方向圧縮量の値を生成する命令と、
を含む、請求項 6 1 に記載の超音波システム。

【請求項 6 3】

前記少なくとも 1 つの軸方向シフトと、前記少なくとも 1 つの横方向シフトとを推定する命令は、前記関心領域から得た少なくとも 1 ブロック内の少なくとも 1 つの軸方向探索範囲および少なくとも 1 つの横方向探索範囲で、探索プロシーダを実行することを含む、請求項 6 2 に記載の超音波システム。

20

【請求項 6 4】

前記軸方向圧縮量の値および前記横方向圧縮量の値に基づいて、前記組織変形の少なくとも 1 つの方向および前記組織変形の量についての少なくとも 1 つの図表を表示する命令を含む、請求項 6 3 に記載の超音波システム。

【請求項 6 5】

前記参照 R F フレームデータは、前記現行 R F フレームデータに隣接していない、請求項 6 3 に記載の超音波システム。

【請求項 6 6】

30

前記推定する命令は、前記ブロックマッチングアルゴリズムを使用して、前記少なくとも 1 つの軸方向シフトと、前記少なくとも 1 つの横方向シフトとを推定する命令を含む、請求項 6 3 に記載の超音波システム。

【請求項 6 7】

前記ブロックマッチングアルゴリズムは、相関係数技術を含む、請求項 6 6 に記載の超音波システム。

【請求項 6 8】

前記相関係数技術を適用する命令を更に含み、
前記少なくとも 1 つの軸方向探索範囲および前記少なくとも 1 つの横方向探索範囲における前記探索プロシーダの実行中に取得した一連の相関係数に包絡関数を適用して、一連の包絡線係数を生成する命令と、

40

前記一連の包絡線係数の最大値を特定する命令と、
軸方向変位を表す、前記最大値の軸方向のずれを判定する命令と、
横方向変位を表す、前記最大値の横方向のずれを判定する命令と、
を含む、請求項 6 7 に記載の超音波システム。

【請求項 6 9】

前記組織変形の前記少なくとも 1 つの定量指標を決定する命令は、参照 R F フレームデータの第 1 包絡線と現行 R F フレームデータの第 2 包絡線の間に関心領域から得た少なくとも 1 ブロック内の少なくとも 1 つの圧縮得点を算出する命令を更に含む、請求項 6 6 に記載の超音波システム。

50

【請求項 70】

前記算出する命令は、正規化相関技術を使用して、前記少なくとも1つの圧縮得点を算出する命令を含む、請求項69に記載の超音波システム。

【請求項 71】

前記正規化相関技術は相関係数技術である、請求項70に記載の超音波システム。

【請求項 72】

前記算出する命令は、軸方向圧縮量および横方向圧縮量を用いて、参照RFフレームデータと現行RFフレームデータの間の動きを補正する命令を含む、請求項69に記載の超音波システム。

【請求項 73】

前記比較する命令は、
少なくとも1つの圧縮得点を、最小許容圧縮得点閾値と比較する命令と、
横方向圧縮量の絶対値を、最大許容横方向閾値と比較する命令と、
軸方向圧縮量の値を、最大許容軸方向閾値およびイメージング許容閾値と比較する命令と、
前記軸方向圧縮量の値を、ゼロと比較する命令と、
を含む、請求項60に記載の超音波システム。

10

【請求項 74】

前記比較したものを表示する命令は、前記少なくとも1つの定量指標と、前記複数の閾値のうちの少なくとも1つと、を表示する命令を更に含む、請求項60に記載の超音波システム。

20

【請求項 75】

前記表示する命令は、前記関心領域から得た前記少なくとも1ブロック内の定量軸方向変位を表示する命令を更に含む、請求項74に記載の超音波システム。

【請求項 76】

前記表示する命令は、前記定量軸方向変位の図表を表示する命令を含む、請求項75に記載の超音波システム。

【請求項 77】

前記表示する命令は、カラーコード化された図表を表示する命令を含む、請求項76に記載の超音波システム。

30

【請求項 78】

前記表示する命令は、前記少なくとも1つの定量指標の最大許容軸方向閾値とイメージング閾値とを表示する命令を更に含む、請求項74に記載の超音波システム。

【請求項 79】

前記表示する命令は、カラーコード化された図表を表示する命令を含む、請求項78に記載の超音波システム。

【請求項 80】

前記表示する命令は、最大許容軸方向閾値を、図表内の最大値または最小値として表示する命令を更に含む、請求項74に記載の超音波システム。

【請求項 81】

前記表示する命令は、イメージング許容閾値を、図表内の最大値または最小値として表示する命令を更に含む、請求項74に記載の超音波システム。

40

【請求項 82】

前記比較したものを表示する命令は、
前記関心領域から得た前記少なくとも1ブロックについて、少なくとも1つの累積横方向変位の値または少なくとも1つの累積軸方向変位の値の定量表現を表示する命令を更に含む、請求項60に記載の超音波システム。

【請求項 83】

前記表示する命令は、カラーコード化された定量表現を表示する命令を含む、請求項82に記載の超音波システム。

50

【請求項 84】

前記比較したものを表示する命令は、前記少なくとも1ブロックについての、少なくとも1つの累積横方向変位の絶対値または少なくとも1つの軸方向変位の値を表示する命令を更に含む、請求項60に記載の超音波システム。

【請求項 85】

前記比較したものを表示する命令は、最大許容横方向閾値を、図表内の最大値または最小値として表示する命令を更に含む、請求項60に記載の超音波システム。

【請求項 86】

前記比較したものを表示する命令は、前記少なくとも1ブロックについての圧縮得点の定量表現を表示する命令を更に含む、請求項60に記載の超音波システム。

10

【請求項 87】

前記表示する命令は、カラーコード化された図表を表示する命令を含む、請求項86に記載の超音波システム。

【請求項 88】

前記表示する命令は、最小許容圧縮得点閾値を表示する命令を含む、請求項86に記載の超音波システム。

【請求項 89】

前記表示する命令は、最小許容圧縮得点閾値を、図表内の最大値または最小値として表示する命令を含む、請求項86に記載の超音波システム。

【請求項 90】

前記関心領域から得た前記少なくとも1ブロックについて、前記推定された許容組織変形を判定する命令は、

20

圧縮得点の値は、最小許容圧縮得点閾値より大きいかどうかを判定する命令と、

横方向圧縮量の値の絶対値は、最大許容横方向閾値より小さいかどうかを判定する命令と、

軸方向圧縮量の値は、正の値であり、かつ、最大許容軸方向閾値より小さいかどうかを判定する命令と、

を含む、請求項60に記載の超音波システム。

【請求項 91】

前記圧縮得点の値は前記最小許容圧縮得点閾値より小さい場合、前記横方向圧縮量の値の絶対値は、前記最大許容横方向閾値より大きい場合、または前記軸方向圧縮量の値は、正の値であり、かつ、前記最大許容軸方向閾値より大きい場合、のいずれかの場合において、許容できない組織変形を判定する命令を更に含む、請求項90に記載の超音波システム。

30

【請求項 92】

前記RFフレームデータを、RF現行フレームバッファからRF参照フレームバッファにコピーする命令と、

前記RFフレームデータを、前記RF現行フレームバッファからRF先行フレームバッファにコピーする命令と、

前記軸方向圧縮量の値および前記横方向圧縮量の値をゼロに設定する命令と、

40

前記圧縮フィードバックアルゴリズムを再始動する命令と、

少なくとも1つのRFフレームデータを取得する命令と、

前記少なくとも1つのRFフレームデータを前記RF現行フレームバッファに保存する命令と、

を更に含む、請求項91に記載の超音波システム。

【請求項 93】

前記関心領域から得た前記少なくとも1ブロックについて、前記満足できる組織変形を判定する命令は、軸方向圧縮量の値がイメージング許容閾値より大きいかどうかを判定する命令を含む、請求項60に記載の超音波システム。

【請求項 94】

50

前記軸方向圧縮量の値が前記イメージング許容閾値より小さいときに、不満足な許容組織変形を判定する命令を更に含む、請求項 9 3 に記載の超音波システム。

【請求項 9 5】

前記 R F フレームデータを、前記 R F 現行フレームバッファから R F 先行フレームバッファにコピーする命令と、

前記圧縮フィードバックアルゴリズムを再始動する命令と、

少なくとも 1 つの R F フレームデータを取得する命令と、

前記少なくとも 1 つの R F フレームデータを前記 R F 現行フレームバッファに保存する命令と、

を含む、請求項 9 4 に記載の超音波システム。

10

【請求項 9 6】

前記弾性像を表示した後で、

前記 R F フレームデータを、R F 現行フレームバッファから R F 参照フレームバッファにコピーする命令と、

前記 R F フレームデータを、R F 現行フレームバッファから R F 先行フレームバッファにコピーする命令と、

軸方向圧縮量の値および横方向圧縮量の値をゼロに設定する命令と、

前記圧縮フィードバックアルゴリズムを再始動する命令と、

少なくとも 1 つの R F フレームデータを取得する命令と、

前記少なくとも 1 つの R F フレームデータを前記 R F 現行フレームバッファに保存する命令と、

を含む、請求項 6 0 に記載の超音波システム。

20

【請求項 9 7】

前記少なくとも 2 つの R F フレームデータと、前記弾性像と、参照軸方向変位バッファの複数のデータと、参照横方向変位バッファの複数のデータと、圧縮得点バッファの複数のデータと、を記録する命令を更に含む、請求項 6 0 に記載の超音波システム。

【請求項 9 8】

前記記録する命令は、前記少なくとも 2 つの R F フレームデータと、前記弾性像と、前記参照軸方向変位バッファの前記複数のデータと、前記参照横方向変位バッファの前記複数のデータと、前記圧縮得点バッファの前記複数のデータと、を再確認するためのアクセスを提供する命令を更に含む、請求項 9 7 に記載の超音波システム。

30

【請求項 9 9】

前記アクセスを提供する命令は、オペレータを訓練する、弾性像の質を評価する、および弾性像の質を確認するためのオフラインのアクセスを提供することを更に含む、請求項 9 8 に記載の超音波システム。

【請求項 1 0 0】

少なくとも 1 つの可聴ノイズを生成する命令を更に含み、この生成は、

圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮動作、許容可能な減圧動作、許容できない圧縮動作、許容できない減圧動作、満足できる圧縮動作、満足できる減圧動作、不満足な圧縮動作、または不満足な減圧動作のうちのいずれか 1 つを達成した時点で行われる、請求項 6 0 に記載の装置。

40

【請求項 1 0 1】

前記少なくとも 1 つの可聴ノイズは、前記圧縮動作、前記減圧動作、前記許容可能な圧縮動作、前記許容可能な減圧動作、前記許容できない圧縮動作、前記許容できない減圧動作、前記満足できる圧縮動作、前記満足できる減圧動作、前記不満足な圧縮動作、または前記不満足な減圧動作のうちのいずれか 1 つにそれぞれ対応する、請求項 1 0 0 に記載の超音波システム。

【請求項 1 0 2】

前記少なくとも 1 つの可聴ノイズを記録する命令を更に含む、請求項 1 0 0 に記載の超音波システム。

50

【請求項 103】

記録された前記少なくとも1つの可聴ノイズを増幅する命令を更に含む、請求項102に記載の超音波システム。

【請求項 104】

圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮動作、許容可能な減圧動作、許容できない圧縮動作、許容できない減圧動作、不満足な圧縮動作、または不満足な減圧動作のうちのいずれか1つに対応する、少なくとも1つのカラー画像を生成して表示する命令を更に含む、請求項60に記載の超音波システム。

【請求項 105】

第1カラー画像と第2カラー画像とを比較する命令を更に含む、請求項104に記載の超音波システム。 10

【請求項 106】

前記第1カラー画像と前記第2カラー画像とを比較する際に、少なくとも1つの色の変化を検出する命令を更に含む、請求項105に記載の超音波システム。

【請求項 107】

前記検出する命令は、前記少なくとも1つの色の純度変化を検出する命令を含む、請求項106に記載の超音波システム。

【請求項 108】

前記検出する命令は、前記少なくとも1つの色の濃淡階調変化を検出する命令を含む、請求項106に記載の超音波システム。 20

【請求項 109】

前記弾性像を表示する前に、許容可能な圧縮の達成に基づいて、前記生体組織の弾性像を生成する命令を更に含む、請求項60に記載の超音波システム。

【請求項 110】

超音波システムであって、前記システムで読み出し可能なコンピュータ読み出し可能記憶装置を含み、前記コンピュータ読み出し可能記憶装置は、弾性イメージングを行う後述のステップを実行するために前記システムで実行できる一連の命令を含むプログラムを有形的に実現し、

前記一連の命令は、

少なくとも1つの基準に基づいて、圧縮前フレームと圧縮後フレームを含む少なくとも1組のフレームペアを自動的に選択する命令と、 30

前記少なくとも1組のフレームペアを分析する命令と、

弾性像を算出する命令と、

前記弾性像を表示する命令と、

を含む、超音波システム。

【請求項 111】

前記自動的に選択する命令は、圧縮フィードバックアルゴリズムを使用する命令を含む、請求項110に記載の超音波システム。

【請求項 112】

前記少なくとも1つの基準は、組織変位の量と、少なくとも1つの組織相関結果と、を含む、請求項110に記載の超音波システム。 40

【請求項 113】

前記自動的に選択する命令は、弾性像の算出前に、弾性像を推定する命令を更に含む、請求項110に記載の超音波システム。

【請求項 114】

前記自動的に選択する命令は、視覚的フィードバック、可聴式フィードバック、または前記視覚的フィードバックと前記可聴式フィードバックの両方、のうちの少なくともいずれかをオペレータに提供する命令を更に含む、請求項110に記載の超音波システム。

【請求項 115】

前記提供する命令は、前記視覚的フィードバックと前記可聴式フィードバックの前記オ 50

ペレータへの提供を、圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮動作、許容可能な減圧動作、許容できない圧縮動作、許容できない減圧動作、満足できる圧縮動作、満足できる減圧動作、不満足な圧縮動作、または不満足な減圧動作、のうちのいずれか1つを達成した時点で行う命令を更に含む、請求項114に記載の超音波システム。

【請求項116】

前記弾性像の算出に使用された複数のデータの質をオフラインで確認する命令を更に含む、請求項114に記載の超音波システム。

【請求項117】

前記確認する命令は、少なくとも1つの定量データ、少なくとも1つの定性データ、または前記少なくとも1つの定量データと前記少なくとも1つの定性データの両方、のうちの少なくとも1つを視覚的に表示し、かつ可聴式に投射する命令を含む、請求項116に記載の超音波システム。

10

【請求項118】

前記確認する命令は、少なくとも1つの定量データ、少なくとも1つの定性データ、または前記少なくとも1つの定量データと前記少なくとも1つの定性データの両方、のうちの少なくとも1つを視覚的に表示、または可聴式に投射する命令を含む、請求項116に記載の超音波システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

(関連出願)

本願は、2005年10月26日に出願された、「Method and Apparatus for Elasticity Imaging (弾性イメージングの方法および装置)」という名称の米国特許出願第60/730,709号からの優先権を主張するもので、前記米国特許出願の開示内容は、詳細に説明したものとして、本願明細書の一部として援用する。

【0002】

本発明は、フリーハンド静的弾性イメージング用の組織圧縮分析のための効率的計算アルゴリズムに関する。より詳細には、本発明は、医療診断用超音波イメージング装置を利用して歪み像を生成する、弾性イメージングシステムに関する。

30

【背景技術】

【0003】

病理学的症状は、しばしば、生体組織の硬さを変化させることが証明されている。例えば、腫瘍組織は、診断ツールとして触診法を利用することから示されるように、周辺組織とは異なる力学的特性を示すことが知られている。胸部および前立腺の腫瘍は、力学的特性を特に変化させやすく、このことは、クロウスコップ(T. A. Krouskop)、ウィーラー(T. M. Wheeler)、カレル(F. Kallel)、ガーラ(B. S. Garra)、およびハル(T. Hall)による「Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression (圧縮時の胸部および前立腺組織の弾性率)」という表題の論文、Ultrasonic Imaging (超音波イメージング)、20:260-274、1998年に記載されている。この論文は、本願明細書の一部として援用する。

40

【0004】

多くの癌、例えば、胸部の硬性癌等は、極めて固い小結節として顕在する。ただし、病変は、エコー発生性を持っている場合も、持っていない場合もあるが、このエコー発生性は、従来の診断用超音波イメージングシステムで病変を検出可能にするものである。そのため、前立腺または胸部の腫瘍は、従来の超音波技術で判別し難いものではあるが、周辺組織よりもかなり硬いものであり得る。このことは、ガーラ(B. S. Garra)、セスペデス(I. Cespedes)、オフィル(J. Ophir)、スプラット(S. Spratt)、チュルビア(R. A. Zurbier)、マグナント(C. M. Mag

50

nant)、およびペナネン(M. F. Pennanen)による「Elastography of breast lesions; initial clinical results (胸部病変のエラストグラフィ: 初期臨床結果)」という表題の論文、Radiology (放射線医学)、202: 79 - 86、1997年に報告されている。この論文は、本願明細書の一部として援用する。組織のエコー発生性と硬さは、概して相関関係にないため、ガーラ他の観察によれば、生体組織の硬さのイメージングは、病理学的症状についての新しい情報を提供すると共に、診断プロセスを容易化するものとして期待されている。

【0005】

正常な胸部組織と異常な胸部組織内で、周波数と与圧歪みのレベルを変えて、実験的に取得した弾性率データは、前述の論文「Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression (圧縮時の胸部および前立腺組織の弾性率)」に報告されている。この論文のデータは、胸部のさまざまな組織の弾性率の差異が、良性腫瘍と悪性腫瘍の判別方法の開発に役立つ可能性があることを示している。前立腺の癌も通常の組織よりもはるかに硬いため、前立腺の組織についても検査されている。正常な前立腺組織と異常な前立腺組織の弾性率が異なることを示す同様のデータも報告されている。

10

【0006】

生体組織の力学的特性の表示を容易に行えるようにするイメージング様式は、エラストグラフィ(elastography)と呼ばれている。エラストグラフィの目的は、組織の力学的特性に関する物理パラメータの分布の画像を、臨床的用途に応じて表示することである。前述した、エラストグラフィの胸部と前立腺の用例に加え、筋肉および心筋への応用に成功した結果は、カレル(F. Kallel)、オフィル(J. Ophir)、マギー(K. Magee)、およびクロウスコップ(T. A. Krouskop)によって、「Elastographic imaging of low-contrast elastic modulus distributions in tissue (組織内の低コントラスト弾性率分布のエラストグラフィックイメージング)」という表題で、Ultrasound in Med. & Biol.、24(3): 409 - 425、1998年に報告され、また、コノファゴウ(E. E. Knofagou)、ホッジ(J. D'Hooge)、およびオフィル(J. Ophir)によって、「Myocardial elastography - a feasible study in vivo (心筋のエラストグラフィ - 生体内における実現可能な研究)」という表題で、Ultrasound in Med. & Biol.、28(4)、475 - 482、2002年に報告されている。これらの論文は、本願明細書の一部として援用する。

20

30

【0007】

弾性イメージングは、生体組織に外部運動または内部運動を誘導することと、従来の診断用超音波イメージング技術および相関技術を用いて、組織の反応を評価することと、を含む。イメージングモードおよび組織の運動の性質に従って、弾性イメージング用例は、a) 静的弾性と、b) 動的弾性と、c) 力学的弾性という3つの異なるカテゴリに分類され、静的弾性(歪み基準の弾性または再生的弾性としても知られる)は、静的変形状態での生体組織の内部運動のイメージングに関わるものであり、動的弾性(波形基準弾性としても知られる)は、組織におけるずり波伝搬のイメージングに関わるものであり、力学的弾性(応力基準の弾性または再生的弾性としても知られる)は、組織の表面応力分布の測定に関わるものである。

40

【0008】

前述した3つの弾性イメージング用例は、それぞれ、3つの主要な機能要素を含む。最初に、外部的または内部的に印加された組織の運動中または変形中に、データが取り込まれる。次に、組織の反応が評価される。すなわち、変位、歪み、および応力が判定される。最後に、弾性理論を用いて、組織の弾性率が再構築される。この最後のステップは、モデリングに弾性理論を導入して、歪み条件と境界条件から弾性率を得る逆問題を解決する

50

ことに関するものである。境界条件および弾性理論のモデリングは、生体組織の構造に大きく左右されるため、最後のステップの実行はかなり煩雑であり、通常は実行されない。また、2番目のステップにおける組織の歪みの評価と表示は、組織の力学的特性の正確な再現を提供すると考えられている。

【0009】

静的弾性イメージングの用例は、最も頻繁に利用される様式である。この用例では、超音波イメージングトランスデューサを利用して、小さな擬似静的圧縮力が組織に印加される。この力は、電動式加圧器具またはフリーハンドスキンのいずれかを利用して印加できる。相関法を用いて局部の軸方向動作と横方向動作を推定するため、圧縮前後のRFデータが記録される。超音波の伝搬方向に沿って推定された動作は、組織の軸方向の変位マップを表しており、この推定動作を利用して軸方向歪みマップが決定される。次に、歪みマップは、階調画像または色分け画像として表示される。このマップはエラストグラムと呼ばれる。

10

【0010】

弾性イメージング作業の多くの部分は、これまで、オフラインの処理と、概念の検証と、方法の最適化とに集中しており、リアルタイム志向の用例は、最近になって報告されているのみである。報告されているものは、ジュー(Y. Zhu)とハル(T. J. Hall)による「A modified block matching method for real-time freehand strain imaging (リアルタイムのフリーハンド歪みイメージングのための改良ブロックマッチング法)」という表題のUltrasonic Imaging (超音波イメージング)、24:161-176、2002年と、椎名(T. Shiina)、山川(M. Yamakawa)、新田(N. Nitta)、植野(E. Ueno)、松村(T. Matsumura)、玉野(S. Tamano)、および三竹(T. Mitake)による「Clinical assessment of real-time, freehand elasticity imaging system based on the combined autocorrelation method (複合自己診断法に基づいた実時間のフリーハンド弾性イメージングシステムの臨床評価)」という表題の2003年IEEE Ultrasonics symposium (IEEE超音波シンポジウム)、664-667ページと、である。これらは本願明細書の一部として援用する。臨床環境におけるリアルタイム弾性イメージングの用途に対する要望は、主として実用的性質を持つものである。ただし、リアルタイムの弾性イメージングは、実際には、超音波エコーデータを取得して処理することを、比較的短い時間で患者をスキャンし、そのスキャンの実行中に診断的に関連のある弾性像が即時に生成されるような方式で行うために必要とされるものである。したがって、このようなリアルタイムの弾性イメージングシステムは、超音波Bモード像と歪み像とを、同一の画面上にリアルタイムで表示することができる。また、このような表示は、取得した歪み像の臨床的関連性の評価を容易に行えるようにする。

20

30

【0011】

更に、超音波エコーデータのリアルタイム処理は、大きくて扱いにくく、低速の電動式加圧器具を利用するのではなく、フリーハンドでの生体組織の圧縮とスキャンを考慮したものである。電動式加圧器具とは対照的に、フリーハンド圧縮は、より扱いやすくユーザにやさしい走査処理を可能にすると共に、より変化に富んだ走査場所を考慮したものである。ただし、この処理では、質の高い歪み像を取得するために、音波検査者が常に圧縮技法を調整する必要があるため、徹底的なオペレータの訓練という欠点がある。具体的には、均一なダイナミックレンジ(「DR」)と信号対雑音比(「SNR」)を持つ歪み像を取得するため、音波検査者は、横方向と面外の組織運動を避けながら、一定の圧縮率を維持しなければならない。また、圧縮は、特定の速度と反復周期とを維持しながら、イメージングトランスデューサの軸方向にのみ独占的に実行されなければならない。

40

【0012】

簡潔に述べると、組織圧縮の極めて複雑な性質により、フリーハンドの歪みイメージン

50

グを用いて一定の品質の弾性像を取得することは、平凡な処理でもなく、また、質の高い B モード像を取得する場合と同じように迅速に行えるものでもない。したがって、適正なオペレータの訓練を確実に行うためには、リアルタイムでの圧縮についてのフィードバックが必要である。

【0013】

前述した制約を克服する試みにおいて、いくつかの研究グループは、リアルタイムの静的弾性イメージングシステムを提案して実施しており、このことは、ジュー (Y. Zhu) とハル (T. J. Hall) により「A modified block matching method for real-time freehand strain imaging (リアルタイムのフリーハンド歪みイメージングのための改良ブロックマッチング法)」という表題で、Ultrasonic Imaging (超音波イメージング)、24:161-176、2002年に報告されており、これを本願明細書の一部として援用する。また、椎名 (T. Shina)、山川 (M. Yamakawa)、新田 (N. Nitta)、植野 (E. Ueno)、松村 (T. Matsumura)、玉野 (S. Tamano)、および三竹 (T. Mitake) により「Clinical assessment of real-time, freehand elasticity imaging system based on the combined autocorrelation method (複合自己診断法に基づいた実時間のフリーハンド弾性イメージングシステムの臨床評価)」という表題で、2003年 IEEE Ultrasonics symposium (IEEE 超音波シンポジウム)、664-667ページにも報告されており、これも本願明細書の一部として援用する。また、ハル他に付与された米国特許第6,508,768 B1号('768特許)明細書には、リアルタイムの静的弾性イメージングの手順および実施方法が詳細に記載されている。ただし、'768特許、ジュー他の論文、および椎名他の論文に開示された実施方法は、前述の制約のすべてを完全に克服したものではない。

10

20

【0014】

具体的には、ジュー他による論文と椎名他による論文、および'768特許の開示内容のいずれにも、オペレータによって実現される圧縮の質についての定量的指標は提供されていない。また、オペレータは、アーティファクトおよび劣悪な SNR を含む可能性がある歪み像しか提供されない場合に圧縮の質を改善するための指導を受けていない。いくつかの欠点の1つは、歪み像内にアーティファクトが存在する可能性であり、このことは、質の低い圧縮と定量的に関連付けられていない。また、現在の実施方法は、圧縮の質とは無関係に、あるいは、圧縮が行われていない場合にも、連続的に歪み像を計算して表示するものである。したがって、イメージングシステムに課される計算負荷が極めて高い一方で、歪み像のうちの選択されたセットのみが、アーティファクトの影響を受けずに、画像化された組織の力学的特性を忠実に示す。更に、適用される圧縮率によっては、変動する(と共に、最適とは言えない)DRおよびSNRで、アーティファクトを含んだまま歪み像が表示される。

30

【0015】

リアルタイムの組織圧縮の定性的かつ定量的フィードバックをオペレータに提供できる、計算効率のよいアルゴリズムが求められている。

40

【0016】

また、最も有利な圧縮前後のフレームペアを自動的に選択することで、最適なダイナミックレンジと信号対雑音比を持つ弾性像を生成する、計算効率の高いアルゴリズムを求める要望もある。

【0017】

更に、達成された圧縮の質とは別に、圧縮の定性フィードバックを生成する、計算効率の高いアルゴリズムも求められている。

【0018】

更に加えて、組織伸張の軸方向変位と横方向変位の両方の測定と、分析と、視覚的表示

50

とを行う、計算効率の高いアルゴリズムも求められている。

【0019】

また、オフラインの分析のために、弾性像の生成に使用されたすべての情報を取り込んで保管する、計算効率の高いアルゴリズムも求められている。

【0020】

【特許文献1】米国特許第6,508,768 B1号明細書

【非特許文献1】Ultrasonic Imaging (超音波イメージング)、20:260-274、1998年「Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression (圧縮時の胸部および前立腺組織の弾性率)」クロウスコップ (T. A. Krouskop)、ウィーラー (T. M. Wheeler)、カレル (F. Kallel)、ガーラ (B. S. Garra)、およびハル (T. Hall)

【非特許文献2】Radiology (放射線医学)、202:79-86、1997年「Elastography of breast lesions; initial clinical results (胸部病変のエラストグラフィ: 初期臨床結果)」ガーラ (B. S. Garra)、セスペデス (I. Cespedes)、オフィル (J. Ophir)、スプラット (S. Spratt)、チュルビア (R. A. Zuurbier)、マグナント (C. M. Magnant)、およびペナネン (M. F. Pennanen)

【非特許文献3】Ultrasound in Med. & Biol.、24(3):409-425、1998年「Elastographic imaging of low-contrast elastic modulus distributions in tissue (組織内の低コントラスト弾性率分布のエラストグラフィックイメージング)」カレル (F. Kallel)、オフィル (J. Ophir)、マギー (K. Magee)、およびクロウスコップ (T. A. Krouskop)

【非特許文献4】Ultrasound in Med. & Biol.、28(4)、475-482、2002年「Myocardial elastography - a feasible study in vivo (心筋のエラストグラフィ - 生体内における実現可能な研究)」コノファゴウ (E. E. Knofagou)、ホッジ (J. D'Hooge)、およびオフィル (J. Ophir)

【非特許文献5】Ultrasonic Imaging (超音波イメージング)、24:161-176、2002年「A modified block matching method for real-time freehand strain imaging (リアルタイムのフリーハンド歪みイメージングのための改良ブロックマッチング法)」ジュー (Y. Zhu) とハル (T. J. Hall)

【非特許文献6】2003年IEEE Ultrasonics symposium (IEEE超音波シンポジウム)、664-667ページ「Clinical assessment of real-time, freehand elasticity imaging system based on the combined autocorrelation method (複合自己診断法に基づいた実時間のフリーハンド弾性イメージングシステムの臨床評価)」椎名 (T. Shiina)、山川 (M. Yamakawa)、新田 (N. Nitta)、植野 (E. Ueno)、松村 (T. Matsumura)、玉野 (S. Tamano)、および三竹 (T. Mitake)

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明の一側面によれば、生体組織の弾性イメージングを行うプロセスは、概して、少なくとも1つの基準に基づいて、圧縮前のフレームと圧縮後のフレームを含む少なくとも1組のフレームペアを自動的に選択することと、前記少なくとも1組のフレームペアを分析することと、弾性像を算出することと、前記弾性像を表示することと、を含む。前記自

10

20

30

40

50

動的に選択するステップは、概して、圧縮フィードバックアルゴリズムを利用することを
含む。前記少なくとも1つの基準は、概して、組織の変位量と、少なくとも1つの組織相
関結果と、を含む。前記自動的に選択するステップは、概して、弾性像を算出する前に、
弾性像の質を推定することを更に含む。また、前記自動的に選択するステップは、概して
、視覚的フィードバック、可聴式フィードバック、または前記視覚的フィードバックと前
記可聴式フィードバックの両方、のうちの少なくともいずれかをオペレータに提供するこ
とを更に含む。この提供するステップは、概して、視覚的フィードバックと可聴式フィ
ードバックのオペレータへの提供を、圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮動作、許容可
能な減圧動作、許容できない圧縮動作、許容できない減圧動作、満足できる圧縮動作、満
足できる減圧動作、不満足な圧縮動作、または不満足な減圧動作のうちのいずれか1つを達
成した時点で行うことを更に含む。また、このプロセスは、概して、弾性像の算出に使用
された複数のデータの質をオフラインで確認することも含む。この確認するステップは、
概して、少なくとも1つの定量データ、少なくとも1つの定性データ、または少なくとも
1つの定量データと少なくとも1つの定性データの両方、のうちの少なくともいずれかを
視覚的に表示し、かつ、可聴式に投射することを含む。また、前記確認するステップは、
概して、少なくとも1つの定量データ、少なくとも1つの定性データ、または少なくとも
1つの定量データと少なくとも1つの定性データの両方、のうちの少なくともいずれかを
視覚的に表示、または可聴式に投射することを含む。

10

【0022】

本発明の更に他の側面によれば、弾性イメージングを行うプロセスは、概して、画像に
ついての関心領域を設定することと、生体組織を変形して、組織変形を生成することと、
イメージングに関連したフレームレートで、少なくとも2つのRFフレームデータを取得
することと、前記少なくとも2つのRFフレームデータを圧縮フィードバックアルゴリ
ズムに組み込むことと、前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の少なくとも2つの
RFフレームデータについて、ブロックマッチングアルゴリズムを利用して、組織変形の
質の少なくとも1つの定量指標を決定することと、前記少なくとも2つのRFフレームデ
ータの少なくとも1つの定量指標を、前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の複
数の閾値のうちの少なくとも1つと比較することと、前記少なくとも2つのRFフレーム
データの少なくとも1つの定量指標を、前記複数の閾値のうちの少なくとも1つと比較し
たものを表示することと、前記比較に基づいて、許容可能な組織変形を推定することと、
推定された許容可能な組織変形は、満足できる組織変形をもたらす良好なものであるかど
うかを判定することと、前記生体組織の弾性像を表示することと、を含む。

20

30

【0023】

本発明の更に他の側面によれば、超音波システムは、概して、前記システムで読み出し
可能なコンピュータ読み出し可能記憶装置を含み、前記コンピュータ読み出し可能記憶装
置は、弾性イメージングを行う後述のステップを実行するために前記システムで実行でき
る一連の命令を含むプログラムを有形的に実現する。前記一連の命令は、概して、画像に
ついての関心領域を設定し、その後、生体組織の変形によって組織変形を生成する命令と
、イメージングに関連したフレームレートで、少なくとも2つのRFフレームデータを取
得する命令と、前記少なくとも2つのRFフレームデータを圧縮フィードバックアルゴリ
ズムに組み込む命令と、前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の少なくとも2つ
のRFフレームデータについて、ブロックマッチングアルゴリズムを利用して、組織変形
の質の少なくとも1つの定量指標を決定する命令と、前記少なくとも2つのRFフレーム
データの少なくとも1つの定量指標を、前記関心領域から得た少なくとも1ブロック内の
複数の閾値のうちの少なくとも1つと比較する命令と、前記少なくとも2つのRFフレー
ムデータの少なくとも1つの定量指標を前記複数の閾値のうちの少なくとも1つと比較し
たものを表示する命令と、前記比較に基づいて、許容可能な組織変形を推定する命令と、
推定された許容可能な組織変形は、満足できる組織変形をもたらす良好なものであるかど
うかを判定する命令と、前記生体組織の弾性像を表示する命令と、を含む。

40

【0024】

50

超音波システムは、前記システムで読み出し可能なコンピュータ読み出し可能記憶装置を含み、前記コンピュータ読み出し可能記憶装置は、弾性イメージングを行う後述のステップを実行するために前記システムで実行できる一連の命令を含むプログラムを有形的に実現する。前記一連の命令は、概して、少なくとも1つの基準に基づいて、圧縮前のフレームと圧縮後のフレームを含む少なくとも1組のフレームペアを自動的に選択する命令と、前記少なくとも1組のフレームペアを分析する命令と、弾性像を算出する命令と、前記弾性像を表示する命令と、を含む。前記自動的に選択する命令は、概して、圧縮フィードバックアルゴリズムを利用する命令を含む。前記少なくとも1つの基準は、概して、組織の変位量と、少なくとも1つの組織相関結果と、を含む。前記自動的に選択する命令は、概して、弾性像を算出する前に、弾性像の質を推定する命令を更に含む。また、前記自動的に選択する命令は、概して、視覚的フィードバック、可聴式フィードバック、前記視覚的フィードバックと前記可聴式フィードバックの両方、のうちの少なくともいずれかをオペレータに提供する命令を更に含む。この提供する命令は、概して、視覚的フィードバックと可聴式フィードバックのオペレータへの提供を、圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮動作、許容可能な減圧動作、許容できない圧縮動作、許容できない減圧動作、満足できる圧縮動作、満足できる減圧動作、不満足な圧縮動作、または不満足な減圧動作のうちのいずれか1つを達成した時点で行う命令を更に含む。また、この超音波システムは、概して、弾性像の算出に使用された複数のデータの質をオフラインで確認する命令も含む。この確認する命令は、概して、少なくとも1つの定量データ、少なくとも1つの定性データ、または少なくとも1つの定量データと少なくとも1つの定性データの両方、のうちの少なくともいずれかを視覚的に表示し、かつ、可聴式に投射する命令を含む。また、前記確認する命令は、概して、少なくとも1つの定量データ、少なくとも1つの定性データ、または少なくとも1つの定量データと少なくとも1つの定性データの両方、のうちの少なくともいずれかを視覚的に表示、または可聴式に投射する命令を含む。

10

20

【0025】

本発明の1つ以上の実施形態の詳細は、添付の図面と下記の説明とにおいて示される。本発明の他の特徴と、目的と、利点とは、下記の説明と図面、および請求項から明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

弾性イメージングシステムおよび同システムの利用方法は、医療診断用超音波イメージング装置を用いたフリーハンドの静的弾性イメージングに、組織圧縮分析アルゴリズムを採用するものである。圧縮フィードバックアルゴリズムの用例は、組織圧縮の質を提示すると共に、質についてのフィードバックをオペレータに提供する。圧縮フィードバックアルゴリズムは、圧縮前と圧縮後のフレームのペアを分析することで、弾性イメージングモジュールが弾性像を算出する前に、弾性像の質についての推定を提供する。このアルゴリズムは、最適なダイナミックレンジと信号対雑音比を持つ弾性像を生成するために最も有利な圧縮の前と後のフレームペアを自動的に選択する基準を含む。このアルゴリズムをリアルタイムで使用することで、オペレータの訓練が軽減され、弾性像内のアーティファクトの量が大幅に削減されると共に、計算負荷が抑制される。また、オペレータの訓練および弾性イメージング結果の背景をなすデータの質の確認は、その弾性像の生成に利用されたデータを、単独で、あるいは、定性データや定量データ等の一部またはすべてと組み合わせ視覚的に表示することによって評価されてよい。

30

40

【0027】

このアルゴリズムは、参照フレームとして受け取ったRFデータの第1フレームを最初に検討する。次に、このアルゴリズムは、ブロックマッチング法のステップを利用して、連続したRFデータフレームを比較できる。ブロックマッチング法のステップは、一般に、X個の行とY個の列を測定する配列を適用することを含み、ここで、XとYは両方とも奇数であってよいが、奇数に限定されるものではない。実行速度を速くするため、この比較は、限定数の探索ブロックを利用して実行されてよい。

50

【 0 0 2 8 】

好ましい実施形態において、ブロックマッチングアルゴリズムは、例えば、正規化相関技術と、非正規化相関技術と、好ましくは相関係数技術とを利用して実施されてよい。各ブロックで、探索ゾーンは、RFデータの後続フレームの小区画に規制され、これにより、実行速度を向上させる。この探索は、軸方向と横方向の両方向に実行されてよい。連続フレーム間で検出されたブロックの動きは、相関係数の最大包絡線を示すずれ (lag) に相当する変位によって特定できる。検出された変位は、1組のフレームペアから次の1組に累積される。

【 0 0 2 9 】

組織圧縮の質の定量指標は、参照フレームの包絡線と最新フレームの包絡線の相関によって、ブロック毎に特定できる。定量指標は、正規化相関技術を採用して、1組のフレームペアから次のフレームペアに予め累積された変位を用いて組織の動きを補正することによって得られる。表示と閾値との比較を行うため、ROI内で同一の深さに位置するブロックに対応する定量データは、当業者に周知の適切な技法で処理されて、検討された個別の深さ毎に表示されてよい。定量データは、ROIの最上位ラインと、中央ラインと、最下位ラインに相当する3つの深さについて表示されることが好ましい。

10

【 0 0 3 0 】

特定のRFフレームデータに対応する圧縮は、定量指標が特定の閾を超え、累積された横方向変位が所定の閾より小さく、更に、累積された軸方向変位が正であり、かつ、所定の閾より小さい場合に許容できるものであると認められる。したがって、正の軸方向変位は、減圧動作ではなく圧縮動作を示している。

20

【 0 0 3 1 】

推定された許容可能な組織の圧縮に関して、累積軸方向変位が、所定のイメージング閾より大きい場合は、最初に保存されたRF参照フレームと、特定のRFフレームと、が静的弾性イメージングモジュールに送られる。このモジュールは、RF参照フレームのBモード像と並行して歪み像を計算し、表示する。次に、前記特定のRFフレームは、参照フレームとして保存され、また、累積された軸方向と横方向の変位が再初期化されて、アルゴリズムが再始動する。ただし、累積された軸方向変位が、前述した所定のイメージング閾より大きくない場合は、圧縮フィードバックアルゴリズムが、組織圧縮は十分に大きくないと推定する。そして、次のRFフレームデータに対して前記アルゴリズムが繰り返されて、既に計算されている変位に新しい変位が蓄積される。

30

【 0 0 3 2 】

一方、推定された組織圧縮を許容できない場合、前述の特定のRFフレームは参考用として保存されると共に、累積された軸方向と横方向の変位が再初期化され、前記アルゴリズムは、歪み像の表示を行わずに、再始動する。定量指標、横方向閾、軸方向閾の選択は、Bモード像の生成パラメータと、静的弾性イメージングモジュールの設定とに基づいて行われる。

【 0 0 3 3 】

後で詳細に説明するように、許容可能な組織圧縮または許容可能な組織伸張は、許容軸方向閾値の範囲内に位置する点の集合として定量的に表示されてよい。組織圧縮動作は、正の軸方向圧縮値を表す点の集合を含んでよい。圧縮動作に関して、範囲は、一般に、許容可能な歪み像を生成可能な最小軸方向閾値またはイメージング許容閾値を表す下側閾境界と、許容可能な歪み像を生成可能な最大閾値または最大許容軸方向閾値を表す上側軸方向閾境界と、を含んでよい。これに対して、組織の伸張は、負の軸方向圧縮値を示す点の集合を含んでよい。減圧動作に関して、許容可能な歪み像を生成する範囲は、一般に、最大許容軸方向変位の絶対値を表す下側軸方向閾境界と、最小軸方向変位の絶対値またはイメージング許容閾値を表す上側軸方向閾境界と、を含んでよい。

40

【 0 0 3 4 】

許容可能な圧縮または許容可能な伸張を含む点の集合は、上記で例示したように、軸方向変位の全域について、あるいは横方向変位の全域について、それぞれ表示されてよい。

50

同様に、許容閾値の範囲も、軸方向変位の全域、あるいは横方向変位の全域で、それぞれ表示されてよい。このような定量表示は、正の圧縮値（圧縮動作）および負の伸張値（減圧動作）の両方に生成されてよい。例えば、図4から図8に、軸方向変位全域の正の圧縮値を利用した許容可能な圧縮と許容できない圧縮の両方の定量的表示を示した。

【0035】

本発明について、ここでは、リアルタイムのフリーハンド弾性イメージングに基づいて説明するが、本発明は、これに限定されるものではない。もっと正確に言えば、圧縮フィードバックアルゴリズムは、電動式加圧器具とオフラインのデータ処理とを利用する静的弾性イメージングシステムにおいて実施されてもよい。また、圧縮フィードバックアルゴリズムは、本明細書で考察する適切な変更を加えることで、動的弾性イメージングシステムにおいて実施されてもよい。

10

【0036】

図1～8を全般的に参照しながら説明する。フリーハンドリアルタイムの静的弾性内で、オペレータは、超音波診断システムから取得したBモード像に関心領域（region of interest）（以下、「ROI」と称する）を設定し、例えば、超音波トランスデューサプローブを利用して、検査対象の生体組織を周期的に加圧する。超音波システムは、リアルタイム、すなわち、イメージングに関連したフレームレートで、RFデータを取得して、そのデータを圧縮フィードバックアルゴリズムに送る。

【0037】

ここで、図1を参照しながら説明すると、本アルゴリズムは、静的フリーハンドリアルタイムの弾性イメージングシステム10に組み込まれてよい。弾性イメージングシステム10は、圧縮フィードバックアルゴリズム12に加え、前述した超音波診断システム14と、複合Bモード/歪み像生成表示装置16と、弾性イメージングモジュール18と、を含む。

20

【0038】

フリーハンドリアルタイムの静的弾性内で、オペレータは、超音波診断システム14から取得したBモード像内に関心領域（「ROI」）20を設定する。ROIは、画像の一部について設定して、RFデータを制限するようにしても、あるいは、画像全体に設定して、ROIが画像全体を構成するようにしてもよい。オペレータは、超音波トランスデューサプローブ22を使用して、ROI内にある検査対象の組織を变形し、例えば、圧縮させる、伸張させる、またはねじることができる。超音波システム14は、イメージング関連のフレームレート、すなわち、リアルタイムで、RFフレームデータ24を取得する。RFフレームデータ24は、一般に、連続した少なくとも2つのデータフレームからなる。RFフレームデータ24を取得した後、超音波システム14は、圧縮フィードバックアルゴリズム12にRFフレームデータ24を送る。

30

【0039】

診断用超音波システム14は、コンソール入力部（図示せず）と、送受信ハードウェア26と、ビーム形成モジュール28と、スキャンコンバータモジュール30と、を含んでよい。スキャンコンバータ30によって生成されたBモード像は、複合Bモード/歪み像生成表示装置16に送られる。ビーム形成モジュール28は、圧縮フィードバックアルゴリズム12に対して、連続モードでRFデータを提供する。圧縮の質および量に従って、圧縮フィードバックアルゴリズム12は、RFデータフレーム32の選択ペアを弾性イメージングモジュール18に送信することで、弾性像を起動する。受信した各RFフレームに関して、圧縮フィードバックアルゴリズム12は、複合Bモード/歪み像生成表示16に利用できる圧縮分析パラメータ34を合計する。

40

【0040】

弾性イメージングモジュール18は、変位推定アルゴリズム36と、歪み計算機モジュール38と、スキャンコンバータ40と、を含んでよい。変位推定モジュール36は、圧縮フィードバックアルゴリズム12から受け取った複数のRFデータフレーム32間の組織運動を評価する。歪み計算機モジュール38は、軸方向変位の空間導関数を計算する。

50

その計算結果は、弾性イメージングのスキャンコンバータモジュール 40 によって、歪み像 42 に変換される。最後に、歪み像 42 は、複合 B モード / 歪み像生成表示装置 16 に送られ、複合 B モード / 歪み像生成表示装置 16 は、対応する B モード像と共に、歪み像 42 を画面に表示する。

【0041】

一般に、圧縮フィードバックアルゴリズム 12 は、最適なダイナミックレンジと信号対雑音比を持つ弾性像を導出するために、最も有利な圧縮前後のフレームペアを選択する。組織の密度は変動するため、圧縮フィードバックアルゴリズム 12 は、組織密度のこのような変動を識別する追加のパラメータを含んでよい。

【0042】

次に、図 2 を参照すると、圧縮フィードバックアルゴリズム 12 がフローチャートに示されている。図に示すように、圧縮フィードバックアルゴリズム 12 は、特に限定するものではないが、複数のバッファを含んでよく、この複数のバッファは、それぞれ、主要機能を実行するのに必要なキーデータを保持する。表 1 に、バッファと、各バッファそれぞれの機能と、アルゴリズム 12 の実行における他のバッファとの関係と、を大まかに示した。

【0043】

【表 1】

バッファ名	バッファの説明
RF 現行フレーム	現在の RF フレームデータが格納されるバッファ。このバッファは、アルゴリズムが再始動する毎に、毎回、圧縮の質とは無関係に新しいデータを受け取る。
RF 先行フレーム	RF 現行フレームバッファのデータより 1 ステップ手前で取得した RF フレームデータを含むバッファ。このバッファは、アルゴリズムが再始動する毎に、毎回、圧縮の質とは無関係に新しいデータを受け取る。
RF 参照フレーム	参照 RF フレームデータを含むバッファ。このバッファは、アルゴリズムが最初に実行された時、圧縮が不満足であると見なされた場合、または弾性イメージングアルゴリズムの実行後に、新しいデータを受け取る。
参照軸方向変位バッファ	RF 現行フレームバッファと RF 参照フレームバッファのデータ間で検出されて蓄積された軸方向の組織変位を格納するバッファ。
参照横方向変位バッファ	RF 現行フレームバッファと RF 参照フレームバッファのデータ間で検出されて蓄積された横方向の組織変位を格納するバッファ。
圧縮得点バッファ	RF 現行フレームバッファからのデータの包絡線と、RF 参照フレームバッファからのデータの包絡線の間の圧縮の定量得点を格納するバッファ。

【0044】

図 2 に示すフローチャートの開始ポイント 100 は、新規 RF データフレーム 24 の取得を表し、取得したフレームは、ステップ 110 において、RF 現行フレームバッファに保存される。表 1 に示すように、RF 現行フレームバッファは、現時点または最も近い時点で取得した RF フレームデータ 24 を格納でき、好ましくは、取得した現行 RF フレームデータ 24 を常時保持する。RF 現行フレームバッファは、圧縮フィードバックアルゴリズム 12 が再始動するたびに、毎回、圧縮の質とは無関係に、新しいデータを受け取る。

【0045】

10

20

30

40

50

次に、ステップ120において、RF参照フレームバッファが空である場合は、ステップ130において、RF現行フレームバッファのデータがRF参照フレームバッファにコピーされ、アルゴリズム12は、ステップ140とステップ150において、そのバッファを初期化し、ステップ100と110において、新規RFフレームデータ24の取得から処理を再開する。したがって、参照フレームの存在は保証されており、アルゴリズム12は、参照フレームとして受け取ったRFデータの第1フレームを使用して初期化される。参照軸方向変位バッファと参照横方向変位バッファは、RF参照フレームバッファが空である場合にゼロに初期化され、表1に示したように、累積軸方向変位と累積横方向変位をそれぞれ格納する。これらのバッファは、RF現行フレームバッファとRF参照フレームバッファのデータ間に検出された変位に対応する。また、RF先行フレームバッファも、このプロセスの実行中に、RF現行フレームバッファのデータを用いて初期化されてよい。RF先行フレームバッファは、1ステップ前に取得したRFフレームデータ24を含んでよく、このデータを常時保持することが好ましい(表1を参照)。RF現行フレームバッファと同様に、RF先行フレームバッファは、アルゴリズム12が再始動するごとに、毎回、圧縮の質とは無関係に、新しいデータを受け取る。

10

20

30

40

50

【0046】

圧縮フィードバックアルゴリズム12が再始動した時に、RF参照フレームバッファは空でないと判定された場合、連続したデータフレームは、ブロックマッチングアルゴリズムを利用して比較されてよい(図2を参照)。この比較は、RF先行フレームバッファとRF現行フレームバッファのデータセット間で実行され、また、限定数の探索ブロックのみを利用して実行できる。例えば、ブロックマッチング配列は、3×3列、3×5列、5×3列、5×5列、3×7列、7×3列、7×5列、および7×7列等の9個、15個、21個、25個、35個、および49個等の探索ブロックで構成されてよい。ブロックマッチング法のステップは、好ましくは、配列の中央の探索ブロックがROIの中心と重畳するように、ROIの中心部に配置された3×3の配列を用いて実行される。

【0047】

好ましい実施形態において、ブロックマッチングアルゴリズムは、当業者に知られているように、非正規化相関技術または正規化相関技術、例えば、相関係数技術を使用して実施できる。各ブロックで、探索ゾーンは、実行速度を速くするために、RFデータの連続フレーム内の小区画に限定されてよい。探索は、ステップ160において、ROIから得た削減された数の点に関して、軸方向と横方向の両方に実行されてよい。探索ゾーンは、好ましくは、RFデータの連続したフレーム間、例えば、RF現行フレームバッファとRF先行フレームバッファ間に生じる軸方向変位と横方向変位の両方の範囲を包含する十分な大きさを持つ。参照RFフレームと現行RFフレームの間ではなく、連続したRFデータフレーム間で探索を実行することにより、探索ゾーンを大幅に縮小できるため、アルゴリズムの演算速度を向上させることができる。また、隣接するRFデータフレーム間の非相関性は、参照RFフレームと現行RFフレーム間の場合よりもはるかに低い。連続したフレーム間で検出されたブロックの動きは、当業者に知られているように、相関係数の最大包絡線を示す、ずれに対応した変位によって規定される。相関係数の包絡線は、探索ゾーンからすべての探索位置について取得された相関係数結果の包絡関数を表している。包絡線を計算することにより、正の値のみが保証されると共に、相関係数結果内の変動が排除される。特定された変位は、1組のRFデータフレームペアから次のペアに累積される。具体的には、軸方向変位についての参照軸方向変位バッファと、横方向変位についての参照横方向変位バッファとが、ステップ170で更新される。次に、参照軸方向変位バッファおよび参照横方向変位バッファで更新された値は、ステップ180において、複合Bモード/歪み像生成表示モジュール16に送られてよい。

【0048】

次に、図3を参照して説明する。図3には、弾性イメージングシステム10の複合Bモード/歪み像生成表示16の好ましい実施形態が示されている。参照軸方向変位バッファと参照横方向変位バッファの位置は、RF参照フレームバッファに含まれているRFフレ

ームデータ24から生成されたBモード像54の上に重ね合わせることができる。これに代わる構成として、スキャンコンバータ30によって生成された走査および変換されたBモード像を利用することもできる。選択された圧縮前の弾性イメージングROI20は、透過的かつ略長方形の形状としてBモード像54に重畳されてよい。探索が実行された点は、参照軸方向変位バッファと参照横方向変位バッファにそれぞれ含まれている軸方向シフトと横方向シフトに対応する座標に表示される。限定するものではなく、一例として示すと、これらの点は、12本のラインにより、水平軸および垂直軸に沿って連結されてよく、この連結したものは、変位した圧縮後の弾性イメージングROI56を表している。図3に示した像は、変位したROI20の絶対座標と、どのような大きさの圧縮がどの方向に発生したのかを示す視覚的指標と、を提供する。ただし、ROI56の軸方向変位と横方向変位は、変位したROI20のサイズより大幅に小さい可能性があり、そのために、オペレータにとって明白でないかもしれない。これは、参照軸方向変位バッファおよび参照横方向変位バッファも、複合Bモード/歪み像生成表示モジュール16上に単独で表示できることに起因する。

10

20

30

40

50

【0049】

ここで、図4を参照して説明する。図4は、参照軸方向変位バッファの好ましい表示を示している。横軸は深さを表し、「深さA」、「深さB」、および「深さC」は、図3の垂直軸上にマークした深さに対応する。図4において、方位角方向は折り畳まれているため、同一深さに位置する点は、互いに隣り合うように表示される。また、この線図には、参照軸方向変位バッファに対する最大許容軸方向閾60と、最小イメージング許容閾62とが示されている。これについては、後で詳しく説明する。

【0050】

当業者であれば理解されるように、図4の参照軸方向変位バッファの表示と同様に、参照横方向変位バッファも、方位角方向を折り畳んで表示できる。他の例として、図5に、ROIの他の定量表現を示す。図5は、9つの正方形を含む図であり、この9つの正方形は、音響軸上の異なる深さ、例えば、深さA、深さB、および深さCについての弾性イメージングROI参照点に対応する。図5に示されている、累積横方向変位の絶対値は、変位なしを表す黒色から最大許容横方向変位を表す白色までグレイコード化される。

【0051】

組織圧縮の質についての定量指標は、圧縮得点バッファに保存され(表1を参照)、また、参照フレームの包絡線と最新フレームの包絡線の相関によってブロック毎に指定されてよい。この定量指標は、正規化相関技術を採用して、1組のフレームペアから次のフレームペアに予め累積された変位で組織の動きを補正することによって取得できる。表示および閾値との比較のために、ROI内で同一深さに位置するブロックに対応する定量データは、当業者に既知の適切な方法で処理されて、検討された個別の深さ毎に表示されてよい。定量データは、ROIの最上位ラインと、中央ラインと、最下位ラインに該当する3つの深さについて表示されると好ましい。

【0052】

図3と図6の両方を参照しながら説明する。好ましい実施形態において、定量データは、ROIの最上位ライン(「深さA」と、中央ライン(「深さB」と、最下位ライン(「深さC」)に相当する3つの深さについて表示できる。図3と図6に表示された情報は、新しいRFデータフレーム24が取得され、圧縮フィードバックアルゴリズム12で利用できるようになった時に、リアルタイムで更新される。ここで、特に図6を参照して説明すると、圧縮得点の下側閾境界は、各種の組織構造をより適切に吸収するように、各深さ位置(すなわち軸方向の位置)と横方向の位置に異なる値を受け入れてよい。また、図6に示すように、各深さA、B、Cの少なくとも1つの閾64、66、68、または軸方向位置が表示されてもよい。深さA70と、深さB72と、深さC74における個別の探索ブロックそれぞれについての圧縮得点の個別値は、図6に示すように、表示16に提示されてよい。したがって、表示された情報は、組織圧縮の質および量についてのリアルタイムのフィードバックをオペレータに提供することに加え、表示された情報により、最

も有利な圧縮前後のフレームのペアの自動選択が可能になる。フレームペアの自動選択により、歪み像生成の計算に、選択されたフレームのみが利用されるため、計算負荷が低減する。リアルタイムの表示と自動選択によって、オペレータの訓練が軽減されると共に、歪み像生成の計算負荷が抑制される。

【 0 0 5 3 】

図 2 に戻って説明する。リアルタイム組織圧縮の質に関して、定量データに基づいて行われた最初の自動判定は、ステップ 2 1 0 において、圧縮得点バッファの記録を用いて計算されてよい（表 1 を参照）。具体的には、ステップ 2 1 0 において、未修正の状態、または当業者に既知の適切な処理が加えられた後の任意の深さにおける圧縮得点が、所定の深さに対する圧縮得点の最低許容閾設定よりも低い場合、その圧縮は許容できないと判定でき、圧縮フィードバックアルゴリズム 1 2 は、前記バッファを再初期化し、ステップ 1 3 0 , 1 4 0 , 1 5 0、および 1 0 0 において新規 R F フレームデータ 2 4 を取得するところから再始動できる。所定の深さについての圧縮得点の最低許容閾値は、圧縮に基づく 1 つ以上のアーティファクトを歪み像から排除できる程度に十分に大きい一方で、生成された歪み像の許容可能な流動を保証できる程度に十分に小さいものであってよい。

10

【 0 0 5 4 】

定量データに基づいた 2 回目の自動判定では、参照横方向変位バッファを利用する。ステップ 2 2 0 において、探索を実行するいずれか点の横方向変位の絶対値が、所定の最大許容横方向閾よりも大きい場合、その圧縮は許容できないと判定でき、圧縮フィードバックアルゴリズム 1 2 は、バッファを再初期化し、ステップ 1 3 0 , 1 4 0 , 1 5 0、および 1 0 0 において新規 R F フレームデータ 2 4 を取得するところから再始動できる。最大許容横方向閾値は、圧縮に基づくアーティファクトを歪み像から排除できる程度に十分に小さい一方で、生成された歪み像の許容可能な流動を保証できる程度に十分に大きくなければならない。

20

【 0 0 5 5 】

ステップ 2 3 0 での定量データにも基づいた 3 回目の自動判定では、参照軸方向変位バッファを利用する。探索を実行するいずれかの点の軸方向変位の値が、所定の最大許容軸方向閾より大きいか、または負である場合、その圧縮は許容できないと判定でき、前記アルゴリズムは、バッファを再初期化し、新規 R F フレームデータ 2 4 の取得から再始動できる。正の軸方向変位のみが、減圧動作ではなく圧縮動作を示すものとして受け入れられる。これに代わる構成として、負の軸方向変位を受け入れて、圧縮動作ではなく、減圧動作を示すようにしてもよい。このような代替実施形態を採用することで、オペレータの教育および組織のより完全な弾性イメージング分析の生成の少なくともいずれかを行える。ここで、歪み像は、伸張時に生成されてもよく、この生成は、負のイメージング許容閾および負の最大許容軸方向閾と突き合わせて減圧動作を同様に測定することによって実現できる。

30

【 0 0 5 6 】

次に、図 7 を参照して説明する。図 7 に示した例では、探索を実行する点のうちの 1 つの軸方向変位の値が、所定の最大許容軸方向閾 7 6、例えば、深さ B より大きい場合に、推定された組織圧縮は許容できないと判定される。同様に、図 8 に示した他の例では、探索を実行する点の軸方向変位のいくつかが負の値である場合、推定された組織圧縮は許容できないと判定される。

40

【 0 0 5 7 】

もう一度、図 2 に戻って説明する。ステップ 2 4 0 での定量データに基づく 4 回目の自動判定でも、参照軸方向変位バッファを利用できる。探索を実行する点のいずれかの軸方向変位の値が、所定のイメージング許容閾 8 0 より小さい場合、推定された圧縮の質は、許容できるものではあるが、図 9 に示されるように、良好な質の歪み像を生成できる十分な大きさはないと判定される。この場合、圧縮フィードバックアルゴリズムは、バッファを再初期化せずに、新規 R F フレームデータ 2 4 の取得から再始動できる。

【 0 0 5 8 】

50

図2に更に示すように、ステップ250とステップ260において、探索を実行するすべての点の軸方向変位が、所定のイメージング許容閾と所定の最大許容軸方向閾の間に入る場合は、満足できる組織圧縮が推定されると共に、歪み像が算出されて、複合Bモード/歪み像生成表示装置16に、図4に示したように表示されてよい。歪み像の生成表示後に、圧縮フィードバックアルゴリズム12は、バッファを再初期化して、新規RFフレームデータ24の取得から再始動する。

【0059】

特に注記すると、深さ、例えば、深さAと、深さBと、深さCに対する前述の閾の位置から、弾性イメージングが実行される組織の歪みの範囲を設定できる。弾性SNRは、通常、歪み領域内で帯域フィルタ動作を提示する。このことは、ヴァルゲース(T. Varghese)とオフィル(J. Ophir)による「A theoretical framework for performance characterization of elastography: the strain filter (エラストグラフィのパフォーマンス特徴化についての理論的枠組: 歪みフィルタ)」という表題のIEEE Transactions on UFFC, 44(1): 164-172, 1997年と、シュリーニヴァサン(S. Srinivasan)、リゲッティ(R. Righetti)と、オフィルにより「Trade-offs between the axial resolution and the signal-to-noise ratio in elastography (エラストグラフィにおける軸方向解像度と信号対雑音比の背反性)」、Ultrasound in Med. & Biol, 29(6): 847-966, 2003年に説明されており、これらを本願明細書の一部として援用する。したがって、組織歪み範囲の適正な選択により、妥当な信号対雑音比(SNR)と、そのSNRに随伴した最適な弾性率ダイナミックレンジ(DR)と、が保証される。

10

20

【0060】

歪みイメージングDRは、歪みフィルタの通過帯域の開始位置近傍に、所定のイメージング許容閾を適切に設定すると共に、歪みフィルタの通過帯域の終了位置近傍に、所定の最大許容軸方向閾を設定することによって最適化できる。歪み像の選択と、弾性イメージングシステムのディスプレイに表示される弾性像は、弾性SNRと最適な弾性DRとに対応して最適化される。圧縮フィードバックアルゴリズム12は、フィルタとして機能でき、弾性イメージングシステムを利用して、ディスプレイに対応した歪み像の決定と選択を行える。このような歪み像は、オペレータによって取得される結果の質を向上させるのみならず、オペレータの訓練も強化できる。

30

【0061】

前述したように、オペレータの訓練と、弾性像生成結果の背景をなすデータの質の確認は、弾性イメージングシステムによって提供されるフィードバックに基づいて評価されてよい。オペレータの訓練は、本明細書で説明および考察した、1つ以上の異なる方法を用いて実現できるが、それらの方法に限定されるものではない。

【0062】

例えば、弾性イメージングモジュールによる、許容可能な弾性像の生成が完了した時点で、オペレータは、その弾性像の生成で実行した圧縮と減圧の少なくともいずれかの質に関するフィードバックを受け取ることができる。統計データ、定性データ、および定量データ等は、例えば、履歴データに記録でき、オペレータがそのデータ呼び出して、圧縮または伸張の質を判断し、オペレータへのフィードバックを取得することで、オペレータの圧縮技術と伸張技術の少なくともいずれかを改善できる。特に、統計データ、定量データ、定性データ等、弾性像の生成に利用された履歴データまたは記録データと、弾性像の構成に使用された各参照データフレームとは、すべて、統計的、定量的、定性的等の性質を持つ図、例えば、当業者に周知の表、線図、グラフ等に、弾性像と共に、あるいは、弾性像とは別に表示されてよい。限定するものではなく、一例として示すと、このような図は、図6~9のグラフおよび線図を含んでよく、これらのグラフおよび線図は、それぞれ

40

50

単独で、あるいは、互いに組み合わせられ、かつ/または、結果的に得られた弾性像や関連する参照データフレームと組み合わせられて、オペレータ用、指導教官用等として表示装置上に配置されてよい。

【0063】

オペレータと指導教官の両方またはそのいずれかは、1つ以上の図を利用したフィードバックを受け取ってもよい。例えば、これらの図は、圧縮動作と減圧動作の少なくともいずれかのカラー画像と、グレイスケール画像の両方またはいずれかを含んでよい。オペレータは、圧縮動作の最中に生じる特定の色の变化、あるいは1つ以上の色の变化を見ることで、圧縮動作と減圧動作の少なくともいずれかの質を判断でき、例えば、グレイスケール画像またはカラー画像内において暗い領域からより明るい領域へと明度が高くなることや、グレイスケールからカラーへの色変化等から判断できる。このようなカラー画像と色変化の少なくともいずれかを示す図も、例えば、履歴データに記録でき、弾性像の生成中と生成後の少なくともいずれかの時点で呼び出すことができる。

10

【0064】

図を用いた記録データまたは履歴データの表示に加え、オペレータへのフィードバックを提供するために、可聴式ノイズも採用でき、この可聴式ノイズも記録されてよい。音声の記録再生装置は、弾性イメージングシステム10内に組み込まれても、あるいは、スタンドアロンに構成されてもよい。また、この記録再生装置は、弾性イメージングの実行中に生成される可聴式ノイズを取り込むことができる。ノイズは、圧縮動作、減圧動作、許容可能な圧縮/減圧動作、不満足な圧縮/減圧動作等に解釈されてよい。このようなノイズは、1つ以上の音の高さと、倍音と、音量と、リズムと、ビートと、これらの少なくとも1つを含む組み合わせ等を利用して情報を伝達できる。オペレータは、生体組織を圧縮および伸張させながら、このようなノイズを聞いて、動作が許容可能な圧縮/伸張範囲内に入るかどうかを把握することができる。同様に、指導教官も、記録されたノイズパターンを呼び出して聴き、オペレータによって実行された圧縮/伸張の質を判定できる。その結果、オペレータは、本明細書で考察した弾性イメージングシステムを用いて行った自身による試験的実行の音声記録を聞くことで、自身の能力を改善する方法を継続的に学習できる。

20

【0065】

本発明は、ここに記載および提示した例に限定されるものではなく、これらの例は、本発明を実施する最適な様式の例示にすぎないこと、また、処理の各部および細部の形式、大きさ、構成を修正できることは理解されるであろう。更に云えば、本発明は、請求項に定義された精神および範囲内に、このような修正を包含するものとしてなされたものである。

30

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】診断用超音波システムを利用するリアルタイムのフリーハンド静的弾性イメージングシステムに、本発明の圧縮フィードバックアルゴリズムを組み込んだものを示すブロック図である。

【図2】圧縮フィードバックアルゴリズムの主な構成要素と機能とを示すフローチャートである。

40

【図2-1】圧縮フィードバックアルゴリズムの主な構成要素と機能とを示すフローチャートである。

【図3】RF参照フレームバッファのBモード像表示、弾性イメージングの圧縮前の関心領域、および圧縮後の関心領域を示す図である。

【図4】音響軸に沿った各種の深さに対応する、弾性イメージング関心領域参照点の累積軸方向変位を示すグラフである。

【図5】音響軸に沿った各種の深さに対応する、弾性イメージング関心領域参照点の累積横方向変位を示す色分け図である。

【図6】異なる深さについて、組織圧縮の質の平均定量指標を示す線図である。

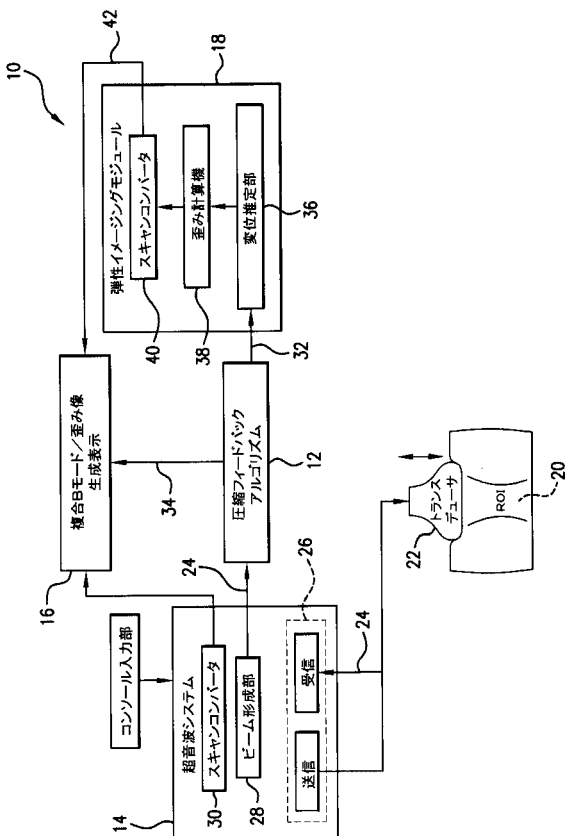
50

【図7】弾性イメージング参照点の1つの軸方向変位が所定の最大許容軸方向閾より大きい場合の許容できない圧縮を示すグラフである。

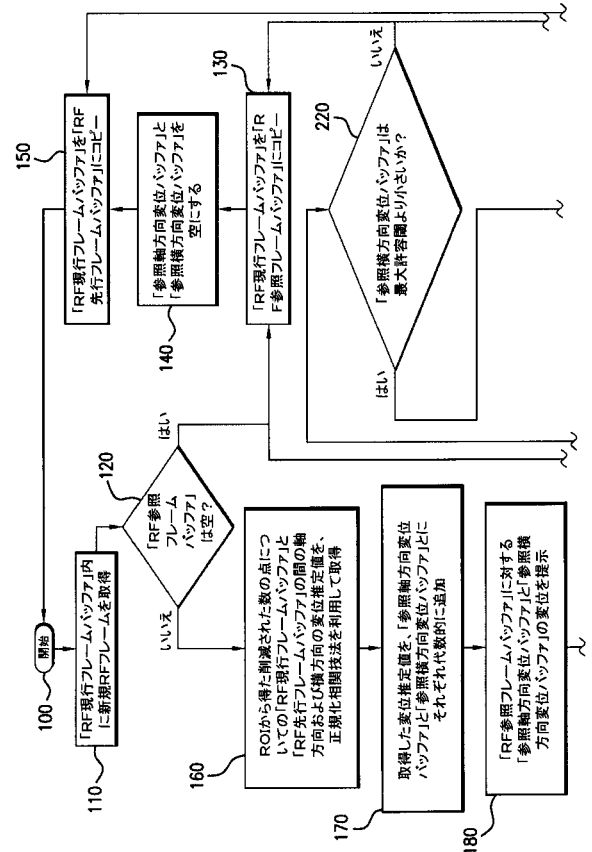
【図8】弾性イメージング参照点のうちいくつかの点の軸方向変位が負の値を持つ場合の許容できない圧縮を示すグラフである。

【図9】イメージング許容閾より軸方向変位が小さいために、質の高い歪み像は生成できないが、依然として許容可能な圧縮を示すグラフである。

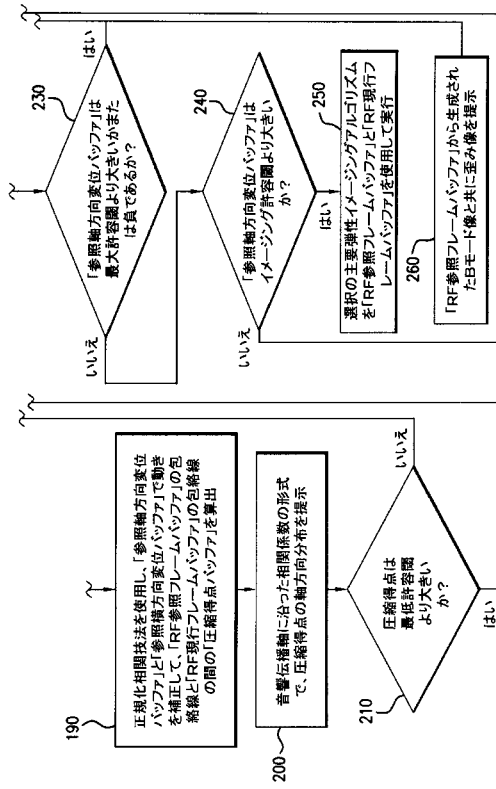
【図1】



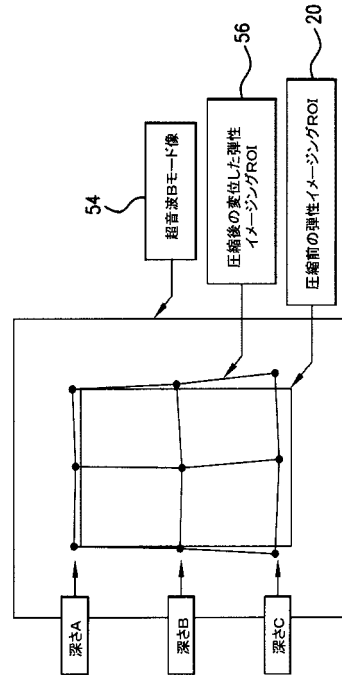
【図2】



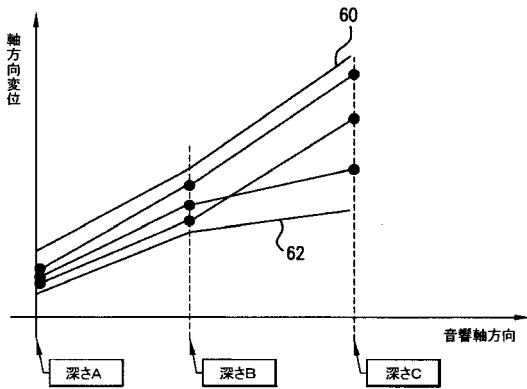
【 図 2 - 1 】



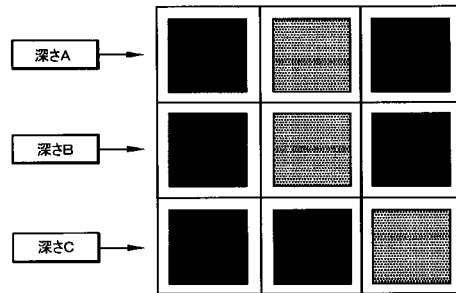
【 図 3 】



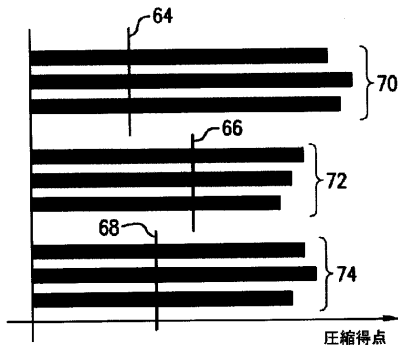
【 図 4 】



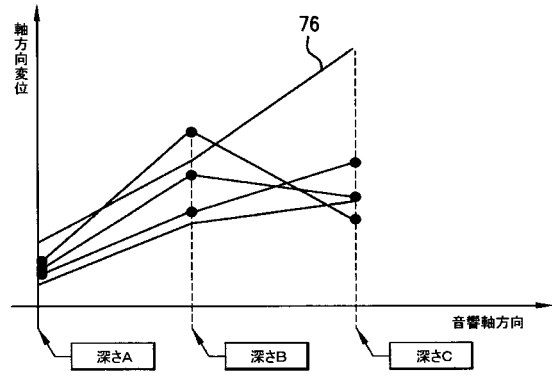
【 図 5 】



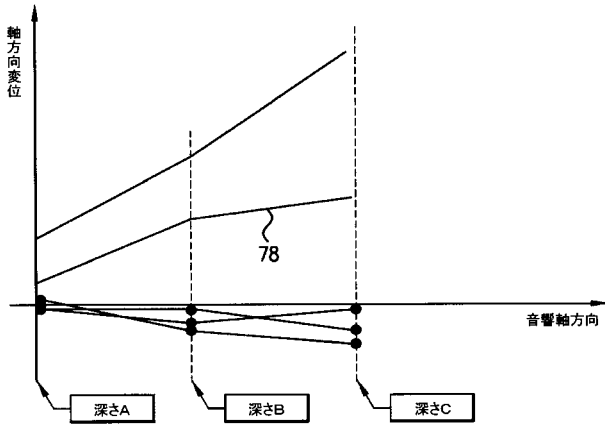
【 図 6 】



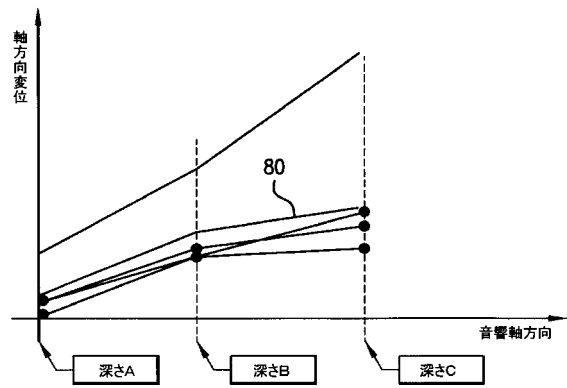
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 06/10617

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8): A61B 8/00 (2007.01) USPC: 600/443; 600/438 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8): A61B 8/00 (2007.01) USPC: 600/443; 600/438 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC: 600/437-438, 600/440, 600/443, 600/447, 128/916, 73/573-575, 73/579, 73/596, 73/645 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWest Search Terms: elasticity, elastography, elastogram, compression, imaging, algorithm, rf, buffer, correlation, coefficient, block, matching		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6,277,074 B1 (CHATURVEDI et al) 21 August 2001 (21.08.2001), Col.1, ln 28-51, Col.8, ln 20-28, ln 37-43	1-9, 110-118
X — Y	US 6,508,768 B1 (HALL et al) 21 January 2003 (21.01.2003) Col.3, ln 5-10, 21-29, Col.11, ln 40-67, Col.12, ln 1-36, Col.13, ln 1-19, Col.17, ln 7-18	10-17, 23-41, 43, 44, 50-67, 73-91, 93, 94, 100-109 18-22, 42, 45-49, 68-72, 92, 95-99
Y	US 2004/0039284 A1 (ALAM et al) 26 February 2004 (26.02.2004) para [0029]	18-22, 68-72
Y	US 2004/0015079 A1 (BERGER et al) 22 January 2004 (22.01.2004) para [0130], [0383]	42, 45-49, 92, 95-99
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 5 July 2007 (05.07.2007)		Date of mailing of the international search report 13 SEP 2007
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

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

专利名称(译)	用于弹性成像的方法和设备		
公开(公告)号	JP2009513236A	公开(公告)日	2009-04-02
申请号	JP2008537682	申请日	2006-03-22
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
[标]发明人	ラドウスクエミルジー		
发明人	ラドウスク エミル ジー		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/14 A61B5/0051 A61B5/0053 A61B8/08 A61B8/485 G01S7/52026 G01S7/52034 G01S7/52042 G01S7/5206		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/DD19 4C601/DD23 4C601/EE04 4C601/EE10 4C601/JB40 4C601/JB41 4C601/JB50 4C601/JC16 4C601/JC23 4C601/JC37 4C601/KK02 4C601/LL38		
代理人(译)	吉田健治 石田 纯		
优先权	60/730709 2005-10-26 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

高算法计算高效的用于分析压缩徒手静态弹性成像是使用超声成像设备进行诊断，以提供关于质量和组织压缩的量提供给操作者的反馈来执行。该算法包括用于前和提供弹性图像具有最佳动态范围 (DR) 和信噪比 (SNR) 压缩帧对后自动选择最有利的条件。使用这种算法实时地，操作员培训降低，此外，弹性图像中的伪像的量极大地减少，计算负荷可被抑制。

