

(19)日本国特許庁 (J P)

公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002 - 102223

(P2002 - 102223A)

(43)公開日 平成14年4月9日(2002.4.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード* (参考)
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	4 C 3 0 1
G 0 6 T 1/00	290	G 0 6 T 1/00	5 B 0 5 7
7/60	150	7/60	5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 10数)

(21)出願番号 特願2000 - 304141(P2000 - 304141)

(22)出願日 平成12年10月3日(2000.10.3)

(71)出願人 394027559

三谷産業株式会社

石川県金沢市玉川町1番5号

(72)発明者 秋山 いわき

神奈川県藤沢市辻堂西海岸1 - 1 - 25 湘南

工科大学内

(74)代理人 100060690

弁理士 瀧野 秀雄 (外 1 名)

F タ-ム (参考) 4C301 BB05 BB13 EE15 GD02 JB28

5B057 AA09 BA05 CA13 CA16 DA07

DB03 DC30 DC36

5L096 AA09 BA06 BA13 CA18 FA34

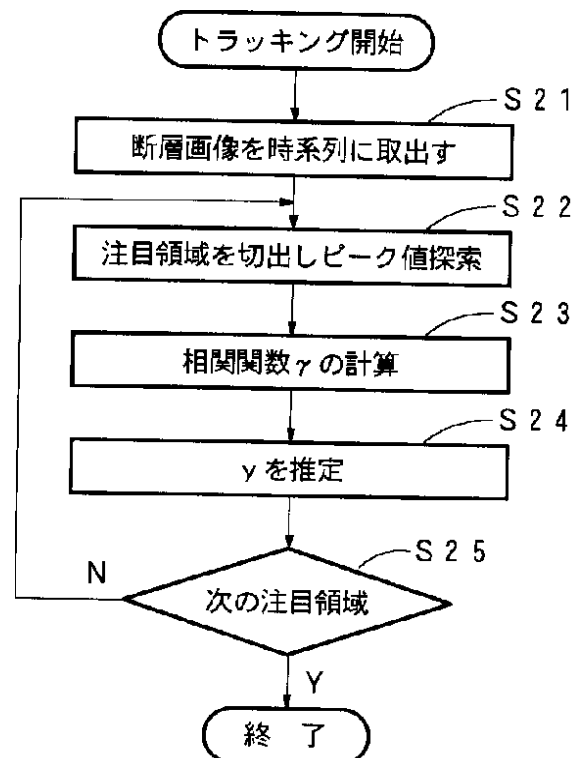
FA69 HA04

(54)【発明の名称】 超音波断層画像における面座標検出方法ならびにシステムおよび同方法がプログラムされ記録された記録媒体

(57)【要約】

【課題】 超音波断層画像に現れるテクスチャの変化に着目してセンサレスでトラッキングを行なう。

【解決手段】 超音波断層画像に現れるテクスチャの変化を用いて画像の3次元的な位置を特定するもので、超音波プローブの移動前後における2つの超音波断層画像の相関関数のピーク値から、断層画像面における移動ベクトルを測定し、また、相関関数のピーク値から断層画像に垂直な方向への移動距離を測定する。更に、移動前後の超音波診断画像のうち、どちらか一方の画像から小さい領域を複数切り出して、その領域と他方の画像との相関関数のピーク位置とピーク値から断層画像の回転角を測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波プローブを走査することにより物体内部を 3 次元映像化するための超音波断層画像における面座標検出方法であって、

前記超音波断層画像に現れるテクスチャの変化を用い、前記超音波断層画像の 3 次元的な位置を特定することを特徴とする超音波断層画像における面座標検出方法。

【請求項 2】 前記超音波プローブの移動前後における少なくとも 2 つの前記超音波断層画像の相関関数のピーク位置から前記超音波断層画像の面における移動ベクトルを求めることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波断層画像における面座標検出方法。

【請求項 3】 前記超音波プローブの移動前後における少なくとも 2 つの前記超音波断層画像の相関関数のピーク値から前記超音波断層画像に垂直な方向への移動距離を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波断層画像における面座標検出方法。

【請求項 4】 前記移動前後の超音波断層画像のうち、どちらか一方の超音波画像から小さい領域を複数切り出し、当該領域と前記他方の領域における超音波断層画像との相関関数のピーク位置とピーク値から前記超音波断層画像の回転角を求めることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の超音波断層画像における面座標検出方法。

【請求項 5】 超音波プローブを走査することにより物体内部を 3 次元映像化するための超音波断層画像における面座標検出システムであって、前記超音波プローブを介して物体を走査することによって前記物体内部における超音波断層画像を取り込む超音波診断装置と、前記超音波診断装置から取り込まれた超音波断層画像に現れるテクスチャの変化を用い、前記超音波断層画像の 3 次元的な位置を特定する演算制御装置を備えたことを特徴とする超音波断層画像における面座標検出システム。

【請求項 6】 前記演算制御装置は、前記超音波プローブの移動前後における少なくとも 2 つ*

$$\gamma = \frac{E\{[B(k) - \bar{B}(k)][B(k+1) - \bar{B}(k+1)]\}}{E\{[B(k) - \bar{B}(k)]^2\} E\{[B(k+1) - \bar{B}(k+1)]^2\}}$$

あらかじめ求めてある y 方向 (x はアレイ方向、 y は断層画像に対して垂直な方向、 z は、超音波の進行方向とする) への変位と相関係数 γ の関係から y を推定する第 5 のステップと、

前記 $B(k)$ と $B(k+1)$ の画像について (1) 式で表される相関係数 γ を計算する第 6 のステップと、前記第 3 のステップ以降の処理を任意回数繰り返し超音波断層画像のトラッキングを行なう第 7 のステップとか

*の前記超音波断層画像の相関関数のピーク位置から前記断層画像の面における移動ベクトルを求める第 1 の演算手段を備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の超音波断層画像における面座標検出システム。

【請求項 7】 前記演算制御装置は、更に、前記超音波プローブの移動前後における少なくとも 2 つの前記超音波断層画像の相関関数のピーク値から前記断層画像に垂直な方向への移動距離を求める第 2 の演算手段を備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の超音波断層画像における面座標検出システム。

【請求項 8】 前記演算制御装置は、更に、前記移動前後の超音波断層画像のうち、どちらか一方の画像から小さい領域を複数切り出し、当該領域と前記他方の領域における超音波断層画像との相関関数のピーク位置とピーク値から前記断層画像の回転角を求める第 3 の演算手段を備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の超音波断層画像における面座標検出システム。

【請求項 9】 超音波プローブを走査することにより物体内部を 3 次元映像化するための超音波断層画像における面座標検出システムに用いられる面座標検出プログラムが記録される記録媒体であって、前記面座標検出プログラムは、前記超音波断層画像を時系列に取得する第 1 のステップと、前記取得した k 番目の画像 $A(k)$ と、 $k+1$ 番目の画像 $A(k+1)$ について任意の領域を設定して切り出し、相互相関を計算することによってピークを探索する第 2 のステップと、前記切り出された領域を前記ピーク座標に基づく移動ベクトルだけ変位させ、新たに領域を設定する第 3 のステップと、前記変更された領域の画像をそれぞれ $B(k)$ 、 $B(k+1)$ として次式で示される相関係数 γ を計算する第 4 のステップと、

【数 1】

ら成り、前記各ステップをコンピュータに実行させる前記面座標検出プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 10】 前記取得した超音波断層画像を任意領域に分割し、それぞれの分割画像の移動量に基づき、次の二次方程式を計算することによって回転角 θ 、 ψ 、 ϕ を推定するステップが更にプログラムされ記録された記録媒体。

【数 2】

$$\begin{cases} x_1 = (\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \cos \phi \cos \psi \\ y_1 = (\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \sin \phi \cos \psi \\ z_1 = -(\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \sin \psi \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) (\cos \phi \sin \psi \sin \theta - \sin \phi \cos \theta) \\ y_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) (\sin \phi \sin \psi \sin \theta - \cos \phi \cos \theta) \\ z_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) \cos \psi \sin \theta \end{cases}$$

$|\psi| < (\pi/2)$, $\tilde{x}_2 > \tilde{x}_1$, $\tilde{y}_3 > \tilde{y}_1$ と仮定すると、解は、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{z_2}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2 - \gamma^2 z_1^2}}, \quad \psi = \tan^{-1} \frac{-z_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2}},$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{y_1}{x_1} \text{ となる。ただし、} \gamma = \frac{\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1}{\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1} \text{ である。}$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特に、生体内部を3次元映像化する超音波診断装置に用いて好適な、超音波断層画像における面座標検出方法ならびにシステムおよび同方法がプログラムされ記録された記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、医療の分野におけるコンピュータ技術の進歩には目覚ましいものがある。特に、臨床診断の分野において、超音波診断による生体内部の3次元映像を用いた超音波診断装置は広く普及している。超音波診断装置は、プローブから発せられた超音波が生体内組織の境界面で反射や屈折を起こし、その超音波の強弱を受信することによって、リアルタイムに断層画像を表示する装置である。X線を用いずに検査することができ、患者の被曝がないため、医学の分野において幅広く用いられるようになった。

【0003】超音波により生体内部を3次的に観察するのに、従来、画像取得の方法によって以下に列举する3つの方法があった。

(1) 2次元アレイプローブによってビームを電子的に2次元走査する。

(2) 1次元アレイプローブを機械的に1次元走査して断層画像を複数取得する。

(3) 1次元アレイプローブをマニュアルで任意に走査し、プローブにセンサを取り付けてプローブの位置をトラッキングする。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記した(1)に示す方法において、必要とされる高密度2次元アレイは未だ開発段階にあり、総振動子数で1000個が現状での限界と言われている。しかしながら、1000素子のアレイでは、従来の断層映像として比較した場合、分解能が

著しく劣化しており、実用には至っていない。また、

(2)に示す方法は、許容される画質で高速に3次元映像が得られるが、機械走査のためにプローブが大きく、従って操作性が悪い。また、未だ価格が高い等の欠点もある。

【0005】一方、(3)に示す方法は、現用の超音波診断装置にトラッキングセンサを取り付けるだけで走査はマニュアルで行ない、実時間性は犠牲になるが、最も高画質で目的とする画像が得られるといった利点を持つ。医師が通常の検査と同じような方式でプローブを任意に動かし、患部を走査して画像を取得することによって3次元映像化を実現できればその有用性は高く評価できる。しかしながら、プローブの位置をトラッキングするためのセンサシステムが超音波診断装置の他に必要となる。例えば、VRシステム等で用いられている交流磁界による3次元位置トラッキングセンサが多く用いられている。このようなセンサシステムを取り付けることは、操作性、価格、利便性等を大きく損なう。

【0006】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、超音波断層画像に現れる斑紋状のスペckルパターン等のテクスチャに着目し、プローブの変位を計測してこのプローブの変位に対するスペckルパターンの変化が統計的には常に同様な傾向を示し、観察している組織内部の状態に依存しないことを利用することにより、超音波断層画像に現れるスペckルパターン等テクスチャの変化を用いて超音波断層画像の3次的な位置を特定する、超音波断層画像における面座標検出方法ならびにシステムおよび同方法がプログラムされ記録された記録媒体を提供することを目的とする。

【0007】パルスエコー法による超音波診断像には、スペckルと呼ばれる斑紋状のパターンが現れ、本発明において生体内部の運動を定量的に測定するには、このスペckルパターンの様子や変化に着目する必要がある。生体内部の組織は、散乱体が不規則に多数集まった

ものとして考えら、パルスエコー法によって得られる受信波形は、各散乱体から戻ってくる反射波が干渉したものである。このような受信波は、トランスジューサを横に走査しながら画面上に表示して超音波断層像を得ると、斑紋状のノイズのようなものが見られる。これがスペックルパターンである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために請求項1に記載の発明は、超音波プローブを走査することにより物体内部を3次元映像化するための超音波断層画像における面座標検出方法であって、前記超音波断層画像に現れるテクスチャの変化を用い、前記超音波断層画像の3次元的位置を特定することを特徴とする。

【0009】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の超音波断層画像における面座標検出方法において、前記超音波プローブの移動前後における少なくとも2つの前記超音波断層画像の相関関数のピーク位置から前記超音波断層画像の面における移動ベクトルを求めることを特徴とする。

【0010】請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の超音波断層画像における面座標検出方法において、前記前記超音波プローブの移動前後における少なくとも2つの前記超音波断層画像の相関関数のピーク値から前記超音波断層画像に垂直な方向への移動距離を求めることを特徴とする。

【0011】請求項4に記載の発明は、請求項2または3に記載の超音波断層画像における面座標検出方法において、前記移動前後の超音波断層画像のうち、どちらか一方の画像から小さい領域を複数切り出し、当該領域と前記他方の領域における超音波断層画像との相関関数のピーク位置とピーク値から前記断層画像の回転角を求めることを特徴とする。

【0012】請求項5に記載の発明は、超音波プローブを走査することにより物体内部を3次元映像化するための超音波断層画像における面座標検出システムであって、前記超音波プローブを介して物体を走査することによって前記物体内部における超音波断層画像を取り込む超音波診断装置と、前記超音波診断装置から取り込まれた超音波断層画像に現れるテクスチャの変化を用い、前記

$$\gamma = \frac{E\{[B(k) - \bar{B}(k)][B(k+1) - \bar{B}(k+1)]\}}{E\{[B(k) - \bar{B}(k)]^2\}E\{[B(k+1) - \bar{B}(k+1)]^2\}}$$

あらかじめ求めてある y 方向(x はアレイ方向、 y は断層画像に対して垂直な方向、 z は、超音波の進行方向とする)への変位と相関係数 γ の関係から y を推定する第5のステップと、前記 $B(k)$ と $B(k+1)$ の画像について前記演算式で表される相関係数 γ を計算する第6のステップと、前記第3のステップ以降の処理を任意回数繰り返し超音波断層画像のトラッキングを行なう第

*記超音波断層画像の3次元的位置を特定する演算制御装置を備えたことを特徴とする。

【0013】請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の超音波断層画像における面座標検出システムにおいて、前記演算制御装置は、前記超音波プローブの移動前後における少なくとも2つの前記超音波断層画像の相関関数のピーク位置から前記断層画像の面における移動ベクトルを求める第1の演算手段を備えたことを特徴とする。

【0014】請求項7に記載の発明は、請求項5に記載の超音波断層画像における面座標検出システムにおいて、前記演算制御装置は、更に、前記超音波プローブの移動前後における少なくとも2つの前記超音波断層画像の相関関数のピーク値から前記断層画像に垂直な方向への移動距離を求める第2の演算手段を備えたことを特徴とする。

【0015】請求項8に記載の発明は、請求項5に記載の超音波断層画像における面座標検出システムにおいて、前記演算制御装置は、更に、前記移動前後の超音波断層画像のうち、どちらか一方の画像から小さい領域を複数切り出し、当該領域と前記他方の領域における超音波断層画像との相関関数のピーク位置とピーク値から前記断層画像の回転角を求める第3の演算手段を備えたことを特徴とする。

【0016】請求項9に記載の発明は、超音波プローブを走査することにより物体内部を3次元映像化するための超音波断層画像における面座標検出システムに用いられる面座標検出プログラムが記録される記録媒体であって、前記面座標検出プログラムは、前記超音波断層画像を時系列に取得する第1のステップと、前記取得した k 番目の画像 $A(k)$ と、 $k+1$ 番目の画像 $A(k+1)$ について任意の領域を設定して切り出し、相互相関を計算することによってピークを探索する第2のステップと、前記切り出された領域を前記ピーク座標に基づく移動ベクトルだけ変位させ、新たに領域を設定する第3のステップと、前記変更された領域の画像をそれぞれ $B(k)$ 、 $B(k+1)$ として次式で示される相関係数 γ を計算する第4のステップと、

【数3】

7のステップとから成ることを特徴とする記録媒体である。

【0017】請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の記録媒体において、前記取得した超音波断層画像を任意領域に分割し、それぞれの分割画像の移動量に基づき、次式の二次方程式を計算することによって回転角 θ 、 ψ 、 ϕ を推定するステップが更にプログラムされ記

録されたことを特徴とする

* * 【数4】

$$\begin{cases} x_1 = (\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \cos \phi \cos \psi \\ y_1 = (\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \sin \phi \cos \psi \\ z_1 = -(\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \sin \psi \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) (\cos \phi \sin \psi \sin \theta - \sin \phi \cos \theta) \\ y_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) (\sin \phi \sin \psi \sin \theta - \cos \phi \cos \theta) \\ z_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) \cos \psi \sin \theta \end{cases}$$

$|\psi| < (\pi/2)$, $\tilde{x}_2 > \tilde{x}_1$, $\tilde{y}_3 > \tilde{y}_1$ と仮定すると、解は、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{z_2}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2 - \gamma^2 z_1^2}}, \quad \psi = \tan^{-1} \frac{-z_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2}},$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{y_1}{x_1} \text{ となる。ただし、} \gamma = \frac{\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1}{\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1} \text{ である。}$$

【0018】このことにより、時系列で取得した画像の相互相関のピーク座標からx-z平面での移動ベクトルを相関関数 γ の減少からy方向への移動量を推定するもので、結果として3次元移動ベクトルを推定できる。また、回転角も考慮することによって、超音波1次元アレイプローブをマニュアル走査することにより3次元映像化するセンサレスの断層面座標検出システムを提供することができ、回転角も考慮することでトラッキングセンサを持つ超音波診断装置と略同等の精度が得られる。

【0019】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の超音波断層画像における面座標検出方法を実現するシステムおよび実験システム構成を示すブロック図である。図1において、1は、超音波診断装置である。2はパーソナルコンピュータであり、超音波診断装置1のビデオ出力からバス接続されたキャプチャボードを介して画像を取り込み、プログラムに従って演算を行なう。3は、プローブである。また、プローブ近傍に水槽を示したが、これは、実験システムにのみ付加されるものであり、システムを構成するときには必要ない。

【0020】パーソナルコンピュータ2は、超音波診断装置1を介して取り込まれた超音波断層画像に現れるスペックル等テクスチャの変化を用い、超音波断層画像の3次元的位置を特定する演算制御装置を備えている。演算制御装置は内蔵の面座標検出プログラムによって制御され、プローブ3の移動前後における2つの超音波断層画像の相関関数のピーク位置から断層画像の面における移動ベクトルを求める第1の演算手段と、プローブ3の移動前後における2つの超音波断層画像の相関関数のピーク値から断層画像に垂直な方向への移動距離を求める第2の演算手段と、移動前後の超音波断層画像のうち、どちらか一方の画像から小さい領域を複数切り出し、当該領域と他方の領域における超音波断層画像との

相関関数のピーク位置とピーク値から断層画像の回転角を求める第3の演算手段を備えている。

【0021】ここでは、生体組織模擬ファントムとして、グラファイト粉末を拡散させた寒天水溶液をゲル化して作成したファントムを用いてスペックルについての相関関数を計算するものとする。そこで、プローブ3を図示せぬ3軸ステージに固定し、プローブ3を、アレイ方向、レンジ方向、スライス方向にそれぞれ0.05mm、0.1mm、0.1mmずつ移動させながら、超音波診断装置1により超音波断層像を取得し、パーソナルコンピュータ2が内蔵する演算制御装置によって後述する相関係数 γ 他を計算するものとする。ここで、アレイ方向とは、超音波断層像の映像面に対して平行な方向x、レンジ方向とは超音波の照射方向y、スライス方向とは超音波断層像の映像に対して垂直な方向zを示すものとする。

【0022】本発明は、上述したように、超音波断層像に現れる斑紋状のスペックルパターンに着目し、超音波プローブの変位を計測して超音波プローブの変位に対するスペックルパターンの変化が統計的には常に同様な傾向を示し、観察している組織内部の状態に依存しないことを利用するものである。すなわち、映像化している断層画像の面内での変位については、スペックルは大きく相関を保ったまま移動し、断層面に垂直な方向についての変位は大きく相関を失っていく。従って、超音波プローブの移動前後における超音波断層画像の相関関数を計算し、相関ピーク位置のいずれをもつて断層面内の変位ベクトルとし、相関ピーク値から断層面に垂直な方向への変位を推定することができる。なお、相関ピーク値と移動量との関係はあらかじめ測定してテーブルを作っておくことになる。

【0023】超音波プローブをマニュアル走査して生体の3次元画像データを取得する際には、超音波プローブ

を y 方向へ移動させることが支配的であると考えられる。そこで、y 方向への超音波プローブを移動させたときのスペックルパターンの変化を調べることにした。スペックルパターンを定量的に扱うための統計量として、相関関数がひとつの指標となる。そこで y 方向へプローブを移動させながら断層画像を取得して、それらの画像の相関関数を求めておけば、その最大値からプローブの移動距離を推定できることになる。スペックルの相関値は、散乱体の分布には依存せずにビームの点広がり関数によって決まるためである。

【0024】任意に走査して得られた超音波断層画像は、y 方向への移動だけでなく、x - z 方向への移動も含まれる。また、超音波断層画像を形成する平面は、並行移動ではなく、回転も伴う。従って、これらの補正が必要となる。y 方向への移動による相関ピークの減少は、x - z 方向への移動による減少に比べて大きいことが予想される。なぜなら、x - z 平面内での移動については、注目する組織は、映像面からはずれてしまうため、相関は急激に減少することになる。つまり、x - z 方向への移動についての相関ピークの減少はほぼ無視できると考えられる。

【0025】上述したことを念頭に、スペックルの変化に注目して超音波断層画像のトラッキングを以下の手順で行なうこととした。トラッキングの手順を図 2 にフロ*

$$\gamma = \frac{E\{[B(k) - \bar{B}(k)][B(k+1) - \bar{B}(k+1)]\}}{E\{[B(k) - \bar{B}(k)]^2\}E\{[B(k+1) - \bar{B}(k+1)]^2\}}$$

但し、 $E\{\}$ は、期待値を表す。

【0028】次に、あらかじめ求めてある y 方向への変位と相関関数 γ との関係から、ステップ S 2 3 で計算した相関関数 γ から y を推定する (ステップ S 2 4)。そして、 $B(k)$ と $B(k+1)$ の画像について先の演算式で表される相関係数 γ を計算する (ステップ S 2 3)。なお、ステップ S 2 2 以降の処理は、断層画像に注目領域が設定される毎、任意回数 (ここでは 3 回) 繰り返され、このことにより、超音波断層画像のトラッキングが行なわれる (ステップ S 2 5)。

【0029】図 3 に、超音波診断装置 1 により取得された断層画像の一例 (a) と、設定した 3 つの注目領域の画像 (b) が示されている。ここで、断層画像の画素数は、640 画素 × 480 画素、注目画像の画素数は、50 画素 × 50 画素である。図 3 (b) のように設定した 3 つの注目画像において、中央の画像について相関係数 γ を計算した結果が図 4 にグラフ表示されている。

【0030】図 4 は、移動距離と相関関数 γ との関係を示すために、横軸に移動距離を、縦軸に相関係数 γ をプロットしたグラフである。図 4 からわかるように、y 方向への移動に関し、x - z 方向への移動に比べて相関関数 γ の減少するスピードはかなり速いことがわかる。つまり、相関関数 γ の減少は、ほぼ y 方向への移動による

*ーチャートで示してある。ここに示す手順は、パーソナルコンピュータ 2 に面座標検出プログラムとしてプログラムされ記録されているものとする。なお、当該プログラムが記録される媒体は、半導体メモリ、磁気メモリ、光メモリ等種類を問わない。また、インターネット等の通信媒体を介してダウンロードして得ることも考えられる。

【0026】以下、図 2 に示すフローチャートを参照しながら図 1 に示す本発明実施形態の動作について詳細に説明する。まず、マニュアルでプローブ 3 により対象を走査しながら超音波診断装置 1 から超音波断層画像を時系列に取得する (ステップ S 2 1)。このときの時間間隔は十分短いものとする。

【0027】次に、ステップ S 2 1 で取得した k 番目の画像 $A(k)$ と、k + 1 番目の画像 $A(k+1)$ について、注目する任意の画像領域を設定して切り出し、相互相関を計算することによってピーク値を探索する (ステップ S 2 2)。このピーク座標は、x - z 平面内での移動を表すので、先に切り出した領域の画像を移動ベクトル相当だけ変位させ、新たに注目すべき領域を設定する。そして、変更された領域の画像をそれぞれ $B(k)$ 、 $B(k+1)$ とし、次式で示される相関係数 γ を計算する (ステップ S 2 3)。

【数 5】

ものと近似できる。このことは、相関関数 γ を用いて移動距離を 3 次元ベクトルとして推定できる可能性を示唆している。

【0031】次に、プローブ 3 をマニュアルで y 方向に走査しながら一連の超音波断層画像を取得して、各超音波断層画像の移動ベクトルを推定する。約 6 フレーム / 秒で時系列に取得した超音波診断画像から 50 画素 × 50 画素の注目画像を設定し、50 画素 × 50 画素の相関関数 γ を計算し、移動距離を推定した結果を図 5 ならびに図 6 に示す。図 5 に示すグラフは、相関係数 γ が 0.8 以下になったときに、参照する超音波診断画像を変える方式であり、図 6 に示すグラフは、相関関数 γ が 0.7 以下になったときに、参照する超音波断層画像を変えた場合を示している。図 5、図 6 共、横軸にフレーム数、縦軸に移動距離が目盛られており、20 フレームを取得する時間は約 3 秒とする。

【0032】比較のために、交流磁界センサをプローブに取り付けて測定した移動量も示してある。このセンサは、VR 用として開発されたもので、測定誠意度は公称 0.1 mm である。図中、マーカ + が磁界センサによる測定値、マーカ ×、○、* は、図 3 (b) に示すように設定したそれぞれの注目領域画像についての結果を示す。これらの結果で求めた距離は、累積での移動距離で

あるため、単調増加になっている。また、フレーム数が増大すると誤差も増大しているのは、誤差が累積しているためである。

【0033】図5および図6ともにマーカ+とマーカ×は、10フレームまでは比較的一致していることがわかる。10フレーム以降は磁界センサによる測定値とのずれが生じているが、これはプローブが回転移動を伴ったためと考えられる。磁界センサは、プローブに取り付けられており、ここでは座標データのみプロットしており、回転角度は考慮していない。このように、測定データは、回転角度を考慮していない範囲で一致しており、スペックルから移動距離を測定できることを示している。

【0034】以下に回転角度の求め方について説明する。ここでは、プローブ移動前における値用音波断層画像の横方向をx軸、縦方向をy軸とする。z軸は画像に垂直な方向である。図7に示すように、移動前の画像に任意の1点 p_1 を指定し、その座標を $(x_1, y_1, 0)$ とする。次に、 p_1 と同じy座標を持つ $p_2(x_2, y_1, z_2)$ と

$$\begin{cases} x_1 = (\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \cos \phi \cos \psi \\ y_1 = (\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \sin \phi \cos \psi \\ z_1 = -(\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1) \sin \psi \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) (\cos \phi \sin \psi \sin \theta - \sin \phi \cos \theta) \\ y_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) (\sin \phi \sin \psi \sin \theta - \cos \phi \cos \theta) \\ z_2 = (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1) \cos \psi \sin \theta \end{cases}$$

$|\psi| < (\pi/2)$ 、 $\tilde{x}_2 > \tilde{x}_1$ 、 $\tilde{y}_3 > \tilde{y}_1$ と仮定すると、解は、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{z_2}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2 - \gamma^2 z_1^2}}, \quad \psi = \tan^{-1} \frac{-z_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2}},$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{y_1}{x_1} \text{ となる。ただし、} \gamma = \frac{\tilde{y}_3 - \tilde{y}_1}{\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1} \text{ である。}$$

【0037】以上説明のように、本発明は、超音波断層画像に現れるテクスチャの変化を用いて画像の3次元的な位置を特定するもので、超音波プローブの移動前後における2つの超音波断層画像の相関関数のピーク値から、断層画像面における移動ベクトルを測定し、また、相関関数のピーク値から断層画像に垂直な方向への移動距離を測定する。更に、移動前後の超音波断層画像のうち、どちらか一方の画像から小さい領域を複数切り出して、その領域と他方の画像との相関関数のピーク位置とピーク値から断層画像の回転角を測定するものであり、このことにより、センサレスの超音波断層画像における面座標検出システムを提供することができる。

【0038】

【発明の効果】以上説明のように本発明によれば、超音波断層画像に現れる斑紋状のスペックルパターン等のテク

*0)、そして、 p_1 と同じx座標を持つ $p_3(x_1, y_3, 0)$ を定める。また、上述した相関係数 γ により求めた3つの点の移動ベクトルをそれぞれ、 $d_1 = (\alpha_1, \beta_1, x_1)$ 、 $d_2 = (\alpha_2, \beta_2, x_2)$ 、 $d_3 = (\alpha_3, \beta_3, x_3)$ とする。

【0035】次に、 p_1 を原点として p_2 へ向かうベクトル $v_1 = (x_2 - x_1, 0, 0)$ と、 p_1 を原点として p_3 へ向かうベクトル $v_2 = (0, y_3 - y_1, 0)$ が、移動後の画像に同様なベクトル $v_1 = (x_1, y_1, z_1)$ 、 $v_2 = (x_2, y_2, z_2)$ への座標変換を考える。

【0036】ここで、 $(x_1, y_1, z_1) = (x_2 - x_1 + \alpha_2 - \alpha_1, \beta_2 - \beta_1, x_2 - x_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2) = (\alpha_3 - \alpha_1, y_3 - y_1 + \beta_3 - \beta_1, x_3 - x_1)$ である。上述した座標変換をx軸の周りに角度 θ だけ回転させ、y軸の周りに角度 ψ だけ回転させ、z軸の周りに角度 ϕ だけ回転させることによって実現するものとし、この場合、回転角 θ 、 ψ 、 ϕ は、以下の連立方程式を解くことにより求めることができる。

【数6】

スチャに着目し、プローブの変位を計測してこのプローブの変位に対するスペックルパターンの変化が統計的には常に同様な傾向を示し、観察している組織内部の状態に依存しないことを利用することにより、超音波断層画像に現れるスペックルパターン等テクスチャの変化を用いて超音波断層画像の3次元的な位置を特定することができる。このことにより、時系列で取得した画像の相互相関のピーク座標からx-z平面での移動ベクトルを、相関関数 γ の減少からy方向への移動量を推定するもので、結果として3次元移動ベクトルを推定できる。従って、センサレスで計測が可能となり、また、回転角も考慮することにより、交流磁界センサを持つシステムとほぼ同じ性能を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の超音波断層画像における面座標検出方

法を実現するシステムおよび実験システム構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の超音波断層画像における面座標検出システムによる、センサレスでトラッキングを行なう手順をフローチャートで示した図である。

【図3】本発明において用いられるスペックルパターンの一例を示す断層画像写真である。

【図4】本発明実施形態の動作を説明するために引用した図であり、移動距離と相関関数 γ との関係を示したグラフである。

【図5】本発明実施形態の動作を説明するために引用し*

*た図であり、相関係数 γ が0.8以下の場合の移動距離とフレーム数との関係を示したグラフである。

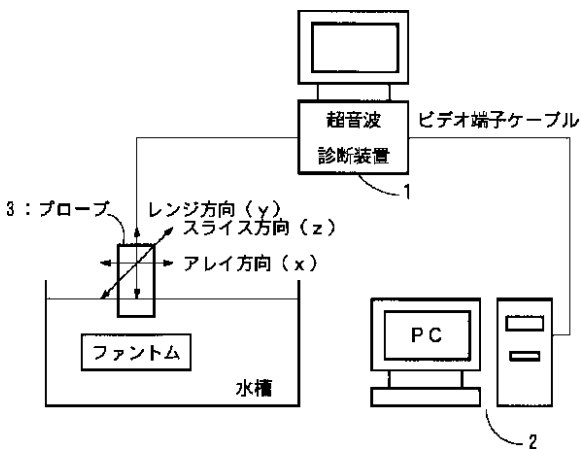
【図6】本発明実施形態の動作を説明するために引用した図であり、相関係数 γ が0.7以下の場合の移動距離とフレーム数との関係を示したグラフである。

【図7】本発明実施形態による回転角度を求める際の動作を説明するために引用した図である。

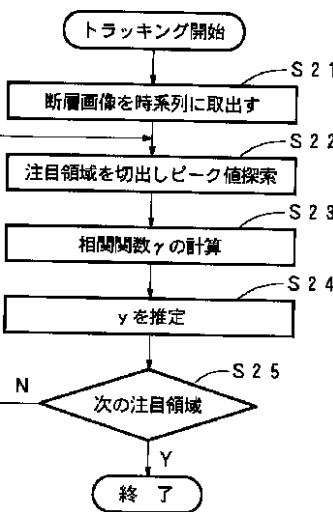
【符号の説明】

- 1 超音波診断装置
- 2 パーソナルコンピュータ
- 3 プローブ

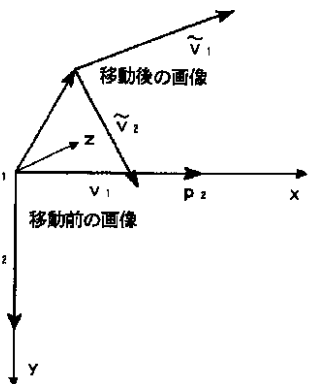
【図1】



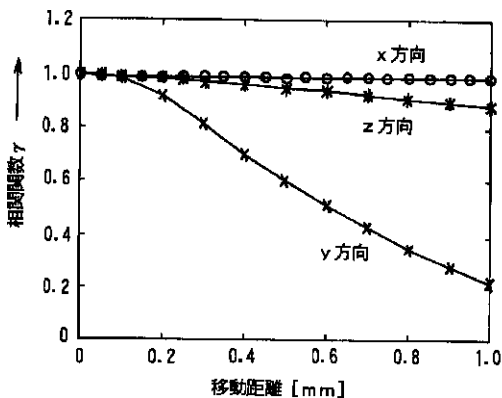
【図2】



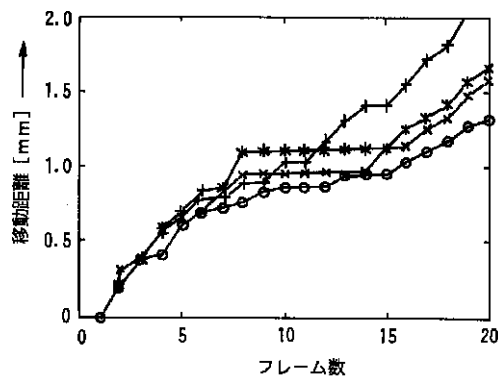
【図7】



【図4】



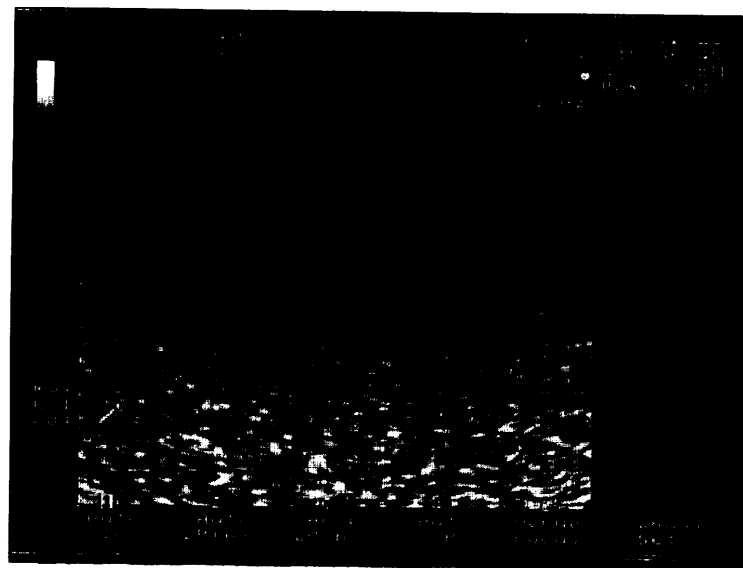
【図5】



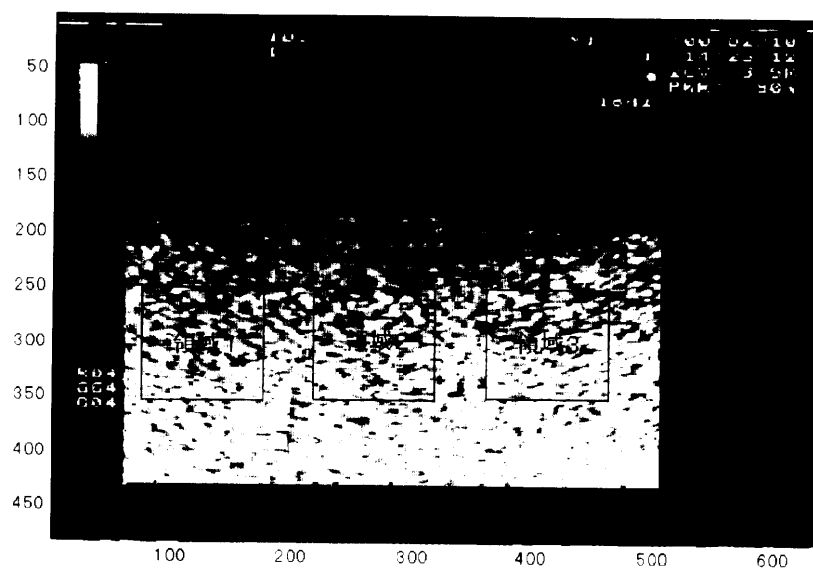
+ ; センサによる測定値

×、○、* ; スペックル追跡による測定値

【図3】

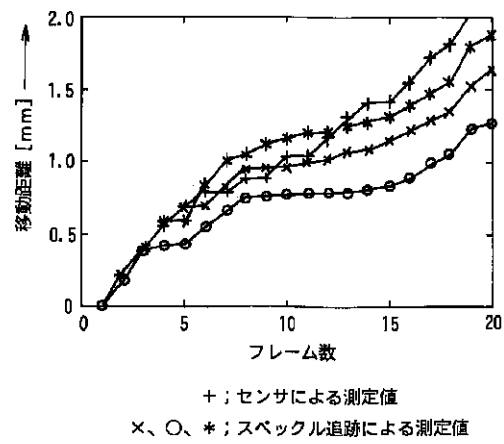


(a)



(b)

【図6】



专利名称(译)	用于检测超声波断层图像中的表面坐标的方法和系统以及编程和记录该方法的记录介质		
公开(公告)号	JP2002102223A	公开(公告)日	2002-04-09
申请号	JP2000304141	申请日	2000-10-03
申请(专利权)人(译)	三谷产业株式会社有限公司		
[标]发明人	秋山いわき		
发明人	秋山 いわき		
IPC分类号	A61B8/00 G06T1/00 G06T7/60		
FI分类号	A61B8/00 G06T1/00.290.D G06T7/60.150.B G06T7/00.612 G06T7/529 G06T7/60 G06T7/70.A		
F-TERM分类号	4C301/BB05 4C301/BB13 4C301/EE15 4C301/GD02 4C301/JB28 5B057/AA09 5B057/BA05 5B057/CA13 5B057/CA16 5B057/DA07 5B057/DB03 5B057/DC30 5B057/DC36 5L096/AA09 5L096/BA06 5L096/BA13 5L096/CA18 5L096/FA34 5L096/FA69 5L096/HA04 4C601/BB03 4C601/BB09 4C601/BB17 4C601/EE12 4C601/GA17 4C601/GA18 4C601/GA21 4C601/JB34 4C601/JB41 4C601/JB50 4C601/JC13 4C601/LL38		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：要通过注意超声断层图像中出现的纹理变化来执行无传感器跟踪。 解决方案：通过使用超声断层图像中出现的纹理变化来指定图像的三维位置，从超声探头移动前后两个超声断层图像的相关函数的峰值中，测量断层图像平面上的运动矢量，并且测量距相关函数的峰值在垂直于断层图像的方向上的移动距离。此外，在移动之前和之后，从一个超声诊断图像中切出多个小区域，并且根据该区域与另一图像之间的相关函数的峰值位置和峰值来测量断层图像的旋转角度。。

