

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4297699号  
(P4297699)

(45) 発行日 平成21年7月15日(2009.7.15)

(24) 登録日 平成21年4月24日(2009.4.24)

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

請求項の数 31 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2003-50271 (P2003-50271)	(73) 特許権者	300019238
(22) 出願日	平成15年2月27日 (2003.2.27)		ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー
(65) 公開番号	特開2003-275210 (P2003-275210A)		アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・710・3000
(43) 公開日	平成15年9月30日 (2003.9.30)		
審査請求日	平成18年2月22日 (2006.2.22)	(74) 代理人	100093908
(31) 優先権主張番号	09/683893		弁理士 松本 研一
(32) 優先日	平成14年2月28日 (2002.2.28)	(74) 代理人	100105588
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スペクトル歪み度を抽出するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波システム(5)が生成したドプラ・データに応答して複数の歪み度スペクトルを作成し表示するための装置であって、前記複数の歪み度スペクトルを作成するように前記ドプラ・データに対して応答性を示す歪み度処理装置(100)を備え、前記歪み度処理装置(100)が、前記ドプラ・データに応答して複数のスケール変換前の歪み度スペクトルを作成する第1の要素と、前記複数のスケール変換前の歪み度スペクトルに**応答して前記複数の歪み度スペクトルを作成する第2の要素を備える装置。**

【請求項2】

前記歪み度処理装置(100)が、複数のスケール変換前の歪み度スペクトルを作成するように2組のドプラ・スペクトルを含むような前記ドプラ・データに対して応答性を示す循環畳み込み要素(230)と、スケール変換された振幅値を含むような前記複数の歪み度スペクトルを作成するように前記複数のスケール変換前の歪み度スペクトルに対して応答性を示すスケール変換要素(240)と、を備えている、請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記2組のドプラ・スペクトルが、前記超音波システム(5)が発生させる超音波ビーム(145)に沿った第1のサンプル深度(141)に対応した第1組のドプラ・スペクトル(210)と、前記超音波ビーム(145)に沿った第2のサンプル深度(142)に対応した第2組のドプラ・スペクトル(220)と、を含んでいる、請求項2に記載の装置。

10

20

## 【請求項 4】

前記歪み度処理装置（100）が、複数のスケール変換前の歪み度スペクトルを作成するように2組の複素ドブラ・パッケージを含むような前記ドブラ・データに対して応答性を示すスペクトル推定要素（270）と、スケール変換された振幅値を含むような前記複数の歪み度スペクトルを作成するように前記複数のスケール変換前の歪み度スペクトルに対して応答性を示すスケール変換要素（280）と、を備えている、請求項1に記載の装置。

## 【請求項 5】

前記2組の複素ドブラ・パッケージが、前記超音波システム（5）が発生させる超音波ビーム（145）に沿った第1のサンプル深度（141）に対応した第1組の複素ドブラ・パッケージと、前記超音波ビーム（145）に沿った第2のサンプル深度（142）に対応した第2組の複素ドブラ・パッケージと、を含んでいる、請求項4に記載の装置。

10

## 【請求項 6】

前記スペクトル推定要素（270）が、前記複数のスケール変換前の歪み度スペクトルからなる単一のスケール変換前の歪み度スペクトルを作成するように前記第1組の複素ドブラ・パッケージからの第1の複素ドブラ・パッケージ（250）及び前記第2組の複素ドブラ・パッケージからの第2の複素ドブラ・パッケージ（260）に関する共役複素数に対して応答性を示す、請求項5に記載の装置。

## 【請求項 7】

前記歪み度処理装置（100）が、複数の複素自己相関パッケージを作成するように複数の複素ドブラ・パッケージを含むような前記ドブラ・データに対して応答性を示す複素自己相関要素（290）と、複数のスケール変換前の歪み度スペクトルを作成するように前記複数の複素自己相関パッケージに対して応答性を示すスペクトル推定要素（310）と、スケール変換された振幅値を含むような前記複数の歪み度スペクトルを作成するように前記複数のスケール変換前の歪み度スペクトルに対して応答性を示すスケール変換要素（320）と、を備えている、請求項1に記載の装置。

20

## 【請求項 8】

前記複数のスケール変換前の歪み度スペクトルの各スケール変換前の歪み度スペクトルが前記複数の複素ドブラ・パッケージの一意の部分組から作成されると共に、前記一意の部分組内の複素ドブラ・パッケージの各々が前記超音波システム（5）が走査面（140）内で発生させる超音波ビーム（145）に沿った一意の1つのサンプル深度に対応している、請求項7に記載の装置。

30

## 【請求項 9】

前記複数の歪み度スペクトルの前記作成及び表示が、前記超音波システム（5）の組み込み機能としてリアルタイムで達成されている、請求項1に記載の装置。

## 【請求項 10】

前記複数の歪み度スペクトルの前記作成及び表示が、前記超音波システム（5）のリアルタイム動作と独立に後処理機能として達成されている、請求項1に記載の装置。

## 【請求項 11】

さらに、前記超音波システム（5）のオペレータに対してモニタ（150）上でスペクトル時間軸画像として表示させる歪み度スペクトログラム（200）を作成するように前記複数の歪み度スペクトルに対して応答性を示す表示処理装置（130）を備える請求項1に記載の装置。

40

## 【請求項 12】

前記複数の歪み度スペクトルから導出されるスペクトル時間軸画像の表示形式が、歪み度（170）対時間（190）を含む、請求項1に記載の装置。

## 【請求項 13】

前記複数の歪み度スペクトルから導出されるスペクトル時間軸画像の表示形式が、ドブラ周波数差（180）対時間（190）を含む、請求項1に記載の装置。

## 【請求項 14】

50

被検体内の組織セグメント（１４７）に対応して超音波システム（５）が生成したドブラ・データに  
 応答して複数の歪み度スペクトルを作成し表示するための方法であって、前記複数の歪み度  
 スペクトルを作成するように前記ドブラ・データに  
 応答して歪み度処理（１００）を実行するステップを含み、該歪み度処理（１００）を実行する  
 ステップが、前記ドブラ・データに  
 応答して複数のスケール変換前の歪み度スペクトルを作成するステップと、前記複数の  
 スケール変換前の歪み度スペクトルに  
 応答して前記複数の歪み度スペクトルを作成するステップとを備える方法。

【請求項 15】

前記歪み度処理（１００）のステップが、複数のスケール変換前の歪み度スペクトルを  
 作成するように２組のドブラ・スペクトルを含むような前記ドブラ・データに  
 応答して循環畳み込み処理（２３０）を実行するステップと、スケール変換された振幅値を含むよ  
 うな前記複数の歪み度スペクトルを作成するように前記複数のスケール変換前の歪み度  
 スペクトルに  
 応答して強度値スケール変換（２４０）を実行するステップと、を含む、請求項  
 14に記載の方法。

10

【請求項 16】

前記２組のドブラ・スペクトルが、前記超音波システムが発生させる超音波ビーム（１  
 ４５）に沿った第１のサンプル深度（１４１）に対応した第１組のドブラ・スペクトル（  
 ２１０）と、前記超音波ビーム（１４５）に沿った第２のサンプル深度（１４２）に対  
 応した第２組のドブラ・スペクトル（２２０）と、を含んでいる、請求項 15 に記載の  
 方法。

20

【請求項 17】

前記歪み度処理（１００）のステップが、複数のスケール変換前の歪み度スペクトルを  
 作成するように２組の複素ドブラ・パケットを含むような前記ドブラ・データに  
 応答してスペクトル推定処理（２７０）を実行するステップと、スケール変換された振幅値を  
 含むような前記複数の歪み度スペクトルを作成するように前記複数のスケール変換  
 前の歪み度スペクトルに  
 応答して振幅値スケール変換（２８０）を実行するステップと、を含む、請  
 求項 14 に記載の方法。

【請求項 18】

前記２組の複素ドブラ・パケットが、前記超音波システム（５）が発生させる超音波  
 ビーム（１４５）に沿った第１のサンプル深度（１４１）に対応した第１組の複素ド  
 ブラ・パケットと、前記超音波ビーム（１４５）に沿った第２のサンプル深度（１  
 ４２）に対応した第２組の複素ドブラ・パケットと、を含んでいる、請求項 15 に  
 記載の方法。

30

【請求項 19】

前記第１組の複素ドブラ・パケットからの第１の複素ドブラ・パケット（２５０）及び  
 前記第２組の複素ドブラ・パケットからの第２の複素ドブラ・パケット（２６０）に  
 関する共役複素数に  
 応答して前記スペクトル推定処理（２７０）を実行することによって、前記  
 複数のスケール変換前の歪み度スペクトルからなる単一のスケール変換前の歪  
 み度スペクトルを得ている、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記歪み度処理（１００）のステップが、複数の複素自己相関パケットを作成するよ  
 うに複数の複素ドブラ・パケットを含むような前記ドブラ・データに  
 応答して複素自己相関処理（２９０）を実行するステップと、複数のスケール変換  
 前の歪み度スペクトルを作成するように前記複数の複素自己相関パケットに  
 応答してスペクトル推定処理（３１０）を実行するステップと、スケール変換  
 された振幅値を含むような前記複数の歪み度スペクトルを作成するよ  
 うに前記複数のスケール変換前の歪み度スペクトルに  
 応答して振幅値スケール変換（３２０）を実行するステップと、を含む、請  
 求項 14 に記載の方法。

40

【請求項 21】

前記複数のスケール変換前の歪み度スペクトルの各スケール変換前の歪み度  
 スペクトルが前記複数の複素ドブラ・パケットの一意の部分組から作成され  
 ると共に、前記一意の部分組内の複素ドブラ・パケットの各々が前記超  
 音波システム（５）が走査面（１４０）内

50

で発生させる超音波ビーム（１４５）に沿った一意の１つのサンプル深度に対応している、請求項２０に記載の方法。

【請求項２２】

前記複数の歪み度スペクトルの前記作成及び表示が、前記超音波システム（５）の組み込み機能としてリアルタイムで達成されている、請求項１４に記載の方法。

【請求項２３】

前記複数の歪み度スペクトルの前記作成及び表示が、前記超音波システム（５）のリアルタイム動作と独立に後処理機能として達成されている、請求項１４に記載の方法。

【請求項２４】

前記超音波システム（５）のオペレータに対してスペクトル時間軸画像として表示させる歪み度スペクトログラム（２００）を作成するように前記複数の歪み度スペクトルに  
10 応答して表示処理（１３０）を実行するステップをさらに含む請求項１４に記載の方法。

【請求項２５】

前記複数の歪み度スペクトルから導出されるスペクトル時間軸画像の表示形式が、歪み度（１７０）対時間（１９０）を含む、請求項１４に記載の方法。

【請求項２６】

前記複数の歪み度スペクトルから導出されるスペクトル時間軸画像の表示形式が、ドブラ周波数差（１８０）対時間（１９０）を含む、請求項１４に記載の方法。

【請求項２７】

被検体の組織セグメント（１４７）に対応した複数の歪み度スペクトルを作成し表示す  
20 ための診断用超音波スキャナ（５）であって、走査線（１４５）に沿って前記被検体内に超音波エネルギーを送信しており、前記被検体から後方散乱された前記送信超音波エネルギーに対して応答性を示すと共に前記走査線（１４５）に沿って受信ビーム形成済みデータを生成しているフロントエンド（１０）と、前記受信ビーム形成済みデータに対して応答性を示すと共に複素ドブラ・パケットを生成している復調モジュール（８５）と、前記複素ドブラ・パケットに対して応答性を示すと共にドブラ・スペクトル・データを生成しているドブラ処理モジュール（９０）と、ドブラ・データに対して応答性を示すと共に複数の歪み度スペクトルを生成している歪み度処理モジュール（１００）と、前記複数の歪み度スペクトルに対して応答性を示すと共に歪み度スペクトログラム（２００）を生成しているスペクトル・バッファ・モジュール（１２０）と、前記歪み度スペクトログラム  
30 （２００）に対して応答性を示すと共にスペクトル歪み度画像を生成している表示アーキテクチャ（１６０）と、を備える診断用超音波スキャナ（５）。

【請求項２８】

前記ドブラ・データが前記ドブラ・スペクトル・データを含む、請求項２７に記載の診断用超音波スキャナ（５）。

【請求項２９】

前記ドブラ・データが前記複素ドブラ・パケットを含む、請求項２７に記載の診断用超音波スキャナ（５）。

【請求項３０】

前記複数の歪み度スペクトルから導出されるスペクトル時間軸画像の表示形式が、歪み度（１７０）対時間（１９０）を含む、請求項２７に記載の診断用超音波スキャナ（５）  
40 。

【請求項３１】

前記複数の歪み度スペクトルから導出されるスペクトル時間軸画像の表示形式が、ドブラ周波数差（１８０）対時間（１９０）を含む、請求項２７に記載の診断用超音波スキャナ（５）。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明のある種の実施形態は、解剖学的構造並びにその動きを計測しかつ画像化する診断  
50

用超音波システムに関する。さらに詳細には、ある種の実施形態は、動いている組織構造に関連する歪み度スペクトルを作成しかつ表示するための方法及び装置に関する。

#### 【0002】

##### 【発明の背景】

超音波イメージングの分野では、医師は臨床的計測のために組織歪みや歪み度を用いることに興味をもつようになってきている。この「歪み (strain)」という語は、検査対象組織の1つの特性のことを指している。例えば、筋肉組織に関連する歪みは、筋肉組織の最初の長さ $L_0$ と所定の時間間隔内の筋肉組織長さの変化との比に対応している。超音波イメージングでは、歪みの変化の割合(すなわち、歪み度 (strain rate))は、典型的には、色相の違いを様々な歪み度に対応させているようなカラー化した2次元画像として医師に対し視覚的に提示される。心筋のあるセグメントの生存度 (viability) は、その筋肉セグメントにより実行される、あるいはその筋肉セグメントに課せられる筋肉歪みの量並びに歪みの時間的挙動に関連することが明らかとなっている。さらに、圧縮に対する抵抗性に基づいて悪性腫瘍を検出できることが分かっている。

10

#### 【0003】

速度を計測するためのドブラ法は、2つに分類することができる。方法の1つはスペクトル表示であり、もう1つはカラー表示である。スペクトル法では、ウィンドウを重複させながら超音波信号を短い時間に分割して各ウィンドウ内のスペクトルを計算することによって画像内の単一の場所に対するドブラ・スペクトルが計算される。この時間変化するスペクトルは、スペクトルの振幅をグレイスケール強度または色相としてコード化して周波数・時間表示で表示させる。一方、カラー法では、画像内の各点に関する平均ドブラ周波数を計算し、表示のためにこれをカラー・エンコードしている。従来は、歪み度イメージングにはカラー法だけが適用されてきた。最も単純な形態では、その色相によって、ある小さな距離だけ離れた2つの空間位置における平均ドブラ周波数の差をこの距離で割り算したものを表している。カラー法の問題点の1つは、平均ドブラ周波数だけを使用しているため、画像内で正しい歪み度値を与えるエリアと、非相関化 (decorrelation) や音響学的ノイズにより影響を受けるエリアとの識別が困難となることがあることである。

20

#### 【0004】

多重反射 (reverberation) は組織内での複数回の反射に起因している。この多重反射やノイズは、組織内で推定される速度傾斜に偽エコー(すなわち、崩れた (corrupted) エコー)との相関による偏りを生じさせることがある。大きい方や小さい方に間違ったり、あるいは間違って逆転した歪み度推定値を生じることさえあり得る。

30

#### 【0005】

リアルタイム歪み度イメージングの用途の1つは心臓診断分野 (cardiology) である。歪み度によって、心筋層の収縮及び弛緩の能力に関する直接的かつ定量的な尺度が得られる。心尖像 (apical view) で心筋層に沿って画像化することによって、局所的歪み度の心臓の長軸に沿った成分を計測することができる。局所的歪み度成分を計測することにより、心臓壁の局所的な短縮及び延長に関する情報が提供される。胸骨傍像 (parasternal view) での画像化によって、心臓壁と直交する歪み度成分が筋の局所的肥厚に関する情報を提供する。Mモードを用いるか2D画像から計測した壁肥厚は、筋生存度に関して通常よく使用される尺度である。歪み度イメージングを用いると、この肥厚に関する直接的な計測値が利用可能となる。歪み度画像は、多くの心臓障害の診断に対する潜在的な一助となり得る。

40

#### 【0006】

歪み度をより詳細に理解するために、最初の長さ $L_0$ の組織セグメントが別の長さ $L$ まで伸びるか縮む(すなわち、伸展するか収縮する)ものと仮定すると、その変化の無次元記述は次式、

$$= (L - L_0) / L_0 \quad (\text{式1})$$

50

で規定する 1 次元歪みによって表現される。長さ  $L$  が時間の関数  $L(t)$  と見なせる場合、歪みの時間微分（歪み度）は次式を用いて得ることができる。

【0007】

【数1】

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\delta \varepsilon}{\delta t} \quad (\text{式2})$$

【0008】

被検体内のすべての点の速度  $v$  (velocity) が既知であれば、歪み度は次式により等価的に定義することができる。

【0009】

【数2】

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\delta v}{\delta r} \quad (\text{式3})$$

【0010】

これらの式によりさらに、組織セグメントの変形 (deformation) に関する有用な記述が得られる。この歪み度はセグメントの変形度 (rate of deformation) の尺度となる。歪み度がゼロであれば、セグメントの形状は変化していない。歪み度が正であればセグメントの長さは増加しており、また歪み度が負であればセグメントの長さは減少している。

【0011】

Torpらに付与された

【特許文献1】

米国特許第 6,099,471号は、超音波イメージングにおいて歪みをリアルタイムで計算及び表示するための方法及び装置を目的としている。Torpらに対する連番第 09/432,061号は、超音波イメージングにおいて組織変形をリアルタイムで計算及び表示するための方法及び装置を目的としている。

【0012】

多重反射やその他のノイズ源の有無による歪み度推定値の質の改良型の指示を直接的に査定でき、かつ具体的な組織部位に関して歪み度の詳細をより全体的に示せるように、歪み度を容易に視覚化する方法に対する必要性が存在する。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明の実施形態は、超音波システムが発生させる複素ドプラ信号にตอบสนองして、サンプル・ゲートにより指定される被検体内の動いている組織構造に対応する歪み度スペクトルを作成しかつ表示するための超音波システムを提供する。離散形フーリエ変換 (DFT) 処理などのスペクトル推定処理、循環畳み込み (circular convolution)、信号スケール変換/規格化及び複素自己相関を含む幾つかの処理技法の様々な組み合わせが利用される。

【0014】

超音波システムが発生させる複素ドプラ信号にตอบสนองして、サンプル・ゲートにより指定される被検体内の動いている組織構造の歪み度スペクトルを作成しかつ表示するための装置を提供する。本装置は、離散形フーリエ変換 (DFT) 処理などのスペクトル推定処理、循環畳み込み、信号スケール変換/規格化及び複素自己相関を含む幾つかの機能の様々な組み合わせを実行するために、ドプラ処理装置及び歪み度処理装置を含んでいる。

【0015】

さらに、超音波システムが発生させる複素ドプラ信号にตอบสนองして、サンプル・ゲートにより指定される被検体内の動いている組織構造の歪み度スペクトルを作成しかつ表示するための方法を提供する。本方法は、離散形フーリエ変換 (DFT) 処理などのスペクトル推

10

20

30

40

50

定処理、循環畳み込み、信号スケール変換／規格化及び複素自己相関を含む幾つかの処理機能の組み合わせの実行を含んでいる。

【 0 0 1 6 】

本発明のある種の実施形態は、多重反射やその他のノイズ源の有無による歪み度推定値の質の改良型の指示を直接的に査定でき、かつ歪み度の詳細をより全体的に示せるように、被検体内の具体的な組織セグメントに関する歪み度を容易に視覚化するような歪み度スペクトルの作成及び表示の方式を提供する。

【 0 0 1 7 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 は、本発明の実施の一形態に従ったスペクトル歪み度画像の作成に使用するアーキテクチャを示した超音波システム 5 のブロック概要図である。超音波システム 5 の図示した要素は、フロントエンド 10、処理アーキテクチャ 70 及び表示アーキテクチャ 160 である。フロントエンド 10 は、トランスジューサ・アレイ 20 ( 複数のトランスジューサ素子 25 からなる ) と、送信／受信切換回路 30 と、送信器 40 と、受信器 50 と、ビーム形成器 60 と、を備えている。処理アーキテクチャ 70 は、制御処理モジュール 80 と、復調モジュール 85 と、ドブラ処理モジュール 90 と、歪み度処理モジュール 100 と、スペクトル・バッファ・モジュール 120 と、を備えている。表示アーキテクチャ 160 は表示処理モジュール 130 及びモニタ 150 を備えている。

【 0 0 1 8 】

フロントエンド 10 では、トランスジューサ・アレイ 20 を送信／受信 ( T / R ) 切換回路 30 に接続している。T / R 切換回路 30 は送信器 40 の出力及び受信器 50 の入力に接続している。受信器 50 の出力はビーム形成器 60 に接続している。ビーム形成器 60 はさらに、送信器 40 の入力に接続すると共に、処理アーキテクチャ 70 内で制御処理モジュール 80 の入力及び復調モジュール 85 の入力に接続している。

【 0 0 1 9 】

処理アーキテクチャ 70 では、制御処理モジュール 80 をドブラ処理モジュール 90 及び歪み度処理モジュール 100 に接続している。復調モジュール 85 の出力はドブラ処理モジュール 90 の入力に接続している。ドブラ処理モジュール 90 の出力は歪み度処理モジュール 100 の入力に接続している。歪み度処理モジュール 100 の出力はスペクトル・バッファ・モジュール 120 の入力に接続している。スペクトル・バッファ・モジュール 120 の出力は表示アーキテクチャ 160 内の表示処理モジュール 130 の入力に接続している。表示アーキテクチャ 160 では、表示処理モジュール 130 の出力をモニタ 150 に接続している。図 2 に示すように、ドブラ処理モジュール 90 はクラッタ・フィルタ 91 及びドブラ・スペクトル推定子 ( e s t i m a t o r ) 92 を含んでいる。

【 0 0 2 0 】

被検体からデータをサンプリングしようとする場合、トランスジューサ・アレイ 20 を用いて被検体内に超音波を送り込む。トランスジューサ・アレイ 20 は、多数の個別のトランスジューサ素子 25 からなる線形アレイや曲線状アレイとすることができる。各トランスジューサ素子 25 は送信器 40 からの信号に応答して超音波を発生させることができる。さらに、トランスジューサ素子間での超音波の位相関係は制御可能である。結果として、トランスジューサ・アレイ 20 の表面と直角な方向に対してある角度で、トランスジューサ・アレイ 20 の表面上の 1 つの点から事実上放出される被検体内への送信超音波エネルギー・ビームが得られる。超音波ビームの送信のためには複数の素子 25 を使用するのが普通である。複数の素子 25 から送信される超音波間の位相関係により、送信しているビームのステアリング角が決定される。送信に使用するトランスジューサ素子 25 の数、並びにアポダイゼーションなどその他のファクタにより、被検体内での超音波ビームの長さ方向の形状が決定される。

【 0 0 2 1 】

送信する超音波ビームを生成するために、トランスジューサ・アレイ 20 の表面のある点から、走査面 140 ( 図 3 参照 ) 内である走査線 ( 例えば、145 ) に沿いあるステアリ

10

20

30

40

50

ング角で放出されるある形状をしたビームを生成させるような送信パラメータをビーム形成器60に作成させるように命じるコマンド・データが、制御処理モジュール80によりビーム形成器に送られる。この送信パラメータはビーム形成器60から送信器40に送られる。送信器40はこの送信パラメータを用いて、T/R切換回路30を介してトランスジューサ・アレイ20に送られる送信信号を適正にエンコードしている。この送信信号は、互いに対してあるレベル及び位相をもつと共に、トランスジューサ・アレイ20の個々のトランスジューサ素子25に加えられている。この送信信号は、送信信号と同じ位相及びレベル関係をもった超音波が放出されるようにトランスジューサ・アレイ20のトランスジューサ素子25を励起している。その結果、トランスジューサ・アレイ20を例えば超音波ゲルを用いて被検体と音響的に結合させた際に、超音波エネルギーの送信ビームが走査面140内である走査線(例えば、145)に沿って被検体の組織内に形成される。この過程は電子走査として知られている。ドブラ応用では、送信信号は、典型的には、パルス繰返し周波数(PRF)で複数パルスとして送信される。この複数のパルスの反射を用いて受信時の複素ドブラ信号が作成される。ドブラ信号は、典型的には、さらに処理するために短時間重複(short-time overlapping)のデータ・パケットに分割される。走査線(例えば、145)に沿って処理する組織セグメントは、典型的には、超音波オペレータが走査面140内に位置決めしたサンプル・ゲート146によって指定している。

10

**【0022】**

トランスジューサ・アレイ20は双方向トランスジューサである。被検体内に超音波を送信させた後で、これらの波は被検体の構造内で組織のサンプル・ボリュームから後方散乱を受ける。この後方散乱を受けた波は、波を反射させる組織までの距離、並びに波を反射させるトランスジューサ・アレイ20の表面に対する角度に応じて、異なる時点でトランスジューサ・アレイ20に到達する。トランスジューサ・アレイ20のトランスジューサ素子25は、後方散乱を受けた波に応答し、後方散乱波からの超音波エネルギーを受信電気信号に変換する。

20

**【0023】**

この受信電気信号はT/R切換回路30を経由して受信器50に導かれる。受信器50はこの受信信号を増幅しデジタル化すると共に、ゲイン補償などの別の機能も備えている。このデジタル化した受信信号は、各トランスジューサ素子25が様々な時点で受信した後方散乱波に対応すると共に、後方散乱波の振幅及び位相情報を保持している。

30

**【0024】**

デジタル化した受信信号はビーム形成器60に送られる。制御処理モジュール80はコマンド・データをビーム形成器60に送っている。ビーム形成器60はこのコマンド・データを用いて、あるステアリング角でトランスジューサ・アレイ20の表面上のある点から放出される(典型的には、直前に送信された超音波ビームの点及びステアリング角に対応する)受信ビームを形成している。ビーム形成器60は、制御処理モジュール80からのコマンド・データの命令に従って時間遅延及び集束を実行し、被検体の組織構造内である走査線(例えば、145)に沿ったサンプル・ボリュームに対応した受信ビーム信号を生成させることによって、適当な受信信号に基づいて動作している。様々なトランスジューサ素子25から受信した信号の位相、振幅及びタイミング情報を用いて受信ビーム信号が生成される。

40

**【0025】**

この受信ビーム信号はデジタル式インタフェース117を介して処理アーキテクチャ70に送られる。復調モジュール85はこの受信ビーム信号に対して復調を実行し、受信ビームに対応したサンプル・ゲート146内で走査線(例えば、145)の長さ方向でサンプル・ボリューム(例えば、141及び142)に対応したI及びQの復調データ値からなる対を生成させている。この復調は、受信ビーム信号の位相及び振幅を基準周波数と比較することによって実現される。I及びQの復調データ値は、受信信号の位相及び振幅の情報を保持している。所与のサンプル・ボリューム位置に関するI及びQのデータ対の振

50

幅情報は、数学的に  $SQR(I^2 + Q^2)$  と等しい。また位相情報は数学的に  $\tan^{-1}(Q/I)$  と等しい。したがって、あるサンプル・ボリューム位置に対応した  $I$  及び  $Q$  の単一のデータ対に対して単一の振幅データ値と単一の位相データ値を得ることができる。これらのデータ値は、ドブラ効果による位相シフトがいずれもそのデータ内でコヒーレントであるため複素ドブラ・データとも呼ばれる。受信ビームに対応した  $I$  及び  $Q$  の復調データ対は、ドブラ・データ・パケット（例えば、143 及び 144）の形態でドブラ処理モジュール 90 に送られ、ここで最終的に歪み度スペクトログラム画像で表示させるための後続の処理を行っている。複素ドブラ・データ・パケットは、PRF として知られるある速度であるサンプル・ボリューム位置からサンプリングした、 $I$  及び  $Q$  の複数のデータ対を含んでいる。データ・パケットを構築する際に重複技法を用いることがあるため、後続のパケットは部分的に同じデータから構成することがある。典型的なドブラ・パケットは、例えば 128 個の  $I$  及び  $Q$  の複素データ対を含むことがある。ドブラ処理モジュール 90 は、後続の処理の前にドブラ・パケット内の低速度成分を除去するためのクラッタ・フィルタを含むことや含まないことがある。さらに、ドブラ・スペクトル推定子を含むことがある。

10

## 【0026】

多重反射は組織内での複数の反射に起因する。多重反射及びノイズは、偽エコー（すなわち、崩れたエコー）との相関によって組織内で推定される速度傾斜にバイアスを与える可能性がある。その結果、歪み度推定値が誤って大きくなったり、小さくなったり、あるいは逆転することさえ起こり得る。

20

## 【0027】

本発明の実施の一形態では、走査面 140 内のサンプル・ゲート 146 で指定される組織セグメントの歪み度スペクトログラムは、歪み度対時間の形式（また別法ではドブラ周波数差対時間の形式）で作成かつ表示される。歪み度スペクトログラム 200 の全体は、所与の組織セグメントに関してある期間にわたって作成かつ表示される（図 4 参照）。歪み度スペクトログラム 200 の各縦列は所与の瞬時ににおける歪み度スペクトル 201（図 5 参照）を意味している。歪み度スペクトルの振幅 202 は歪み度スペクトログラム画像内で強度または色相としてマッピングされる。平均歪み度を表示する以外に、スペクトル及びスペクトログラムによりその組織セグメントに関する歪み度推定値の質の指示を提供する。スペクトログラムの狭い帯域により良好品質の信号を指示させ、一方広い帯域によりノイズを伴う信号を指示させることができる。さらに、スペクトログラム内のギャップやスペクトログラムに明瞭なピークが無いことにより信号内のノイズを指示させることができる。図 4 の座標系は、時間軸 190、歪み度軸 170 及びドブラ周波数差軸 180 によって表している。図 5 の座標系はドブラ周波数差軸 180 及びスペクトル振幅軸 202 により表している。

30

## 【0028】

図 6 は、歪み度処理装置 100 を用いて歪み度スペクトルの描出を実行する実施の一形態を表している。ドブラ・スペクトル 210 及び 220 は、距離  $d_r$  147 だけ離間させた（図 3 参照）2 つのサンプル・ボリューム位置 141 及び 142 に関してドブラ処理装置 90 によって計算する。ドブラ・スペクトル 210 及び 220 は、実数形式または複素形式のいずれか（すなわち、振幅のみ、または振幅と位相の両方のいずれか）で表すことができる。図 6 では、これらのドブラ・スペクトルを振幅 185 対ドブラ周波数 195 で図示している。各ドブラ・スペクトルは、例えば、 $I$  及び  $Q$  のドブラ・サンプルの複素対からなるパケットに対する DFT や別のスペクトル推定子 92 の実行に関してよく知られた方式により計算する。ドブラ・パケットの低速度成分を減少させるためにクラッタ・フィルタ 91 を利用することができる、ただしこれは任意選択である。

40

## 【0029】

ドブラ・スペクトル 210 及び 220 は、ドブラ周波数に対して振幅（恐らくはさらに位相）を表示させる歪み度処理装置 100 に送られる。図 6 のステップ 230 において、2 つのドブラ・スペクトル  $P_1(k)$  210 及び  $P_2(k)$  220 から歪み度スペクトル  $P_{SR}$

50

(k) 201 (スケール変換前) を次式により計算する。

【0030】

【数3】

$$P_{SR}(k) = P_1(-k) \otimes P_2(k) \quad (\text{式4})$$

【0031】

上式において、kは周波数差軸180に沿った隣接するスペクトル線間の周波数離間に対応した周波数指標であり、また

【0032】

【外1】

10

⊗

【0033】

は循環畳み込み演算子である。スペクトログラム画像全体にわたり各時間指標に対して単一の歪み度スペクトルを作成する。

【0034】

次いでステップ240において、この歪み度スペクトルの振幅をスケール変換し、より良好な描出とする。このスケール変換は次式などの単純規格化とすることができる。

【0035】

【数4】

20

$$X_{SR}(k) = \frac{P_{SR}(k)}{\sum_l P_{SR}(l)} \quad (\text{式5})$$

【0036】

上式において、 $X_{SR}(k)$ は規格化した歪み度スペクトルであり、またlは周波数差軸180全体にわたる指標kの部分組である。

【0037】

スペクトル・バッファ・モジュール120は、連続する各瞬時からスケール変換した歪み度スペクトル $X_{SR}(k)$ を採取し、これらを周波数差対時間の形式(すなわち、スペクトログラム)に合成するようにプログラムされている。品質を向上させるために、スペクトル・バッファ・モジュール120はさらに、異なるサンプル・ゲート146に対応したスケール変換した幾つかの歪み度スペクトルを、スペクトログラム内に含める前に平均することがある。次いで、スペクトル・バッファ済みデータは表示処理モジュール130により処理するために表示アーキテクチャ160に送られ、この表示処理モジュール130においてデータの最終な空間的または時間的平均化を実行し、かつこれらのデータにグレイスケールまたは色相を与える。最後に、得られたデータは、グレイスケール(または、色相)の変化をスペクトル内の異なる歪み度振幅値に対応させているような2Dスペクトログラム画像としてモニタ150上でオペレータに表示させる。

30

【0038】

40

図4は、歪み度スペクトログラム画像を表示させる方法に関する1つの例示的な図である。水平表示軸を時間軸190(例えば、秒単位)とし、また垂直表示軸は歪み度軸170(秒<sup>-1</sup>単位)や別法としてはドブラ周波数差軸180(ヘルツ単位)とすることができる。ある特定の単位組で表示するための垂直表示軸の適正なスケール変換は、サンプル・ボリューム位置間の距離 $d_r$ 147、PRF、組織内での音速 $c$ 及び送信超音波周波数 $f_0$ などのパラメータを検討することによって実現させている。当業者であれば、この垂直表示軸のスケール変換を容易に実施することができる。

【0039】

第2の実施形態では、ある組織セグメントに対する歪み度スペクトログラム200の各歪み度スペクトル $P_{SR}(k)$ 201は、図7に示すように、2つのI及びQの複素ドブラ・

50

パケット（例えば、250及び260）から歪み度処理装置100により推定することができる。これらのパケットは、ある時間窓に関する走査面140内の2つのサンプル・ボリューム位置141及び142に対応している。後続の処理に先だってパケットに対してクラッタ・フィルタ処理を実行することがある。複素ドプラ・パケット250及び260に対しては、次式のようにDFT（あるいは、別の任意のスペクトル推定子）を実行する。

【0040】

$$P_{SR}(k) = DFT [ x(d_1) * x(d_2) ] \quad (\text{式6})$$

上式において、 $x(d_1)$  250及び $x(d_2)$  260は、所与の時間窓に関する深度 $d_1$  141及び $d_2$  142 ( $d_1 + d_r$ ) に対応したI及びQのドプラ・サンプルの複素対を含む複素ドプラ・パケットである。これらの複素ドプラ・パケットは、ドプラ処理モジュール90を介して復調モジュール85から歪み度処理モジュール100に送っており、ここではクラッタ・フィルタ処理を実行することがある。DFTは離散形フーリエ変換演算であり、また\*は共役複素数演算を示している。歪み度スペクトルはこの方式によりスペクトログラム200の各時間指標ごとに計算する。次いでステップ280において、このスペクトルを表示のためにスケール変換、または規格化する。この場合も、ある特定の単位組で表示させるために垂直表示軸に対して適正なスケール変換を実施する。

【0041】

スペクトル歪み度描出に関する上記2つの実施形態は、ある小さな距離 $d_r$  147だけ離間させた走査面内の2つのサンプル・ボリューム位置（例えば、141及び142）からのサンプルに基づいている。しかし、第3の実施形態では、サンプル・ゲート146内の走査線145に沿った組織セグメント内のM個の深度から3つ以上のサンプル・ボリューム位置を使用するように拡張することができる。図8は、この第3の実施形態の3つのステップからなる処理を歪み度処理装置100によって実行している様子を表している。

【0042】

図8のステップ290において、歪み度処理装置100は、所与の時間指標に関する長さNのI及びQのM個の複素ドプラ・パケットから、各深度指標mに対する1組の複素自己相関値からなる複素自己相関パケット $R(m)$ を計算する。この計算は次式のようにして実行することができる。

【0043】

【数5】

$$R(m) = \sum_{n=0}^{N-1} x(m,n) * x(m,n+1) \quad (\text{式7})$$

【0044】

上式において、 $x(m, n)$  はパケット・サンプル指標nをもつ深度mにおけるI及びQの複素ドプラ・パケットであり、また\*は共役複素数演算である。

【0045】

複素自己相関パケット $R(m)$ は、ステップ310において、歪み度スペクトログラム200内のある特定の時間指標に関する歪み度スペクトル201の値を生成するように処理を受ける。ステップ310では、ある特定の時間指標に関する歪み度スペクトル201を作成するために、 $R(m)$ のM個の深度サンプルに関して次式のようなDFT（または別の任意のスペクトル推定子）を実行する。

【0046】

$$P_{SR}(k) = DFT [ R(m) ] \quad (\text{式8})$$

このスペクトルは、典型的には、DFTの結果としてM個のスペクトル・サンプルを含むことがある。この実施形態のDFTは、上述した2つの実施形態と同様に時間方向ではなく空間方向で実行することに留意されたい。この過程は、歪み度スペクトログラム200の各スペクトルを生成させるように反復させる。

【0047】

この第3の実施形態では、上述した初めの2つの実施形態と比べてより多くの処理が必要であるが、組織セグメントの全体にわたってより正確な歪み度スペクトルの推定値が得られる。この場合も、続いてステップ320において表示のためにスペクトルをスケール変換または規格化しており、また垂直表示軸は表示しようとする所望の単位に従ってスケール変換している。

**【0048】**

繰り返しになるが、これら実施形態のいずれに関しても、スペクトル・バッファ・モジュール120は、連続する各瞬時からのスペクトル歪み度データを採取し、これらのデータを周波数差対時間の形式（すなわち、スペクトログラムの形）に合成するようにプログラムされている。品質を向上させるために、そのスペクトル・バッファ・モジュール120はさらに、異なるサンプル・ゲート146に対応したスケール変換した幾つかの歪み度スペクトルを、スペクトログラムに含める前に平均することがある。次いで、このスペクトル・バッファ済みデータは、表示処理モジュール130で処理させるために表示アーキテクチャ160に送られ、グレイスケール（または、色相）の変化を異なる歪み度スペクトル振幅値に対応させているような2Dスペクトログラム画像としてモニタ150上でオペレータに表示させる。

10

**【0049】**

本発明のいずれの実施形態に関しても、この処理はデジタル信号プロセッサを有する回路基板など専用のハードウェア要素により実行することがあり、あるいは商用で市販のPCなど汎用コンピュータやプロセッサ上で動作させるソフトウェアとすることがある。これら様々な処理モジュールは本発明の様々な実施形態に従って結合させたり分離させたりすることができる。例えば、ドブラ処理モジュール90と歪み度処理モジュール100を単一の処理要素になるように結合させることができる。

20

**【0050】**

上述の処理は、超音波システム5の組み込み機能としてリアルタイムで実施することがある。別法として、I及びQの複素ドブラ・データまたはドブラ・スペクトル・データは、歪み度処理をリアルタイムの走査と独立に後処理機能として実行できるように超音波システムが保存して処理することがある。また別の代替方式として、I及びQの複素ドブラ・データまたはドブラ・スペクトル・データを超音波システム5から取り込み、歪み度処理及び後続の表示を外部のPC上など超音波システム5の外部での後処理として実行させることがある。

30

**【0051】**

クラッタ・フィルタ91は必須ではなく、またクラッタ・フィルタ91を未使用とすることが可能である。ある種の可能な実施形態ではドブラ・スペクトル推定子92を未使用とすることも可能である。ドブラ・スペクトル推定子92を使用しない場合でもクラッタ・フィルタ91を使用することは可能である。

**【0052】**

以上を要約すると、その利点及び特徴としてはとりわけ、多重反射やその他のノイズ源の有無による歪み度推定値の質に関する改良型の指示を直接的に査定でき、かつある特定の組織セグメントに関する歪み度の詳細をより全体的に示せるように、歪み度をスペクトル形式で容易に視覚化できることを含む。

40

**【0053】**

本発明に関してある種の実施形態を参照しながら記載してきたが、本発明の範囲を逸脱することなく様々な変更が可能であると共に、等価物による代用が可能であることは当業者であれば理解するであろう。さらに、多くの修正形態により、本発明の範囲を逸脱することなく具体的な状況または材料を本発明の教示に適應させることができる。したがって、開示した特定の実施形態に本発明を限定しようという意図ではなく、本発明は添付の特許請求の範囲の域内に入るすべての実施形態を包含させようという意図である。

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】** 超音波システムに関して、本発明の実施の一形態に従った歪み度処理をシステム

50

内のその他の要素と関連させて表したブロック概要図である。

【図2】本発明の実施の一形態による図1の超音波システムのドブラ処理モジュールの図である。

【図3】組織セグメントを取り囲む2つのサンプル・ボリウム位置を図1のシステムのユーザがサンプル・ゲート内に位置決めした状態とした、本発明の実施の一形態に従った走査面の図である。

【図4】本発明の実施の一形態に従って作成した複数の歪み度スペクトルを含む歪み度スペクトログラム画像の一例である。

【図5】本発明の実施の一形態に従って作成した単一の歪み度スペクトルである。

【図6】本発明の第1の実施形態によるスペクトル歪み度処理を表した図である。

10

【図7】本発明の第2の実施形態によるスペクトル歪み度処理を表した図である。

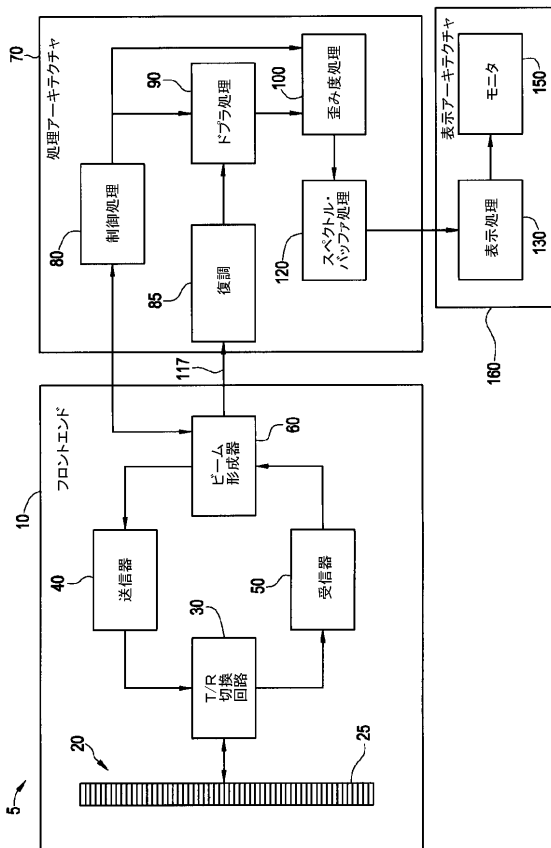
【図8】本発明の第3の実施形態によるスペクトル歪み度処理を表した図である。

【符号の説明】

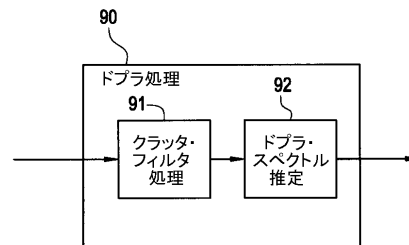
5	超音波システム	
10	フロントエンド	
20	トランスジューサ・アレイ	
25	トランスジューサ素子	
30	送信/受信切換回路、T/R切換回路	
40	送信器	
50	受信器	20
60	ビーム形成器	
70	処理アーキテクチャ	
80	制御処理モジュール	
85	復調モジュール	
90	ドブラ処理モジュール	
91	クラッタ・フィルタ	
92	ドブラ・スペクトル推定子	
100	歪み度処理モジュール	
120	スペクトル・バッファ・モジュール	
130	表示処理モジュール	30
140	走査面	
141	サンプル・ボリウム	
142	サンプル・ボリウム	
143	ドブラ・データ・パケット	
144	ドブラ・データ・パケット	
145	走査線	
146	サンプル・ゲート	
147	距離 $d_r$	
150	モニタ	
160	表示アーキテクチャ	40
170	歪み度軸	
180	ドブラ周波数差軸	
185	振幅	
190	時間軸	
195	ドブラ周波数	
200	歪み度スペクトログラム	
201	歪み度スペクトル	
202	スペクトル振幅軸	
210	ドブラ・スペクトル	
220	ドブラ・スペクトル	50

- 2 3 0 循環畳み込み
- 2 4 0 信号スケール変換 / 規格化
- 2 5 0 複素ドブラ・パケット
- 2 6 0 複素ドブラ・パケット
- 2 7 0 スペクトル推定処理
- 2 8 0 信号スケール変換 / 規格化
- 2 9 0 複素自己相関
- 3 1 0 スペクトル推定処理
- 3 2 0 信号スケール変換 / 規格化

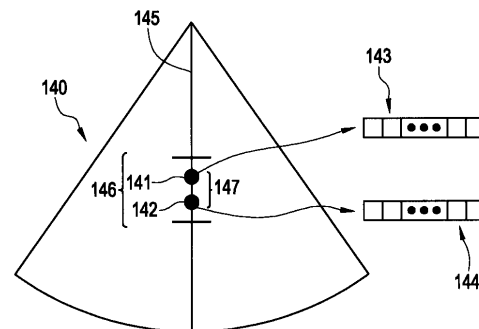
【 図 1 】



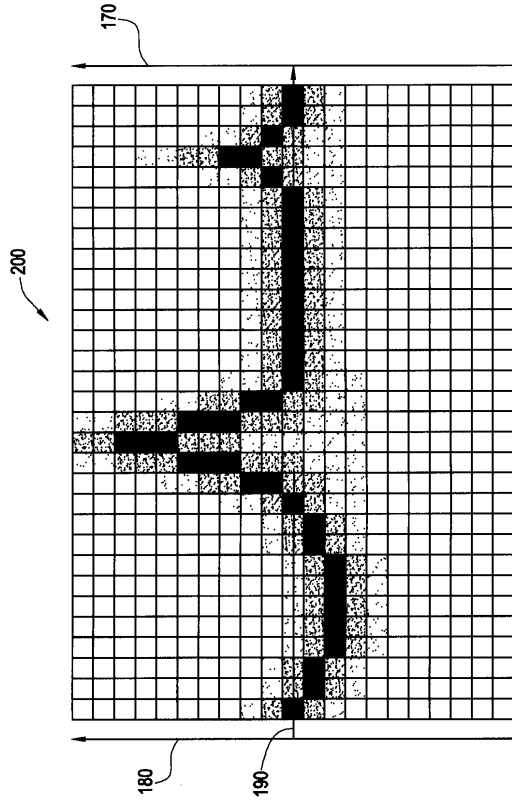
【 図 2 】



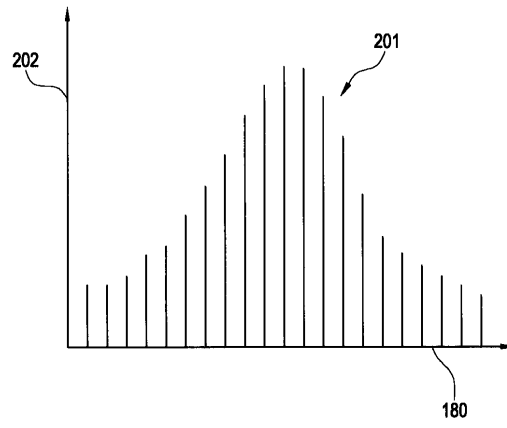
【 図 3 】



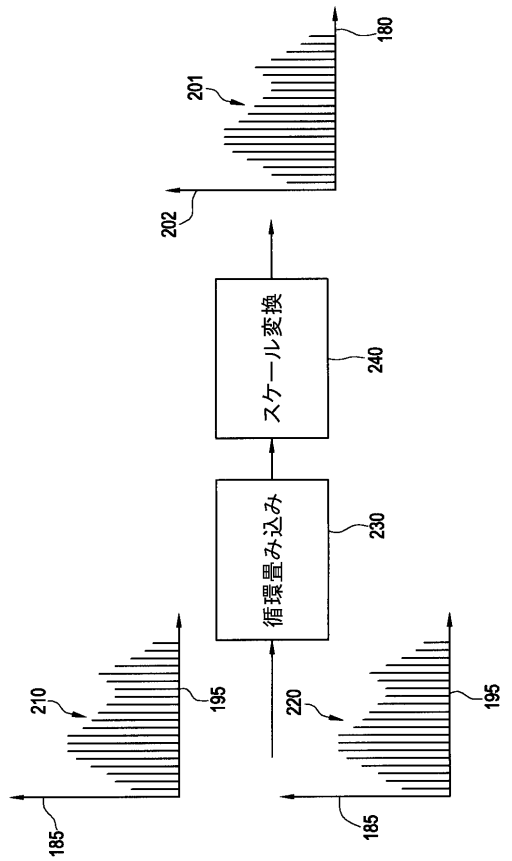
【図4】



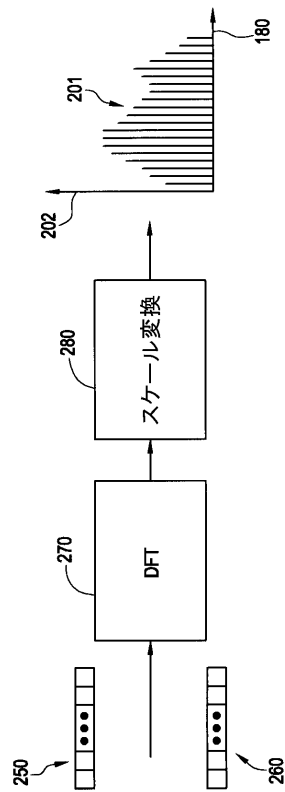
【図5】



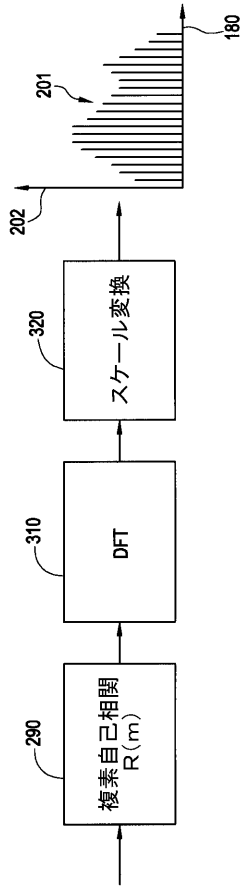
【図6】



【図7】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 アンドレアス・ヘイムダル  
ノルウェー、エヌ - 0 6 5 9・オスロ、エッタースタッズレット・5 3 エー (番地なし)
- (72)発明者 ハンス・ガーマン・トルブ  
ノルウェー、トロンヘイム・エヌ - 7 0 2 4、アーネビヴェイエン・1 3 番

審査官 後藤 順也

- (56)参考文献 特開平04 - 035653 (JP, A)  
特開2001 - 070303 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 8/08

专利名称(译)	用于描绘频谱失真的方法和设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP4297699B2</a>	公开(公告)日	2009-07-15
申请号	JP2003050271	申请日	2003-02-27
申请(专利权)人(译)	GE医疗系统环球技术公司有限责任公司		
当前申请(专利权)人(译)	GE医疗系统环球技术公司有限责任公司		
[标]发明人	アンドレアスヘイムダル ハンスガーマントルプ		
发明人	アンドレアス・ヘイムダル ハンス・ガーマン・トルプ		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/485 A61B8/488		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/DD19 4C601/DE03 4C601/EE09 4C601/JB18 4C601/JB31 4C601/JB43 4C601/JB49 4C601/KK10 4C601/KK17		
代理人(译)	松本健一 小仓 博 伊藤亲		
优先权	09/683893 2002-02-28 US		
其他公开文献	JP2003275210A JP2003275210A5		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：容易使应变可视化，以便能够直接评估应变估计值质量的改进指定，并更全面地显示与混凝土组织区域相关的应变的细节。解决方案：在用于描述光谱应变的方法及其设备中，响应于由诊断产生的多普勒信号，对应于在对象中的样本门 ( 146 ) 中指定的组织结构的变化，形成并显示应变谱。超声波系统 ( 5 )。一些处理技术包括诸如离散傅里叶变换 ( DFT ) 处理等的频谱估计处理器 ( 270和310 )，循环卷积设备 ( 230 )，信号规模转换/标准化设备 ( 240,280和320 ) 以及复杂的自身 - 相关装置 ( 290 ) 被不同地组合以被利用。Ž

【 0 0 3 4 】  
次いでステップ 2 4 0 |  
好な描出とする。この;  
【 0 0 3 5 】  
【 数 4 】

$$X_{SR}(k) = \frac{P_{SR}(k)}{\sum_l P_{SR}(l)}$$