

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5692079号
(P5692079)

(45) 発行日 平成27年4月1日 (2015.4.1)

(24) 登録日 平成27年2月13日 (2015.2.13)

(51) Int. Cl.	F 1
A 6 1 B 8/08 (2006.01)	A 6 1 B 8/08
A 6 1 B 8/14 (2006.01)	A 6 1 B 8/14

請求項の数 11 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2011-533902 (P2011-533902)	(73) 特許権者	000001270
(86) (22) 出願日	平成23年1月19日 (2011.1.19)		コニカミノルタ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/000259		東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(87) 国際公開番号	W02011/089898	(74) 代理人	110001900
(87) 国際公開日	平成23年7月28日 (2011.7.28)		特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
審査請求日	平成25年9月30日 (2013.9.30)		
(31) 優先権主張番号	特願2010-10336 (P2010-10336)	(74) 代理人	100090446
(32) 優先日	平成22年1月20日 (2010.1.20)		弁理士 中島 司朗
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	アン チュアン トラン
			シンガポール534415シンガポール、 タイ・セン・アベニュー、ブロック102 2、06-3530番、タイ・セン・イン ダストリアル・エステイト、パナソニック ・シンガポール研究所株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変位推定方法、変位推定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波信号を用いて、変位を複数のラウンドによって反復的に推定する変位推定方法であって、

少なくとも1つの超音波信号を走査して、媒体に送信するステップと、
走査された前記媒体から反射した前記超音波信号を受信するステップと、
ウインドウサイズを計算するステップと、
計算された前記ウインドウサイズに基づいて、ウインドウの境界を計算するステップと

、
計算された前記境界による前記ウインドウを用いて、前記超音波信号の複数の深度の各

深度における変位を推定するステップと、
推定された前記変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングするステップと、
ワーピングされた前記超音波信号を用いて、前記超音波信号の相関値が大きくなるよう

に、この変位推定方法の収束を導くステップとを含み、
前記ウインドウサイズを計算するステップでは、前記ウインドウサイズは、連続する前記複数のラウンドにおいて前記ウインドウサイズの上限と下限とのそれぞれが徐々に減少するように計算され、前記各深度における信号電力に基づいて前記各深度におけるウインドウサイズとして前記各深度における上限と下限との間のウインドウサイズが計算される変位推定方法。

【請求項 2】

10

20

超音波信号を用いて、変位を複数のラウンドによって反復的に推定する変位推定方法であって、

少なくとも1つの超音波信号を走査して、媒体に送信するステップと、

走査された前記媒体から反射した前記超音波信号を受信するステップと、

ウインドウサイズを計算するステップと、

計算された前記ウインドウサイズに基づいて、ウインドウの境界を計算するステップと

、
計算された前記境界による前記ウインドウを用いて、前記超音波信号の複数の深度の各深度における変位を推定するステップと、

推定された前記変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングするステップと、

ワーピングされた前記超音波信号を用いて、前記超音波信号の相関値が大きくなるように、この変位推定方法の収束を導くステップとを含み、

前記ウインドウサイズを計算するステップでは、前記ウインドウサイズは、一つの前記ラウンドにおいて全てのウインドウにおける信号エネルギーが等しくなるように計算される

変位推定方法。

【請求項3】

計算される前記ウインドウサイズは、連続する複数のラウンドに用いられる前記ウインドウサイズが、徐々に減少するように、変化される

請求項1または2に記載の変位推定方法。

【請求項4】

超音波信号を用いて、変位を複数のラウンドによって反復的に推定する変位推定方法であって、

少なくとも1つの超音波信号を走査して、媒体に送信するステップと、

走査された前記媒体から反射した前記超音波信号を受信するステップと、

ウインドウサイズを計算するステップと、

計算された前記ウインドウサイズに基づいて、ウインドウの境界を計算するステップと

、
計算された前記境界による前記ウインドウを用いて、前記超音波信号の複数の深度の各深度における変位を推定するステップと、

推定された前記変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングするステップと、

ワーピングされた前記超音波信号を用いて、前記超音波信号の相関値が大きくなるように、この変位推定方法の収束を導くステップとを含み、

前記ウインドウサイズを計算するステップでは、前記ウインドウサイズは、前記超音波信号の相関値が大きくなるほど、より小さいサイズとなるように計算される

変位推定方法。

【請求項5】

前記境界は、当該境界による前記ウインドウが、対応する深度を中心に、対称のウインドウになるように、当該深度の両側に延びる

請求項1～4のいずれか一つに記載の変位推定方法。

【請求項6】

前記境界は、対応する深度での、当該境界による前記ウインドウの両側における信号エネルギーが互いに等しくなるように、対応する前記深度の両側に延びる

請求項1～4のいずれか一つに記載の変位推定方法。

【請求項7】

前記超音波信号を、計算された遅延値により、前記超音波信号内の各サンプルを遅延させることにより、ワーピングするステップを含む

請求項1～6のいずれか一つに記載の変位推定方法。

【請求項8】

各前記ラウンドの後に、ワーピングされたRF信号間の信号差分を計算するステップと

10

20

30

40

50

、
計算された前記信号差分が最小になるラウンドを決定するステップとを含む
請求項 1 ~ 7 のいずれか一つに記載の変位推定方法。

【請求項 9】

超音波信号を用いて、変位を複数のラウンドによって反復的に推定する変位推定装置であって、

少なくとも 1 つの超音波信号を走査して、媒体に送信する送信部と、
走査された前記媒体から反射した前記超音波信号を受信する受信部と、
ウインドウサイズを計算するサイズ計算部と、

計算された前記ウインドウサイズに基づいて、ウインドウの境界を計算する境界計算部と、

計算された前記境界による前記ウインドウを用いて、前記超音波信号の複数の深度の各深度における変位を推定する推定部と、

推定された前記変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングするワーピング部と、
ワーピングされた前記超音波信号を用いて、前記超音波信号の相関値が大きくなるように、当該変位推定装置が実行する変位推定方法の収束を導く収束制御部とを含み、

前記サイズ計算部は、連続する前記複数のラウンドにおいて前記ウインドウサイズの上
限と下限とのそれぞれが徐々に減少するように前記ウインドウサイズを計算し、前記各深
度における信号電力に基づいて前記各深度におけるウインドウサイズとして前記各深度に
おける上限と下限との間のウインドウサイズを計算する

変位推定装置。

【請求項 10】

超音波信号を用いて、変位を複数のラウンドによって反復的に推定する変位推定装置であって、

少なくとも 1 つの超音波信号を走査して、媒体に送信する送信部と、
走査された前記媒体から反射した前記超音波信号を受信する受信部と、
ウインドウサイズを計算するサイズ計算部と、

計算された前記ウインドウサイズに基づいて、ウインドウの境界を計算する境界計算部と、

計算された前記境界による前記ウインドウを用いて、前記超音波信号の複数の深度の各
深度における変位を推定する推定部と、

推定された前記変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングするワーピング部と、
ワーピングされた前記超音波信号を用いて、前記超音波信号の相関値が大きくなるよう
に、当該変位推定装置が実行する変位推定方法の収束を導く収束制御部とを含み、

前記サイズ計算部は、一つの前記ラウンドにおいて全てのウインドウにおける信号エネ
ルギーが等しくなるように前記ウインドウサイズを計算する

変位推定装置。

【請求項 11】

超音波信号を用いて、変位を複数のラウンドによって反復的に推定する変位推定装置であって、

少なくとも 1 つの超音波信号を走査して、媒体に送信する送信部と、
走査された前記媒体から反射した前記超音波信号を受信する受信部と、
ウインドウサイズを計算するサイズ計算部と、

計算された前記ウインドウサイズに基づいて、ウインドウの境界を計算する境界計算部と、

計算された前記境界による前記ウインドウを用いて、前記超音波信号の複数の深度の各
深度における変位を推定する推定部と、

推定された前記変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングするワーピング部と、
ワーピングされた前記超音波信号を用いて、前記超音波信号の相関値が大きくなるよう
に、当該変位推定装置が実行する変位推定方法の収束を導く収束制御部とを含み、

前記サイズ計算部は、前記超音波信号の相関値が大きくなるほど、より小さいサイズとなるように前記ウインドウサイズを計算する

変位推定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波信号を用いて変位を推定する方法を導入するものである。これは、最終的な結果、または、更なる処理のための中間ステップの何れであっても、変位推定が必要な適用例において、用いることができ、医療用および工業用超音波機器に用いることができる。

10

【背景技術】

【0002】

超音波装置は、高周波の機械的音波を、走査対象の媒体に対して送受信することにより、媒体を非侵襲で診断するものである。

【0003】

そのような装置のトランスデューサは、超音波を、走査対象の媒体に送信する。

【0004】

超音波は、散乱および反射することにより、その媒体の下層構造と相互作用する。

【0005】

なお、下層構造は、例えば、媒体の表面よりも、媒体の内部側における構造などをいう。下層構造は、例えば、人間の身体における血管などである。

20

【0006】

散乱および反射された超音波は、下層構造の有益な情報を含み、トランスデューサによって受信される。その後、超音波装置によって処理され、例えば画像情報としてユーザに提示される。

【0007】

図8は、超音波RF信号を示す図である。

【0008】

超音波装置が反射波から得る最も基礎的なデータの種類の1つとして、RF(Radiofrequency Signal)信号が挙げられる(図8)。

30

【0009】

これは、受信波を、アナログからデジタルに直接変換したものである。

【0010】

異なる適用例では、超音波RF信号から、輝度モード(Bモード)画像、ドップラー画像等、他の種類のデータを導出できる。

【0011】

多くの適用例のうちの1つは、走査された媒体の下層構造の動きを分析することである。

【0012】

ドップラー効果は、構造の動きの方向および強度を推測する簡易な方法として利用される。

40

【0013】

しかし、ドップラー効果の精度は、非常に限られたものである。

【0014】

医療用超音波における、血流のモニタリングのような、精度が厳密に要求されない適用例には、ドップラー超音波は適している。

【0015】

しかし、構造が小さく、かつ動きが極めて小さい血管などが対象物であり、高水準の精度が必要とされる場合には、より感度の高い技術が必要である。

【0016】

50

最近の新しい適用例として、構造の弾性を推測するために、構造の変位を用いる超音波弾性率計測法がある。

【 0 0 1 7 】

弾性を正確に推定するためには、構造の変位を、受信した超音波信号から、正確に推定することが必要である。

【 0 0 1 8 】

超音波を用いた変位推定には、解像度（つまり、極めて小さな変位を推定する能力）とは別に、高水準の精度も必要である。

【 0 0 1 9 】

多くの先行技術において、構造の変位は、超音波 B モード画像から推定される。

10

【 0 0 2 0 】

しかし、推定された変位の質は、B モード画像の画質と解像度とに大きく依存する。

【 0 0 2 1 】

殆どの超音波装置において、B モード画像の解像度では、マイクロメートル単位の変位を推定できない。

【 0 0 2 2 】

また、受信した R F 信号から、直接的に変位を推定することに焦点を当てた技術もある。

【 0 0 2 3 】

最も一般的な技術の 1 つは、[1] のような相互相関の技術である。

20

【 0 0 2 4 】

しかしながら、相互相関の技術では、計算量が大きくなり、複数のサンプリング点に対応する変位しか推定できない。

【 0 0 2 5 】

マイクロメートル単位の変位は、通常、サンプリング間隔のひと間隔のごく一部に相当するに過ぎない。

【 0 0 2 6 】

このため、相互相関を用いては推定できない。

【 0 0 2 7 】

そのような状況において、信号補間に基づいて変位を推定する技術がある。

30

【 0 0 2 8 】

しかし、この方法は、処理時間を増大させ、また、推定品質は、補間方法に依存する。

【 0 0 2 9 】

自己相関は、受信した R F 信号の直交復調信号（ベースバンド信号としても知られる）の位相情報に依存する。

【 0 0 3 0 】

この方法は、[2] に記載の、R F 信号のサブサンプルに対応する変位を推定できるという利点を有する。

【 0 0 3 1 】

しかし、この方法では、ノイズが発生しやすく、また、振幅変調効果に影響される。

40

【 0 0 3 2 】

つまり、推定された変位は、信号電力の高い領域よりも、バイアスがかかっている。

【 0 0 3 3 】

ノイズの影響を克服するために、より大きなセットのサンプルを選択して、自己相関を実行することもできるが、この方法では、より詳細な変位を推定する能力が落ちる。

【 0 0 3 4 】

上記技術から、推定された変位の不正確性を克服する方法がいくつか開発されている。

【 0 0 3 5 】

[3] のように、「coarse to fine」アプローチは、異なる推定段階に、異なるウィンドウ領域を利用することで、第 1 段階では、変位を粗く推定し、第 2 段階

50

では、より細かく推定して精度を向上させる。

【 0 0 3 6 】

しかし、推定品質を評価する方法は提供されていない。

【 0 0 3 7 】

[1] のように、第 1 段階の結果の精度を向上させるために、第 2 推定段階を実行し、第 1 段階の推定結果と組み合わせることで、第 1 段階の推定結果に基づく信号ワーピングを用いる技術もある。

【 0 0 3 8 】

[2] のように、他の変位修正方法も利用できる。

【 0 0 3 9 】

これらの方法は、発散を発生させるリスクが高いため、段階数を制限しなければならない。

【 0 0 4 0 】

また、収束に導き、かつ R F 信号電力の不均一な分布によって起こるノイズおよびバイアスの影響を克服する方法はない。

【 0 0 4 1 】

変位推定品質を示すことができ、推定段階数を制限する必要なく、反復推定の収束を導き、ごく小さな変位に対しても精度の高い、より包括的な反復推定方法を提供するため、これらの方法を改善する必要がある。

【 0 0 4 2 】

このように、従来例として、特許文献 1 ~ 6 の技術が知られる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 4 3 】

【特許文献 1】米国特許第 6 2 7 7 0 7 4 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6 5 0 6 1 5 8 号明細書（米国特許出願公開第 2 0 0 1 / 0 0 3 4 4 8 5 号明細書）

【特許文献 3】米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 0 1 9 6 0 9 号明細書

【特許文献 4】米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 2 1 9 1 6 号明細書

【特許文献 5】米国特許第 6 2 7 0 4 5 9 号明細書

【特許文献 6】国際公開第 2 0 0 8 / 0 3 8 6 1 5 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 4 4 】

単一段階の変位推定方法に関し、現在の方法は、精度および変位解像度の点で課題を有する。

【 0 0 4 5 】

相互相関に基づく方法は、信号補間なしでは、サブサンプリング間隔に対応する小さな変位を推定することができない。

【 0 0 4 6 】

しかしながら、この方法では、ノイズの影響が少ない。

【 0 0 4 7 】

よって、相互相関ベースの方法では、精度は高いが、変位解像度は低い。

【 0 0 4 8 】

相互相関方法の変位解像度を向上させる目的で、信号補間を適用することができる。

【 0 0 4 9 】

しかし、これは、推定対象の変位が、マイクロメートル単位の場合に、処理電力を大幅に増大させる。

【 0 0 5 0 】

また、この方法の精度は、補間アルゴリズムの質に依存する。

10

20

30

40

50

【0051】

自己相関に基づく方法では、小さな変位を推定することができるが、非常に、ノイズを発生しやすい。

【0052】

よって、この方法では、変位解像度は高いが、精度は低い。

【0053】

よって、精度を向上させるため、2段階の推定方法が利用できる。

【0054】

しかし、これらの方法は、包括的な反復手法の欠如、変位の質を評価する方法の欠如、変位の精度を制限する要素、つまり、ノイズおよび振幅変調効果を解消する方法の欠如という3つの観点で、課題を有する。

10

【0055】

包括的な反復手法には、反復推定の収束を導く技術を組み込む必要がある。

【0056】

本発明の目的は、組織変位を精度よく推定できる変位推定装置（変位推定方法）を提供することを含み、ひいては、推定された変位に基づいて、悪性腫瘍と良性腫瘍、あるいは正常組織を判別するために適した情報を提供する変位推定装置を提供することを含む。

【0057】

なお、本発明の他の目的は、反復的な変位推定処理を、少ない反復回数で高精度に収束させることができる変位推定装置を提供することを含む。

20

【課題を解決するための手段】

【0058】

上記の課題を解決するために、本発明の変位推定方法は、超音波信号を用いて、変位を複数のラウンドによって反復的に推定する変位推定方法であって、少なくとも1つの超音波信号を走査して、媒体に送信するステップと、走査された前記媒体から反射した前記超音波信号を受信するステップと、ウインドウサイズを計算するステップと、計算された前記ウインドウサイズに基づいて、ウインドウの境界を計算するステップと、計算された前記境界による前記ウインドウを用いて、前記超音波信号のそれぞれの深度における変位を推定するステップと、推定された前記変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングするステップと、ワーピングされた前記超音波信号を用いて、前記超音波信号の相関値が大きくなるように、この変位推定方法の収束を導くステップとを含み、前記ウインドウサイズを計算するステップでは、前記ウインドウサイズは、連続する前記複数のラウンドにおいて前記ウインドウサイズの上限と下限とのそれぞれが徐々に減少するように計算され、前記各深度における信号電力に基づいて前記各深度におけるウインドウサイズとして前記各深度における上限と下限との間のウインドウサイズが計算される変位推定方法である。

30

【0059】

本発明において、発明者は、反復推定手法を用いる超音波を用いて、変位を推定する方法を教示する。

【0060】

発明者の実験によると、推定ウインドウサイズが同じままか、または、全ての反復推定ラウンドに対して、適切に構成されていない場合には、推定された変位は、収束しない。

40

【0061】

よって、この収束に役立つウインドウ計算方法を導入する。

【0062】

ウインドウ計算方法は、反復推定の収束を導くために、ウインドウサイズを計算することの部分と、信号電力の不均一な分布によって起こるノイズおよびバイアスの影響を克服するために、ウインドウ境界を計算することの部分との2つの部分を含む。

【0063】

ウインドウサイズの計算により、反復推定ラウンド毎に、異なるウインドウサイズを決定する。

50

【 0 0 6 4 】

これは、後続のラウンドにおいて、より詳細な推定結果を得るためと、推定を確実に収束させるためという2つの目的を有する。

【 0 0 6 5 】

つまり、不適切なウィンドウサイズでの処理がされて、収束が得られず、正しい変位量を得られないことが回避されて、適切なウィンドウサイズでの処理がされて、確実に収束が得られ、より正確な変位量が得られる。

【 0 0 6 6 】

ウィンドウ境界の計算では、信号電力を利用し、各推定位置での、推定ウィンドウの境界を決定する。

10

【 0 0 6 7 】

従来の推定方法において、ウィンドウは通常、その位置を中心に対称である。

【 0 0 6 8 】

これは、不均一な信号電力の分布によって、バイアスが起こる一因である。

【 0 0 6 9 】

信号電力を用いて、ウィンドウ境界を決定することにより、そのような影響を克服できる。

【 0 0 7 0 】

さらなる収束に導くため、推定された変位の質の評価を導入し、反復推定方法が、常に最良の結果に収束するよう保証する。

20

【 0 0 7 1 】

本発明は、収束を導く方法、精度を制限する要素を克服する方法、および結果の質を評価する方法を含み、包括的な反復手法を用いて、変位推定の精度を保証するものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 7 2 】

図10は、シミュレーションに、バックトラックアルゴリズムを適用した後の、変位推定の改善結果を示す図である。

【 0 0 7 3 】

図11は、ファントム実験における、同じ結果を示す図である。

【 0 0 7 4 】

30

図10は、推定の第1ラウンドにおける、推定された変位（変位1001）が、シミュレーションされた変位プロファイル（プロファイル1000）から逸脱していることを示す図である。

【 0 0 7 5 】

しかしながら、収束を導くウィンドウイング方式を用いるバックトラックアルゴリズムの最終ラウンドでは、推定された変位（変位1002）は、シミュレーションされたプロファイルと、非常によく適合する。

【 0 0 7 6 】

図11は、グローバル変位が生成されるファントム実験による推定結果を示す図である。

40

【 0 0 7 7 】

例示のため、単線が選択される（プロファイル1100を参照）。

【 0 0 7 8 】

グローバル変位が生成されるので、一定の変位プロファイル（プロファイル1101）が期待される。

【 0 0 7 9 】

推定の第1ラウンドでは、結果（データ1102を参照）は、期待される変位に、あまり適合しない。

【 0 0 8 0 】

しかしながら、最終ラウンドの推定結果（データ1103を参照）は、第1ラウンドの

50

推定結果よりも、グローバルな動きを、ずっとよく表している。

【0081】

また、適切なウインドウサイズでの処理ができる変位推定装置を提供できる。

【0082】

本発明の目的は、組織変位を精度よく推定できる変位推定装置（変位推定方法）を提供することを含み、ひいては、推定された変位に基づいて、悪性腫瘍と良性腫瘍、あるいは正常組織を判別するために適した情報を提供する変位推定装置を提供することを含む。

【0083】

なお、本発明の他の目的は、反復的な変位推定処理を、少ない反復回数で高精度に収束させることができる変位推定装置を提供することを含む。

10

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】図1は、本発明の変位推定方法を示す図である。

【図2】図2は、本発明のウインドウ計算方法を示す図である。

【図3】図3は、ウインドウサイズ計算の例を示す図である。

【図4】図4は、対称ウインドウおよびエネルギー均等ウインドウの例を示す図である。

【図5】図5は、本発明のRF信号ワーピング方法を示す図である。

【図6】図6は、RF信号ワーピングおよびRFサンプル遅延を示す図である。

【図7】図7は、本発明の収束に導く方法を示す図である。

【図8】図8は、超音波RF信号を示す図である。

20

【図9】図9は、自己相関を用いた変位推定を示す図である。

【図10】図10は、シミュレーションに本発明を用いた変位推定結果の例を示す図である。

【図11】図11は、ファントム実験に本発明を用いた変位推定結果の例を示す図である。

【図12】図12は、下層構造の変位、およびRF信号への影響を示す図である。

【図13】図13は、本装置のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0085】

以下、図面を参照して詳しく説明される。

30

【0086】

実施形態の変位推定方法は、超音波信号（図13の超音波信号1201s）を用いて、変位（図12の変位1207を参照）を反復的に推定する変位推定方法（図13の変位推定装置1X参照）である。

【0087】

つまり、例えば、変位の大きさの特定が複数回行われて、特定の処理が複数回行われることにより、比較的精度のよい、変位の大きさが特定される。

【0088】

そして、少なくとも1つの超音波信号を走査して、媒体（媒体1200M（図12）、および、媒体1200Mにある、下層構造（変位の測定の対象）1203x（図12、13）を参照）に送信する（図13の超音波処理部1Xaにある送信部1X1を参照）。

40

【0089】

つまり、例えば、ライン方向（図8の方向81L）の複数の位置へと超音波信号が送信されて、それら複数の位置の走査が行われる。

【0090】

そして、走査された前記媒体から反射した前記超音波信号（超音波信号1201s）を受信する（受信部1X2を参照）。

【0091】

なお、超音波処理部1Xaは、例えば、プローブ（探触子）などである。

【0092】

50

そして、ウインドウサイズ（図 1 3 のウインドウサイズ 1 X 3 M：例えば、図 3 の（ a ）欄、（ b ）欄のウインドウサイズ（winSize）など）を計算する（図 1 3 の情報処理部 1 X b に含まれるサイズ計算部 1 X 3 を参照）。

【 0 0 9 3 】

つまり、それぞれのラウンドにおけるウインドウサイズが決定される。

【 0 0 9 4 】

なお、サイズ計算部 1 X 3 は、例えば、ウインドウ計算部 1 0 2（図 1）を含んでもよいし、ウインドウ計算部 1 0 2 の少なくとも一部などでもよい。

【 0 0 9 5 】

すなわち、例えば、第 $n - 1$ のラウンドでの相関値（図 1 3 の相関値 1 X 7 M）に基づいて、第 n のラウンドでのウインドウサイズが決定される（ $n \geq 2$ ）。

10

【 0 0 9 6 】

そして、計算された前記ウインドウサイズに基づいて、ウインドウの境界（境界の情報 1 X 4 M：図 4 の（ a ）欄、（ b ）欄に示される、ウインドウの始端（winStart）、および、終端（winEnd）などを参照）を計算する（境界計算部 1 X 4 参照）。

【 0 0 9 7 】

なお、境界計算部 1 X 4 は、例えば、ウインドウ計算部 1 0 2（図 1）の少なくとも一部等でもよい。

【 0 0 9 8 】

つまり、それら始端および終端の間の幅が、計算されたウインドウサイズである始端および終端が特定される。

20

【 0 0 9 9 】

そして、計算された前記境界による前記ウインドウを用いて、前記超音波信号のそれぞれの深度における変位（変位 1 X b M）を推定する（推定部 1 X 5 参照）。

【 0 1 0 0 】

なお、推定部 1 X 5 は、例えば、例えば、変位推定部 1 0 1（図 1）の少なくとも一部等でもよい。

【 0 1 0 1 】

つまり、例えば、本装置からの距離が互いに異なる複数の位置における変位が特定される。

30

【 0 1 0 2 】

そして、推定された前記変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングする（ワーピング部 1 X 6 参照）。

【 0 1 0 3 】

なお、ワーピング部 1 X 6 は、例えば、RF 信号ワーピング部 1 0 0（図 1）の少なくとも一部等でもよい。

【 0 1 0 4 】

そして、ワーピングされた前記超音波信号を用いて、前記超音波信号の相関値（相関値 1 X 7 M）が大きくなるように、この変位推定方法の収束を導く（収束制御部 1 X 7 参照）。

40

【 0 1 0 5 】

なお、収束制御部 1 X 7 は、例えば、収束ガイド部 1 0 3 の少なくとも一部等でもよい。

【 0 1 0 6 】

つまり、ワーピングされた超音波信号から算出される相関値が最大であるラウンドで推定された、変位の大きさが、最も精度の高い大きさとして特定される。

【 0 1 0 7 】

そして、計算される前記ウインドウサイズは、連続する複数のラウンドに用いられる前記ウインドウサイズが、徐々に減少するように、変化される。

【 0 1 0 8 】

50

つまり、例えば、それぞれのラウンドで計算されるウインドウサイズは、そのラウンドよりも前のラウンドで計算されるウインドウサイズよりも小さいサイズであり、計算されるウインドウサイズが、小さいサイズへと変更される。

【0109】

そして、前記ウインドウサイズは、全ての（深度の）ウインドウにおける信号エネルギーが等しくなるように計算される。

【0110】

そして、超音波信号の相関値（第 $n - 1$ ラウンドでの相関値）が大きくなるほど、より小さい前記ウインドウサイズ（第 n ラウンドでのウインドウサイズ）が計算される。ここで、相関値など各ラウンドにおける収束度合いの評価値とウインドウサイズとの関係は、生体での実験値に基づく所定の関係式、あるいは、両者の対応関係を示すテーブルなどを参照して決定できる。

10

【0111】

そして、第 $n - 1$ ラウンドでの相関値に対して、決定された対応関係が対応させるウインドウサイズが、第 n ラウンドでのウインドウサイズと特定される。

【0112】

つまり、例えば、本装置において、次の動作が行われる。

【0113】

すなわち、測定対象物（例えば新生血管を伴う悪性腫瘍など）である下層構造 1203x（図12）へと、超音波信号 1201s が送信され、送信された超音波信号 1201s が受信されてもよい。

20

【0114】

特定される遅延時間 1208 は、第 1 のパルスの位置（図12の（b）欄の RF 信号 1204 を参照）と、第 2 のパルスの位置（RF 信号 1205 を参照）との間における遅延時間である。

【0115】

ここで、第 1 のパルスは、受信された超音波信号 1201s における、下層構造 1203x が変位 1207 をする前のパルスである。

【0116】

そして、第 2 のパルスは、測定対象物が変位 1207 をした後のパルスである。

30

【0117】

そして、特定された遅延時間 1208 に基づいて変位 1207 を決定する。

【0118】

そして、特定された、変位 1207 の大きさでの、下層構造 1203x の動きが、予め定められた動きであるか否かが判定されてもよい。

【0119】

そして、予め定められた動きと判定される場合に、当該下層構造 1203x が、悪性腫瘍（癌）と判定され、当該動きではないと判定される場合に、良性腫瘍、あるいは、正常組織と判定されてもよい。

【0120】

なお、このような、癌か否かの判定は、例えば、収束制御部 1x7（図13）により行われてもよい。

40

【0121】

このような本装置において、より具体的には、例えば、後で詳しく説明されるように、第 $n - 1$ のラウンドで特定された相関値が大きいほど、第 n のラウンドにおいて、より大きいウインドウサイズでの処理がされてもよい。

【0122】

なお、ここで、ウインドウサイズによる処理は、例えば、第 n のラウンドにおける相関値が、受信される超音波信号 1201s における、当該ウインドウサイズのウインドウの部分のデータから算出される処理でもよい。

50

【 0 1 2 3 】

本処理により、各ラウンドにおいて超音波の受信信号の信号レベルに応じた適切なウィンドウが設定できるため、収束の精度が高まると共に、少ない反復回数で収束が得られ、高精度な変位推定が少ない処理量で実現できる。

【 0 1 2 4 】

以下の実施形態は、単に、様々な発明ステップの原理を説明するものである。

【 0 1 2 5 】

ここに説明する具体例の様々な変形は、当業者には明らかであろう。

【 0 1 2 6 】

したがって、本発明の技術範囲は、本明細書に記載の、具体的かつ例示的な内容によつてではなく、特許請求項の範囲によってのみ限定されるものとする。 10

【 0 1 2 7 】

図 1 は、変位推定方法を示す図である。

【 0 1 2 8 】

本発明の主な実施形態は、図 1 に示される。

【 0 1 2 9 】

$RFSig(d, l, f)$ は、超音波部から得た RF 信号であり、 d は深度方向（図 8 の方向 8 1 D）、 l はライン方向（方向 8 1 L）、 f はフレーム方向（方向 8 1 F）を表す。

【 0 1 3 0 】

これらに関することは、さらに、図 8 に示される。 20

【 0 1 3 1 】

そのような RF 信号の 1 フレーム内の 1 ライン（図示される 8 0 1 を参照）は、超音波トランスデューサ 8 0 0 が、当該ラインの位置で走査方向（方向 8 0 2）に向かってパルスを送信するメカニズムによって生成される。

【 0 1 3 2 】

ここで、当該パルスは、反射および散乱しながら、進路に沿って、下層構造と相互作用し、当該超音波トランスデューサ 8 0 0 は、反射および散乱した信号を受信する。

【 0 1 3 3 】

そして、その信号は、超音波部によって、対応するラインに変換される。 30

【 0 1 3 4 】

同じメカニズムにより、複数のラインが様々な位置で生成され、複数のフレームが様々なタイムインスタンスに生成される。

【 0 1 3 5 】

図 1 2 の（ a ）欄は、下層構造の変位を示し、（ b ）欄は、RF 信号への影響を示す。

【 0 1 3 6 】

走査された媒体の下層構造の変位が、RF 信号の遅延として反射されるメカニズムが、図 1 2 により示される。

【 0 1 3 7 】

例示を目的として、1 ラインの 1 パルスが送信されたとし、下層構造には、反射境界が 1 つだけあるとする。 40

【 0 1 3 8 】

第 1 のタイムインスタンス（（ a ）欄の左側部分を参照）において、超音波トランスデューサ 1 2 0 0 は、走査された媒体に向けてパルスを送信する（パルス 1 2 0 1 を参照）。

【 0 1 3 9 】

このパルスは、下層構造 1 2 0 3（1 2 0 3 x）の反射境界に到達するまで、媒体を通して伝搬する。

【 0 1 4 0 】

この境界により、パルスはトランスデューサに向かって反射する（反射したパルス 1 2 50

02を参照)。

【0141】

トランスデューサは、このパルスを受信し、RF信号1204(図12の(b)欄の表の第1行を参照)に変換する。

【0142】

RF信号1204の全体における、パルスの位置は、送信されたパルス1201が、下層構造1203に向かって進み、反射して戻ってくるのに必要な時間を示す。

【0143】

第2のタイムインスタンス(図12の(a)欄の右側を参照)において、RF信号1205(図12の(b)欄の表の第3行)は、同一メカニズムにより作成されるが、下層構造は、新たな位置に変位している(変位した後の下層構造1206を参照)。

10

【0144】

変位x(変位1207)により、送信されたパルス(パルス1201)が、伝搬され、下層構造の境界で反射するのに要する時間が長くなり、その結果、RF信号の遅延が起こる(遅延時間1208を参照)。

【0145】

なお、この例において、変位xの向きは、図12に示される方向1203dの向きである。

【0146】

この遅延時間1208の遅延値が分かると、変位(変位1207)を推測することができる。

20

【0147】

そして、複数の下層構造を有する媒体では、複数の反射パルスが生成される。

【0148】

それら複数の下層構造が変位する量が互いに異なることが原因で、RF信号における、反射パルスの遅延は、異なるものになる。

【0149】

これらのパルスが重複し、かつ相互作用することにより、各下層構造の正確な変位を推定することが難しくなる。

【0150】

30

本発明は、反復して推定を行うことにより、下層構造の変位を、正確に推定する方法を提示するものである。

【0151】

図1に示される主な実施形態によると、本発明は、以下の主なブロックを備える。

【0152】

つまり、本装置では、RF信号ワーピング部100(図5参照)と、変位推定部101(図9参照)と、ウィンドウ計算部102(図2参照)と、収束ガイド部103(図7参照)と、出力スイッチ104とを備える。

【0153】

RF信号ワーピング部100は、前回の推定ラウンド(第n-1ラウンド)の変位推定結果dispRound(d, l, round)に基づいて、対象推定ラウンド(第nラウンド)におけるワーピングをする。このワーピングでは、対象推定ラウンドについて、RF信号の、選択されたフレーム内の、選択されたラインをワーピングする。

40

【0154】

なお、これは、第1ラウンドでは、ゼロに設定される。

【0155】

このブロックの出力は、推定ラウンドに用いられる、ワーピングされたRF信号RFSigWarp(d, l, f, round)である。

【0156】

なお、第1の推定ラウンド(つまり、round = 1)では、dispRound

50

($d, l, 0$) をゼロに初期化したことにより、 $RFSigWarp(d, l, f, 1)$ と、超音波部から得た RF 信号である $RFSig(d, l, f)$ (先述) は、実質的に、互いに同一である。

【0157】

変位を推定するため、予め定義されたフレームのセットを、このブロックに対する入力として選択することができる。

【0158】

例示を目的として、2つのフレームが選択され、これらは f_1 および f_2 で表される。

【0159】

RF 信号ワーピングの目的は、先行するラウンドで推定された変位に基づいて、1つの RF 信号を、他の RF 信号と適合するように、修正することである。

10

【0160】

そして、その後、修正された RF 信号から、残留変位を推定し、先行するラウンドの変位に追加することで、新たな変位を作成する。

【0161】

いくつかの数(予め定められた数)の推定ラウンドの後、推定された変位は、修正された RF 信号にほぼ一致するものとなり、残留変位はゼロに収束する。

【0162】

変位推定部 101 は、RF 信号の時間遅延から導出することで、RF 信号 $RFSigWarp(d, l, f, round)$ から、変位を推定する。

20

【0163】

このタスクの実行に好ましい方法は、各深度における推定ウィンドウが、 $winStart(d, l)$ および $winEnd(d, l)$ によって記述される、自己相関の方法であるが、これに限定されるものではない。

【0164】

ウィンドウ計算部 102 は、各深度での、選択されたラインに用いられる推定ウィンドウパラメータ $winStart(d, l)$ および $winEnd(d, l)$ を計算する。

【0165】

ウィンドウ計算部 102 は、RF 信号 $RFSigWarp(d, l, f, round)$ を取得し、かつ、対象ラウンド数 $curRound$ と、RF 信号差分 $residue(d, l, round)$ とを、収束ガイド部 103 からの入力として取得する。

30

【0166】

収束ガイド部 103 は、本技術の、収束を導く処理を行う。

【0167】

つまり、推定された変位の質を決定するために、ワープされた RF 信号間の差分が計算される。

【0168】

この差分が最小である(対象ラウンドを含む)ラウンドが、最も正確な変位推定結果を表していると判定される。

【0169】

40

このブロックの出力は、対象推定ラウンド数 $curRound$ と、RF 信号差分が最小であるラウンド数 $minResidueRound(d, l)$ と、推定された変位の質の測定値としての RF 信号差分 $residue(d, l, round)$ とである。

【0170】

$residue(d, l, round)$ が小さいほど、質がよいことを示し、推定ラウンド全体にわたって、 $residue(d, l, round)$ が減少していると、収束を示す。

【0171】

なお、ワープされた RF 信号間の差分を計算する方法として、「二乗差分和」および「絶対差分」の方法が考えられるが、これらに限定されるものではない。

50

【 0 1 7 2 】

出力スイッチ 1 0 4 は、入力として、`curRound` および `minResidueRound(d, l)` を取得する。

【 0 1 7 3 】

対象ラウンド数が最大値に到達した場合、最も正確な推定結果が、最終出力として選択される。

【 0 1 7 4 】

そうでなければ、その最も正確な推定結果は、後続の推定ラウンドに用いるために、R F 信号ワーピング部 1 0 0 の入力として選択され、`residue(d, l, round)` および `curRound` が、入力として変位推定部 1 0 1 に送られる。

10

【 0 1 7 5 】

次の段落に、図 1 に示される主な実施形態に基づく具体的な実施形態をいくつか示す。

【 0 1 7 6 】

図 5 は、R F 信号ワーピング方法を示す図である。

【 0 1 7 7 】

本発明の具体的な実施形態として、主な実施形態の R F 信号ワーピング部 1 0 0 は、図 5 に示される方法によって実現される。

【 0 1 7 8 】

変位の結果、R F 信号は移動され、かつ伸長される。

【 0 1 7 9 】

20

よって、先行するラウンドの、最も正確な変位推定結果 `dispRound(d, l, minResidueRound(d, l))` から、`RFSig(d, l, f1)` を、`RFSig(d, l, f2)` に適合させるサンプルにおける遅延値（図 1 2 の遅延時間 1 2 0 8 を参照）が、遅延値計算部 5 0 0 において、以下のように算出される。

【 0 1 8 0 】

【 数 1 】

$$delayValues(d, l) = \frac{dispRound(d, l, minResidueRound(d, l)) \times 2 \times fs}{c}$$

30

【 0 1 8 1 】

ここで、`fs` は、R F 信号のサンプリング周波数であり、`c` は、走査された媒体における音速である。

【 0 1 8 2 】

走査された媒体における変位は、結果として、得られた R F 信号における遅延として反映される。

【 0 1 8 3 】

各深度での遅延値が既知であるため、`RFSig(d, l, f1)` または `RFSig(d, l, f2)` の何れかにおける各ラインの、（全ての深度に対応する）全てのサンプルを、他のサンプルに適合するように合わせて、遅延させることができる。

40

【 0 1 8 4 】

これは、R F サンプル遅延部 5 0 1 において実行される。

【 0 1 8 5 】

1 つの実施形態において、R F サンプル遅延部 5 0 1 における遅延は、信号補間を用いて実行される。

【 0 1 8 6 】

別の実施形態では、R F サンプル遅延部 5 0 1 における遅延は、分数遅延フィルタを用いて実行される。

【 0 1 8 7 】

図 6 は、R F 信号ワーピングおよび R F サンプル遅延を示す図である。

50

【 0 1 8 8 】

R F 信号ワーピング処理が、図 6 に示される。

【 0 1 8 9 】

変位により、R F 信号の遅延が起こることが、先述の図 1 2 により示される。

【 0 1 9 0 】

R F 信号ワーピングの目的は、推定された変位と逆方向に、1 つの R F 信号を遅延させることによって、この効果が無効にすることである。

【 0 1 9 1 】

この無効化の結果として、ワープされた R F 信号が、相互に適合することが期待される。

10

【 0 1 9 2 】

遅延値計算部 5 0 0 から計算された $delayValues(d, l)$ は、1 つの R F 信号内の各サンプルが、これを達成するために遅延される値を表す。

【 0 1 9 3 】

2 つの R F 信号 6 0 0 および 6 0 1 (図 6) を、この例示のために用いる。

【 0 1 9 4 】

データ 6 0 2 は、ある推定ラウンドの後に、遅延値計算部 5 0 0 から計算された $delayValues(d, l)$ を示す。

【 0 1 9 5 】

$delayValues(d, l)$ の特定の深度での値が、R F 信号 6 0 0 における、同じ深度でのサンプルが、遅延値計算部 6 0 1 に適合するための遅延に必要な量を表すことが分かる。

20

【 0 1 9 6 】

しかしながら、 $delayValues(d, l)$ における遅延値は、常に整数であるわけではない。

【 0 1 9 7 】

よって、 $delayValues(d, l)$ に従って、R F 信号 6 0 0 における各サンプルを遅延できるようにするため、信号補間または分数遅延フィルタが、2 つの選択候補として挙げられる。

【 0 1 9 8 】

変位推定部 1 0 1 を R F 信号に適用することで、第 1 ラウンドに用いられる変位と、後続ラウンドに用いられる残留変位を得て、最終的な変位を得るために、それらを組み合わせる。

30

【 0 1 9 9 】

好ましい実施形態が図 9 に示されるが、これに限定されるものではない。

【 0 2 0 0 】

図 9 は、自己相関を用いた変位推定を表す。

【 0 2 0 1 】

I Q 復調部 9 0 0 は、R F 信号 $RFSigWarp(d, l, f, round)$ を、ベースバンド信号 $IQSig(d, l, f)$ に変換する。

40

【 0 2 0 2 】

自己相関計算部 9 0 1 は、以下の式に従って、 $autocorr(d, l)$ を計算する。

【 0 2 0 3 】

【 数 2 】

$$autocorr(d, l) = \sum_{l_1=winStart(d, l)}^{winEnd(d, l)} IQSig(d, l_1, f_1) \times conj(IQSig(d, l_1, f_2))$$

【 0 2 0 4 】

50

ここで、 $\text{conj}()$ は、複素共役を表す。

【0205】

最後に、以下の式に従って、変位計算部902により、 $\text{autocorr}(d, l)$ が、変位に変換される。

【0206】

【数3】

$$\text{residueDisp} = \frac{\lambda}{4\pi} \arg(\text{autocorr}(d, l))$$

$$\text{dispRound}(d, l, \text{round}) = \text{dispRound}(d, l, \text{round} - 1) + \text{residueDisp}$$

10

【0207】

ここで、 $\arg()$ は、複素数の偏角を計算する関数である。

【0208】

1 から開始するラウンド（第1ラウンドを表す）により、 $\text{dispRound}(d, l, 0)$ は、ゼロに初期化される。

【0209】

図2は、ウィンドウ計算方法を示す図である。

【0210】

ウィンドウ計算部102により、各推定ラウンドにおける、各ラインの各深度に対し、異なる推定ウィンドウを決定する。

20

【0211】

これは図2に示される。

【0212】

図3は、ウィンドウサイズ計算の具体例を示す図である。

【0213】

ウィンドウサイズ計算部200（図2）は、各推定ラウンドに対するウィンドウサイズの決定をする。

【0214】

このブロックの出力は、 $\text{winSize}(d, l)$ である。

30

【0215】

好ましい実施形態において、各ラウンドに対するウィンドウサイズは、ラウンドの関数が減少するにつれて、変化する。

【0216】

これは図3に示される。

【0217】

ウィンドウサイズ計算部200（図2）のある実施形態において、図3の（a）欄に示されるように、ウィンドウサイズは、減少関数 $\text{winSizeRound}(\text{round})$ により、推定ラウンド数に、直接関係する。

40

【0218】

curRound によって特定される対象推定ラウンドについて、以下に基づいて、全ての深度に対するウィンドウサイズが特定される。

【0219】

全ての d および l について、

$$\text{winSize}(d, l) = \text{winSizeRound}(\text{curRound})$$

【0220】

「固定ウィンドウイングスキーム」は、変位推定に用いられる全ての深度で推定ウィンドウサイズとなる $\text{winSize}(d, l)$ の同じ値を選択する処理である。

【0221】

50

「固定ウィンドウイングスキーム」の利点は、必要な演算量が多くなく（比較的少なく）、かつ、RF信号エネルギーが、深度方向に沿って、規則正しく配分されている場合に、適していることである。

【0222】

ウィンドウサイズ計算部200の別の実施形態において、各深度でのウィンドウサイズは、上限である $\max Win(round)$ と、下限である $\min Win(round)$ と、RF信号電力 $sigPow(d, l)$ とに基づいて計算される。

【0223】

$\max Win(round)$ および $\min Win(round)$ は、ラウンドの減少関数である。

10

【0224】

これは、「瞬間電力ウィンドウイングスキーム」として、図3の(b)欄に示される。

【0225】

以下の条件が適用される。

【0226】

【数4】

$$winSize(d, l) \in [\min Win(curRound), \max Win(curRound)]$$

20

【0227】

また、図3の(b)欄に示されるように、 $winSize(d, l)$ は、 $sigPow(d, l)$ 、つまり、 $sigPow = 0$ に対応する最大ウィンドウサイズと、最大 $sigPow$ に対応する最小ウィンドウサイズとに反比例してもよい。

【0228】

「瞬間電力ウィンドウイングスキーム」は、「固定ウィンドウイングスキーム」と比較して、必要な演算量が多いが、特に、RF信号エネルギーが、深度方向に沿って、かなり不均一である場合に、より精度が高い。

【0229】

信号対ノイズ比の低さを克服するために、低い信号電力を有する領域に対して、より大きな推定ウィンドウが指定され、より詳細に変位を分布するために、大きな信号電力を有する領域に対して、より小さな推定ウィンドウが指定される。

30

【0230】

しかしながら、信号エネルギーが規則正しく配分されているRF信号に関しては、「固定ウィンドウイングスキーム」と「瞬間電力ウィンドウイングスキーム」とは大差がない。

【0231】

ウィンドウサイズ計算部200の別の実施形態において、全ての深度でのウィンドウサイズを、全てのウィンドウ内の信号エネルギーが同量に保たれるように計算してもよく、これは、「一定エネルギーウィンドウイングスキーム」と称される。

40

【0232】

信号電力計算部201(図2)により、フレーム方向に沿う、RF信号の平均電力が計算される。

【0233】

信号電力計算部201は、ワープされたRF信号 $RF Sig Warp(d, l, f, round)$ と、対象ラウンド数 $curRound$ とを、入力として取得する。

【0234】

$RF Sig Warp(d, l, f, curRound)$ 内には、複数のフレームがあり、電力が、以下の通り計算される。

【0235】

50

【数 5】

$$\text{sigPow}(d,l) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\text{RFSigWarp}(d,l,f_i, \text{curRound}) \right)^2$$

【0236】

ここで、Nは、計算に用いるために選択されたフレームの総数である。

【0237】

図4は、対称ウインドウおよびエネルギー均等ウインドウの例を示す図である。

10

【0238】

ウインドウ境界計算部202（図2）により、各ラインの各深度でのウインドウ境界が計算される。

【0239】

これは図4に示される。

【0240】

ウインドウ境界計算部202のある実施形態においては、ウインドウサイズ計算部200から計算された $\text{winSize}(d,l)$ が入力であり、 $\text{winStart}(d,l)$ および $\text{winEnd}(d,l)$ が、以下の式に従って、対応する深度を中心に、ウインドウが対称になるように計算される（「対称ウインドウ」と称される）。

20

【0241】

【数 6】

$$\text{winStart}(d,l) = d - \text{ROUND}\left(\frac{\text{winSize}(d,l)}{2}\right)$$

$$\text{winEnd}(d,l) = d + \text{ROUND}\left(\frac{\text{winSize}(d,l)}{2}\right)$$

30

【0242】

ここで、 $\text{ROUND}()$ は、最も近い整数に丸める処理を示す。

【0243】

これは、図4の(a)欄に示される。

【0244】

対称ウインドウの利点は、必要とされる演算量が多くないことである。

40

【0245】

これは、RF信号電力が、深度方向において、サンプル毎に突然変化しない場合に適している。

【0246】

ウインドウ境界計算部202の別の実施形態においては、次の通りである。

【0247】

つまり、ウインドウサイズ計算部200から計算された $\text{winSize}(d,l)$ が、ウインドウ境界計算部202の入力である。

【0248】

そして、 $\text{winStart}(d,l)$ および $\text{winEnd}(d,l)$ が、以下の式によ

50

り、各深度の両側での信号エネルギーが等しくなるように（「エネルギー均等ウィンドウ」と称される）計算される。

【 0 2 4 9 】

【 数 7 】

$$\sum_{d_i=\text{winStart}(d,l)}^d \text{sigPow}(d_i,l) = \sum_{d_i=d}^{\text{winEnd}(d,l)} \text{sigPow}(d_i,l)$$

10

$$\text{winEnd}(d,l) - \text{winStart}(d,l) + 1 = \text{winSize}(d,l)$$

【 0 2 5 0 】

これは、図 4 の (b) 欄に示される。

【 0 2 5 1 】

「エネルギー均等ウィンドウ」は、「対称ウィンドウ」と比較して、必要な演算量が多いが、従来のウィンドウイング技術においてバイアスの原因となっていた、深度方向に沿う、信号電力の不均一な分布の影響を抑制できる。

20

【 0 2 5 2 】

図 7 は、収束に導く方法を示す図である。

【 0 2 5 3 】

図 1 の収束ガイド部 1 0 3 による、本発明において説明した方法で、収束が可能であることが保証される。

【 0 2 5 4 】

収束ガイド部 1 0 3 は、図 7 に示されるように、ワープされた R F 信号 $\text{RFSigWarp}(d, l, f, \text{round})$ を、当該収束ガイド部 1 0 3 の入力として取得する。

【 0 2 5 5 】

R F 信号差分計算部 7 0 0 は、ワープされた R F 信号間の差分を計算し、各ラインの各深度について、各推定ラウンドにおける差分を、 $\text{residue}(d, l, \text{round})$ として出力する。

30

【 0 2 5 6 】

R F 信号ワーピング部 1 0 0 の主な目的は、R F 信号の 1 つを、他と適合するように、修正することであるので、この残差 (d, l, round) は、R F 信号同士が、どの程度適合しているかの尺度になる。

【 0 2 5 7 】

(round により特定される) ある特定の推定ラウンドについて、推定された変位 $\text{dispRound}(d, l, \text{round})$ の質を評価する目的で、R F 信号ワーピング部 1 0 0 が、当該 R F 信号ワーピング部 1 0 0 の入力として、 $\text{dispRound}(d, l, \text{round})$ を取得する。

40

【 0 2 5 8 】

このことにより、R F 信号がワープされ、適合レベルを評価するために、ワープされた信号間の差分が計算される。

【 0 2 5 9 】

これらのワープされた信号は、後続ラウンドの変位推定のための入力としても用いられ、よって $\text{RFSigWarp}(d, l, f, \text{round} + 1)$ と表される。

【 0 2 6 0 】

よって、 $\text{RFSigWarp}(d, l, f, \text{round} + 1)$ から、 $\text{residue}(d, l, \text{round})$ が計算される。

50

【 0 2 6 1 】

R F 信号差分計算部 7 0 0 (図 7) で行われる計算の一例として、以下の式 (つまり、二乗差分和) が挙げられるが、これに限定されるものではない。

【 0 2 6 2 】

【 数 8 】

$$residue(d, l, round) = \sum_{all\ d_i} (RFSigWarp(d_i, l, f_1, round + 1) - RFSigWarp(d_i, l, f_2, round + 1))^2$$

【 0 2 6 3 】

ここで、f 1 および f 2 は、推定に用いるために選択された 2 フレームを表す。

10

【 0 2 6 4 】

この例において、1 ラインの全ての深度に対し同一の信号差分値が指定され、これは、対応するラインの R F 信号が、全体的に適合していることを表す。

【 0 2 6 5 】

小さな領域で変位が起こるだけではないときには、「二乗差分和」が適しており、その結果、ライン全体に反復が起こる。

【 0 2 6 6 】

なお、R F 信号差分計算部 7 0 0 (図 7) で行われる計算の別の例として、以下の式 (つまり、絶対差分) が挙げられるが、これに限定されるものではない。

【 0 2 6 7 】

20

【 数 9 】

$$residue(d, l, round) = |RFSigWarp(d, l, f_1, round + 1) - RFSigWarp(d, l, f_2, round + 1)|$$

【 0 2 6 8 】

ここで、f 1 および f 2 は、推定に用いるために選択された 2 フレームを表す。

【 0 2 6 9 】

この例において、各ラインの各深度は、個別の信号差分値を有し、これは、R F 信号が、局所的に適合していることを表す。

【 0 2 7 0 】

30

深度方向に小さな領域だけで、変位が起こる場合には、「絶対差分」が適しており、その結果、その領域内での局所的反復が可能になる。

【 0 2 7 1 】

最小残余計算部 7 0 1 は、以下の式に基づき、 $residue(d, l, round)$ における、各深度およびラインについて、残余が最小であるラウンド数を確認する。

【 0 2 7 2 】

これは、最も正確な推定結果を表す。

【 0 2 7 3 】

【 数 1 0 】

$$min\ ResidueRound(d, l) = \arg\ min_{round}(residue(d, l, round))$$

40

ここで関数

【 0 2 7 4 】

【 数 1 1 】

$$\arg\ min_x(f(x))$$

は、 $f(x)$ を最小化する x の値を返す。

【 0 2 7 5 】

50

収束ガイド部103(図1)の出力は、対象ラウンド数 $curRound$ と、残余が最小であるラウンド数 $minResidueRound(d, l)$ と、信号差分 $residue(d, l, round)$ とである。

【0276】

出力スイッチ104(図1)は、入力として、 $curRound$ および $minResidueRound(d, l)$ を取得する。

【0277】

$curRound$ が最大値に達すると、出力スイッチ104は、最も精度の高い変位推定結果 $dispRound(d, l, minResidueRound(d, l))$ を、最終的な出力 $dispOut$ として選択する。

10

【0278】

そうでなければ、対象ラウンド $dispRound(d, l, curRound)$ が、変位推定される代わりに、次の推定ラウンドのための、RF信号ワーピング部100の入力として用いられる $dispRound(d, l, minResidueRound(d, l))$ が、変位推定される。

【0279】

ここで、変位推定の多次元(2次元 or 3次元)への拡張について説明する。

【0280】

つまり、上記の実施の形態では、超音波の深さ方向における1次元の変位を求める方法について説明した。

20

【0281】

しかしながら、血管や腫瘍組織などの生体組織の拍動方向は、1次元内に限定されず、また、場所によっても、方向が異なる。

【0282】

したがって、複数方向から超音波を送受信することで、特定位置における複数方向の変位を求め、組織の2次元あるいは3次元的な変位を測定してもよい。

【0283】

こうして、多次元で測定することにより、診断精度の更なる向上が見込まれる。

【0284】

そして、超音波を複数方向から送受信する方法としては、超音波振動子が、1次元に配置されたりニアプローブを用いて、プローブの方向を変化させる、または、超音波振動子が2次元アレイ上に配置されたマトリックスプローブを用いて、ビームフォーミングにより、複数方向での送受信を行うなどの方法が可能である。

30

【0285】

ここで、リニアプローブの使用時には、磁気センサや加速度センサ、ジャイロなどの位置センサ、あるいは、カメラにより、プローブの位置を追跡することで、プローブの位置や向きを取得して、送受信時の方向を決定できる。

【0286】

なお、変位測定は、超音波の深さ方向など、1方向についてのみ行い、この変位ベクトルを、所定の2次元あるいは3次元座標系の各軸方向の成分に分解することで、多次元的に評価してもよい。

40

【0287】

この時、超音波の深さ方向と所定の座標系との対応関係が必要となるが、上述の位置センサなどを用いて、プローブの位置と方向を取得することで、両者を対応付ける。

【0288】

ここで、癌検出、あるいは、動脈硬化(血管の硬さ)の診断などに適用できる歪み計測(エラストグラフィ)との関連について補足説明する。歪みは、変位の時間微分であり、組織の硬さの指標となるが、本発明により、変位推定精度が向上することで、結果として、歪みの測定精度が向上する。エラストグラフィでは微分値を用いるが、その他に、組織の特定部位の変位の時間変化波形なども、組織性状の判定に利用できる。例えば、癌の成

50

長過程においては、癌の周辺および内部に血管新生が起こることが知られている。従って、これら血管の拍動、あるいは、血管の拍動に伴う周囲の組織の拍動などを変位量の時間変化として捉え、変化のパターンや振幅が癌に特有のものであるかどうかを判定することで、癌検出を行ってもよい。

【 0 2 8 9 】

こうして、変位推定装置であって、超音波信号を用いて、変位を反復的に推定する変位推定装置であって、少なくとも1つの超音波信号を、トランスデューサから走査された媒体に送信する手段と、前記走査された媒体から反射した超音波信号を受信する手段と、推定ウインドウサイズを計算する手段と、前記推定されたウインドウサイズに基づいて、前記推定ウインドウの境界を計算する手段と、前記計算された推定ウインドウを用いて、前記超音波信号の深度方向に沿って変位を推定する手段と、前記推定された変位に基づいて、前記超音波信号をワーピングする手段と、前記方法の収束傾向を前記ワーピングされた超音波信号間の差分として計算することで、収束を導く手段とを備える変位推定装置が開示される。

10

【 0 2 9 0 】

こうして、開示される方法は、収束を導く方法、精度を限定する要素を克服する方法、および結果の質を評価する方法を含み、包括的な反復手法を用いて変位推定の精度を保証する。

【 0 2 9 1 】

つまり、次の問題が解決される。つまり、超音波を用いる変位推定において、先行技術では、推定の精度と解像度を高める方法を提供している。その中には、複数段階からなる推定または反復推定を導入しているものもある。しかし、(1)反復推定の収束を導く方法を組み込んだ包括的な反復手法の欠如、(2)品質評価方法の欠如、および(3)変位の精度を限定する要素を克服する方法の欠如という問題があり、本発明の変位推定方法により、これらの問題が解決される。

20

【 0 2 9 2 】

なお、本発明は、装置、システム、集積回路などとして実現できるだけでなく、その装置等を構成する処理手段をステップとする方法として実現したり、それらステップをコンピュータに実行させるプログラムとして実現したり、そのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの記録媒体として実現したり、そのプログラムを示す情報、データ又は信号として実現したりすることもできる。そして、それらプログラム、情報、データ及び信号は、インターネット等の通信ネットワークを介して配信してもよい。

30

【 0 2 9 3 】

なお、本発明について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではない。本発明の主旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の範囲内に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【 0 2 9 4 】

本技術は、超音波信号を用いて変位を推定する方法を導入するものである。これは、最終的な結果、または、更なる処理のための中間ステップの何れであっても、変位推定が必要な適用例において、用いることができ、医療用および工業用超音波機器に用いることができる。

40

【 0 2 9 5 】

変位を精度よく推定できる変位推定装置が提供でき、ひいては、推定された変位に基づいて、悪性腫瘍と良性腫瘍、あるいは正常組織を判別するために適した情報を提供可能な変位推定装置が提供できる。

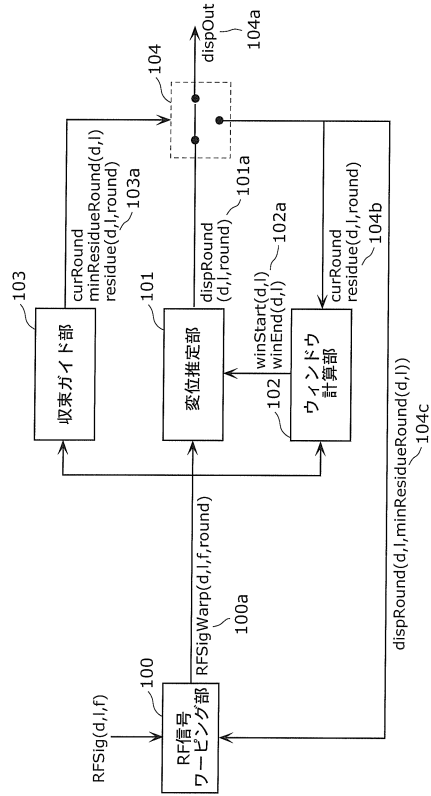
【符号の説明】

【 0 2 9 6 】

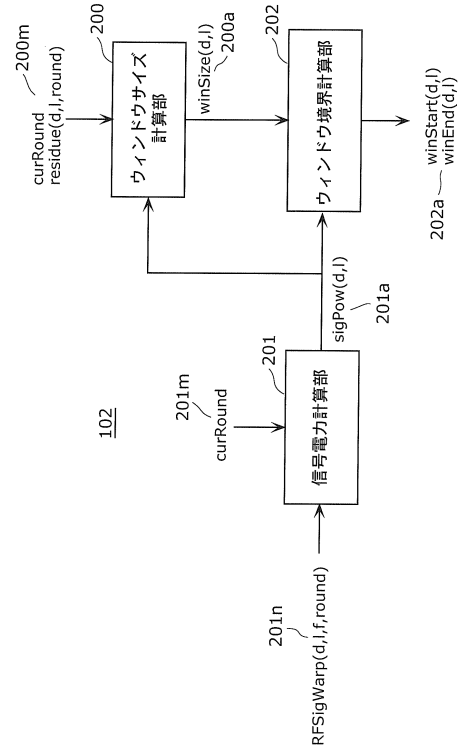
50

1 X	変位推定装置	
1 X 1	送信部	
1 X 2	受信部	
1 X 3	サイズ計算部	
1 X 4	境界計算部	
1 X 5	推定部	
1 X 6	ワーピング部	
1 X 7	収束制御部	
1 2 0 1 s	超音波信号	
1 2 0 3 x	下層構造	10
1 X 3 M	ウインドウサイズ	
1 X 4 M	境界の情報	
1 X b M	変位	
1 X 7 M	相関値	
1 0 0	R F 信号ワーピング部	
1 0 3	収束ガイド部	
1 0 1	変位推定部	
1 0 2	ウインドウ計算部	
1 0 4	出力スイッチ	
6 0 0、1 2 0 4、1 2 0 5	R F 信号	20
8 0 0、1 2 0 0	超音波トランスデューサ	
1 2 0 0 M	媒体	
1 2 0 8	遅延時間	
1 0 0 a、1 0 1 a、1 0 2 1 a、1 0 3 a、1 0 4 a、1 0 4 b、1 0 4 c	情報	
2 0 1 n、2 0 1 m、2 0 1 a、2 0 0 m、2 0 0 a、2 0 2 a	情報	
5 0 0 m、5 0 0 a、5 0 1 n、5 0 1 a	情報	
7 0 0 m、7 0 0 a、7 0 1 a、7 0 0 b	情報	
9 0 0 m、9 0 0 a、9 0 1 m、9 0 1 a、9 0 2 a	情報	

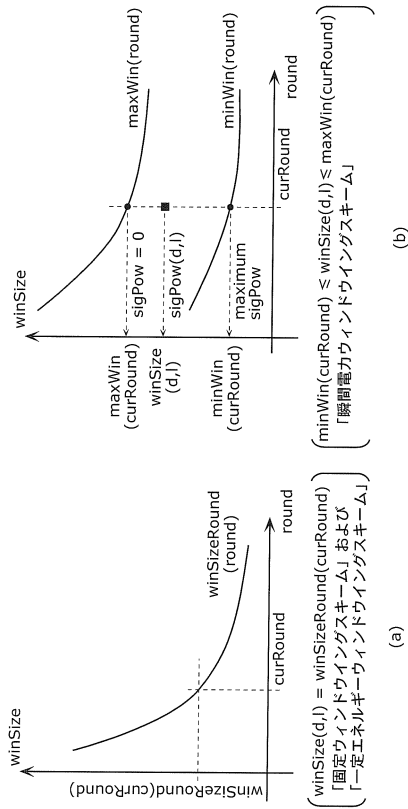
【図 1】



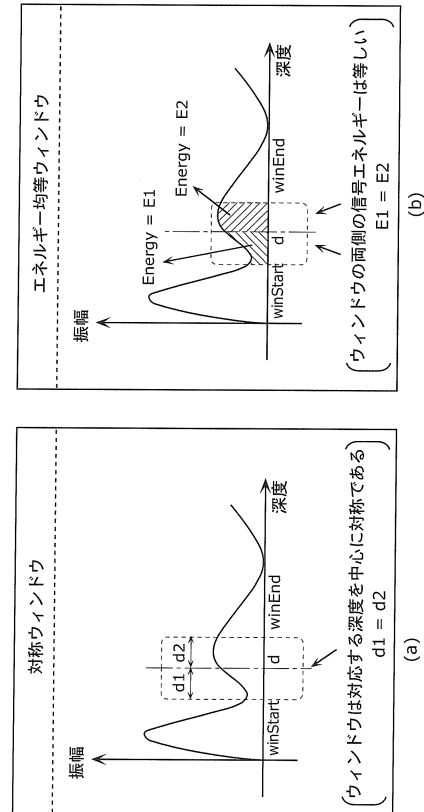
【図 2】



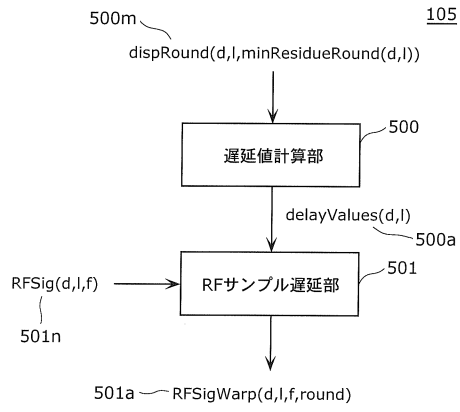
【図 3】



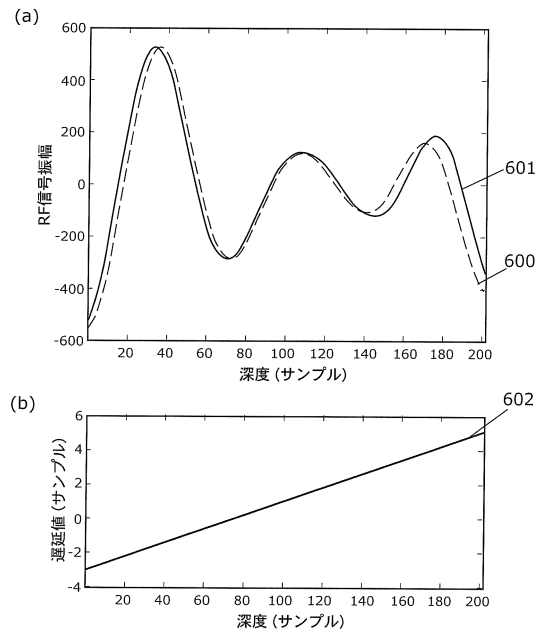
【図 4】



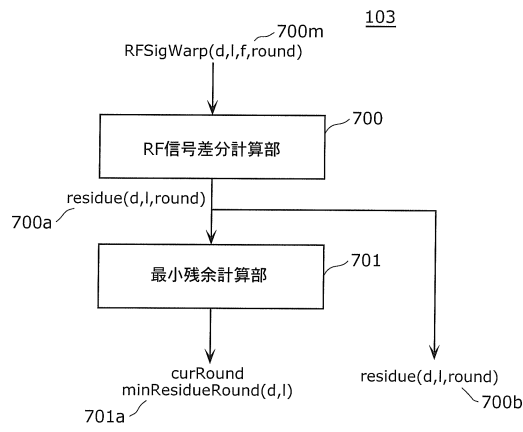
【図 5】



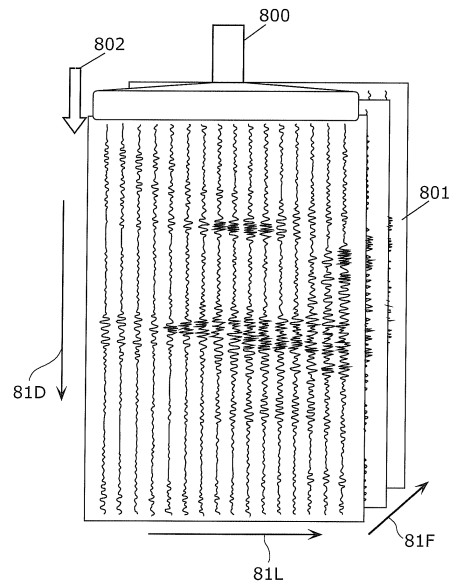
【図 6】



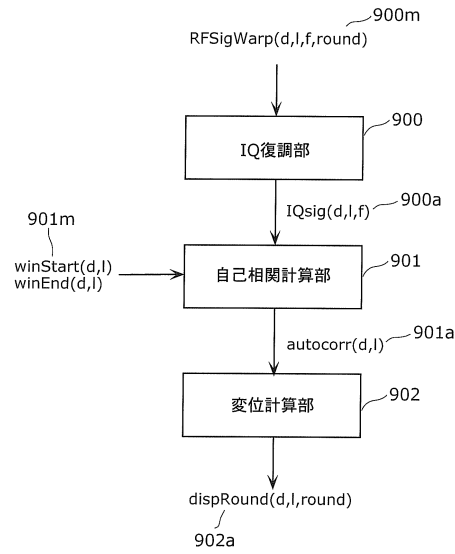
【図 7】



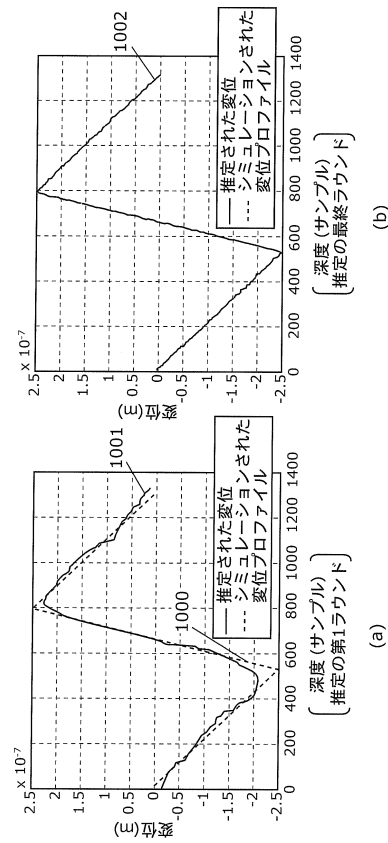
【図 8】



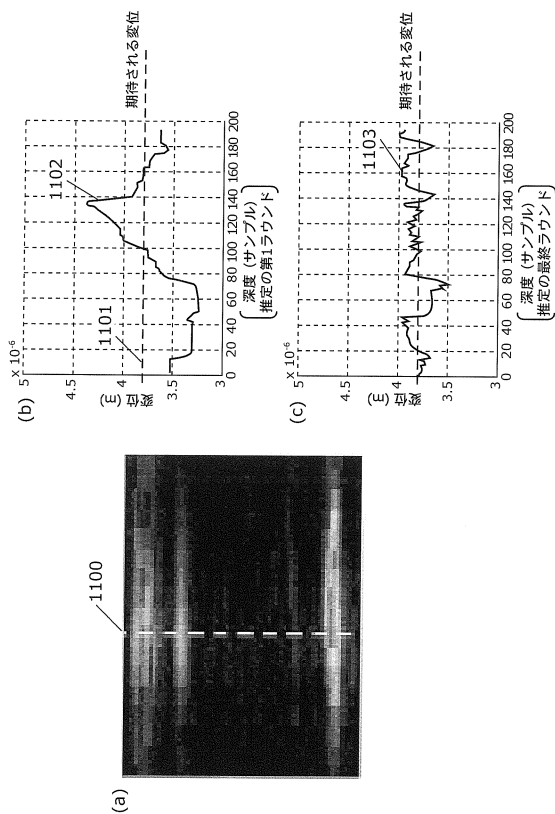
【図 9】



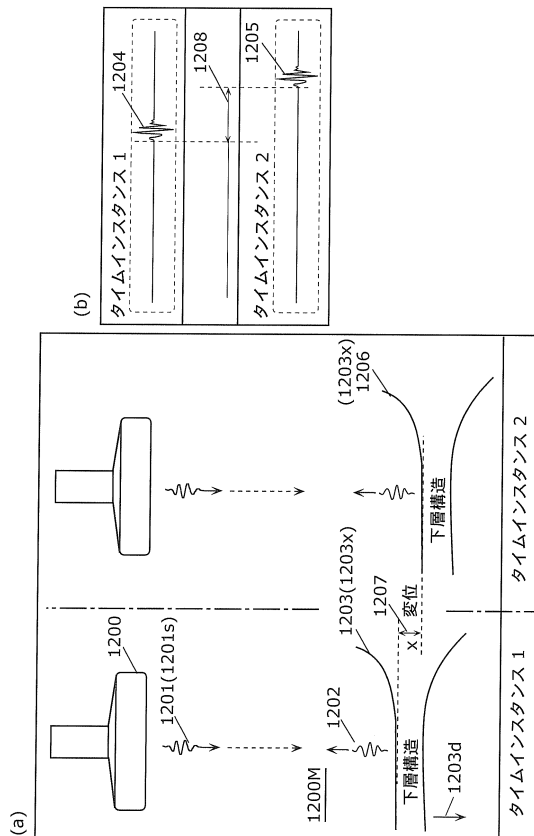
【図 10】



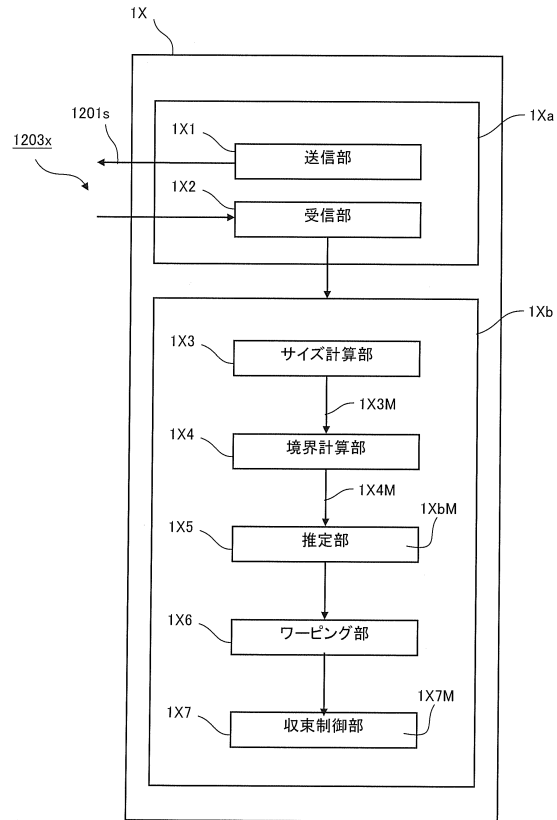
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 コック セン チョン

シンガポール534415シンガポール、タイ・セン・アベニュー、ブロック1022、06-3530番、タイ・セン・インダストリアル・エステイト、パナソニック・シンガポール研究所株式会社内

(72)発明者 シュウ フェン ファン

シンガポール534415シンガポール、タイ・セン・アベニュー、ブロック1022、06-3530番、タイ・セン・インダストリアル・エステイト、パナソニック・シンガポール研究所株式会社内

審査官 富永 昌彦

(56)参考文献 特表2009-537273(JP,A)

炭 親良、他、反復位相マッチング法において局所領域を小さくすることによる組織内変位計測精度の向上、超音波医学、日本、(社)日本超音波医学会、1997年、第24巻第3号、p.346

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

专利名称(译)	位移估计方法，位移估计装置		
公开(公告)号	JP5692079B2	公开(公告)日	2015-04-01
申请号	JP2011533902	申请日	2011-01-19
申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	アンチュアントラン コックセンチョン シュウフェンファン		
发明人	アン チュアン トラン コック セン チョン シュウ フェン ファン		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/08 A61B8/4245 A61B8/52 G01N29/0645 G01N29/225 G01N29/4454 G01N29/50 G01N2291/044 G01S7/52038 G01S7/52042 G01S15/8977		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
代理人(译)	中岛四郎		
优先权	2010010336 2010-01-20 JP		
其他公开文献	JPWO2011089898A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了一种利用超声信号迭代估计位移的位移估计方法，该方法包括：向介质发送至少一个超声信号以扫描介质；接收从扫描介质反射的超声信号；计算窗口的大小；根据计算出的窗口大小计算窗口的边界；使用具有计算边界的窗口估计超声信号的每个深度的位移；基于估计的位移扭曲超声信号；并且使用翘曲超声信号引导该方法的收敛，使得超声信号的相关值更大。

$$\text{sigPow}(d,l) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{RFSigWarp}(d,l,f_i, \text{cmRound}))$$