

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A ) (11)特許出願公開番号

特開2003 - 275210

( P2003 - 275210A )

(43)公開日 平成15年9月30日 (2003.9.30)

(51) Int. Cl<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターコード\* ( 参考 )

A 6 1 B 8/08

A 6 1 B 8/08

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 31 O L ( 全 12数 )

(21)出願番号 特願2003 - 50271(P2003 - 50271)

(22)出願日 平成15年2月27日(2003.2.27)

(31)優先権主張番号 09/683893

(32)優先日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 300019238

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

アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5318 8・ワウケシャ・ノース・グランドヴュー・ブルバード・ダブリュー・710・3000

(72)発明者 アンドレアス・ヘイムダル

ノルウェー、エヌ - 0659・オスロ、エッタースタッズレッタ・53エー(番地なし)

(74)代理人 100093908

弁理士 松本 研一 ( 外 2名 )

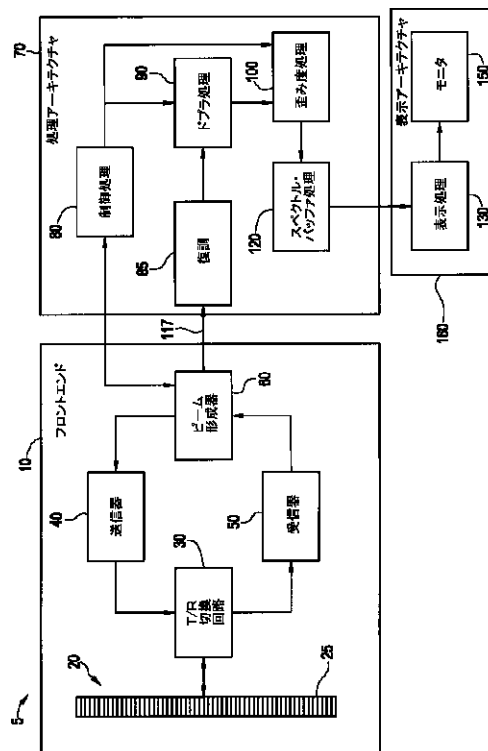
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 スペクトル歪み度を描出するための方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 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。

【解決手段】 診断用超音波システム(5)において、超音波システム(5)が発生させたドプラ信号にตอบสนองして被検体内のサンプル・ゲート(146)で指定される組織構造の変形に対応した歪み度スペクトルを作成かつ表示するための方法及び装置を提供する。離散形フーリエ変換(DFT)処理などのスペクトル推定処理(270及び310)、循環畳み込み(230)、信号スケール変換/規格化(240、280及び320)、複素自己相関(290)を含む幾つかの処理技法を様々に組み合わせる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 超音波システム(5)が生成したドブラ・データにตอบสนอง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ブラ・データに対してตอบสนอง性を示す歪み度処理装置(100)を備える装置。

【請求項2】 前記歪み度処理装置(100)が、複数の未処理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・データに対してตอบสนอง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未処理歪み度スペクトルに対してตอบสนอง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組のドブラ・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2に記載の装置。

【請求項4】 前記歪み度処理装置(100)が、複数の未処理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・データに対してตอบสนอง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未処理歪み度スペクトルに対してตอบสนอง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(142)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4に記載の装置。

【請求項6】 前記スペクトル推定要素(270)が、前記複数の未処理歪み度スペクトルからなる単一の未処理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対してตอบสนอง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・データに対してตอบสนอง性を示す複素自己相関要素(290)と、複数の未処理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対してตอบสนอง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未処理歪み度スペクトルに対してตอบสนอง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。

【請求項8】 前記複数の未処理歪み度スペクトルの各未処理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。

【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ตอบสนอง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。

【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】 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ตอบสนอง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ตอบสนองして歪み度処理(100)を実行するステップを含む方法。

【請求項15】 前記歪み度処理(100)のステップが、複数の未処理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ตอบสนอง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未処理歪み度スペクトルにตอบสนอง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。

【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(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。

【請求項17】 前記歪み度処理(100)のステップが、複数の未処理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・データに回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未処理歪み度スペクトルに回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(142)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。

【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回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、前記複数の未処理歪み度スペクトルからなる単一の未処理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・データに回答して複素自己相関処理(290)を実行するステップと、複数の未処理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回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未処理歪み度スペクトルに回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。

【請求項21】 前記複数の未処理歪み度スペクトルの各未処理歪み度スペクトルが前記複数の複素ドブラ・パ

ケットの一意的部分組から作成されると共に、前記一意的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)内で発生させる超音波ビーム(145)に沿った一意的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。

10 【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回答して表示処理(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。

20 【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る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(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)。

【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 $L$ 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。

【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

$$\epsilon = \frac{\partial \epsilon}{\partial t}$$

\*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。

【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。

【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。

【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、

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

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】

(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。

$$\epsilon = \frac{\delta v}{\delta r}$$

【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】Torpra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。Torpra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ブラ信号に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ブラ信号に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、ドブ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ブラ信号に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

【0009】

【数2】

(式3)

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処理機能の組み合わせの実行を含んでいる。

【0016】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。

【0017】

【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。

【0018】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。

【0019】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1



$^2 + Q^2$ ) 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、ドプ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プラ・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、ドプラ・データ・パケット (例えば、143 及び 144) の形態でドプラ処理モジュール 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。複素ドプラ・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。典型的なドプラ・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。ドプラ処理モジュール 90 は、後続の処理の前にドプラ・パケット内の低速度成分を除去するため

【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。

【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 (また別法ではドプ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於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

$$P_{SR}(k) = P_1(-k) \otimes P_2(k)$$

【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】

⊗

【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

\*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。平均歪み度を表す以外に、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 及びドプラ周波数差軸 180 によって表している。図 5 の座標系はドプラ周波数差軸 180 及びスペクトル振幅軸 202 により表している。

【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。ドプラ・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 に関してドプラ処理装置 90 によって計算する。ドプラ・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、これらのドプラ・スペクトルを振幅 185 対ドプラ周波数 195 で図示している。各ドプラ・スペクトルは、例えば、I 及び Q のドプラ・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。ドプラ・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。

【0029】ドプラ・スペクトル 210 及び 220 は、ドプ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 つのドプラ・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  $P_{SR}(k)$  201 (スケール変換前) を次式により計算する。

【0030】

【数 3】

(式 4)

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】

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

【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。

【0038】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\*

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

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 $d_1141$ 及び $d_2142(d_1 + dr)$ に対応したI及びQのドラ・サンプルの複素対を含む複素ドラ・パケットである。これらの複素ドラ・パケットは、ドラ処理モジュール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 $dr147$ 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

\*表示軸は歪み度軸170(秒<sup>-1</sup>単位)や別法としてはドラ周波数差軸180(ヘルツ単位)とすることがある。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 $dr147$ 、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の複素ドラ・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できる。複素ドラ・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】

びQのM個の複素ドラ・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】

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

【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】

$$P_{SR}(k) = DFT[R(m)] \quad (式8)$$

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ついても、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。

【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。

【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。

【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。

【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・ボリューム位置を図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。

【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。

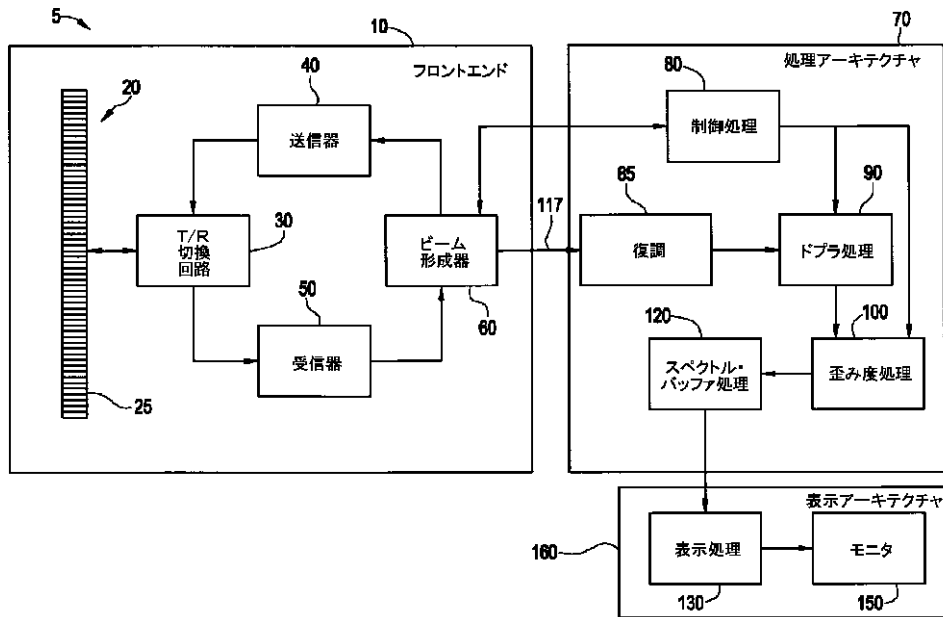
#### 【符号の説明】

- 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
- 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

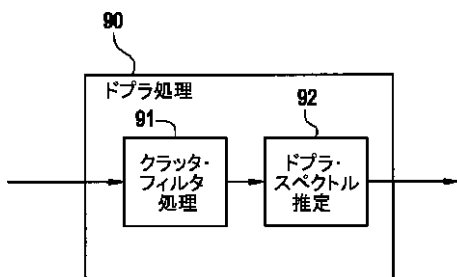
- 85 復調モジュール
- 90 ドブラ処理モジュール
- 91 クラッタ・フィルタ
- 92 ドブラ・スペクトル推定子
- 100 歪み度処理モジュール
- 120 スペクトル・バッファ・モジュール
- 130 表示処理モジュール
- 140 走査面
- 141 サンプル・ボリューム
- 142 サンプル・ボリューム
- 143 ドブラ・データ・パケット
- 144 ドブラ・データ・パケット
- 145 走査線
- 146 サンプル・ゲート
- 147 距離 d r
- 150 モニタ
- 160 表示アーキテクチャ
- 170 歪み度軸

- \* 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
- 10 230 循環畳み込み
- 240 信号スケール変換 / 規格化
- 250 複素ドブラ・パケット
- 260 複素ドブラ・パケット
- 270 スペクトル推定処理
- 280 信号スケール変換 / 規格化
- 290 複素自己相関
- 310 スペクトル推定処理
- \* 320 信号スケール変換 / 規格化

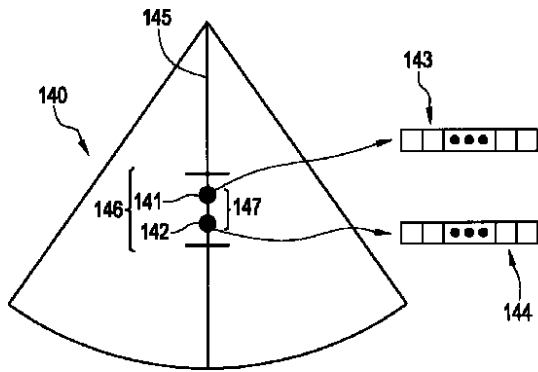
【図1】



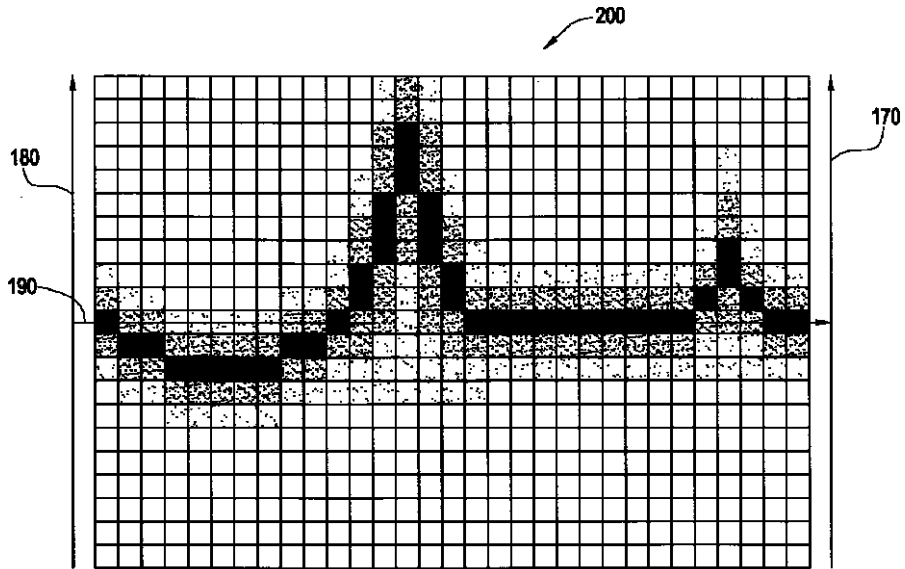
【図2】



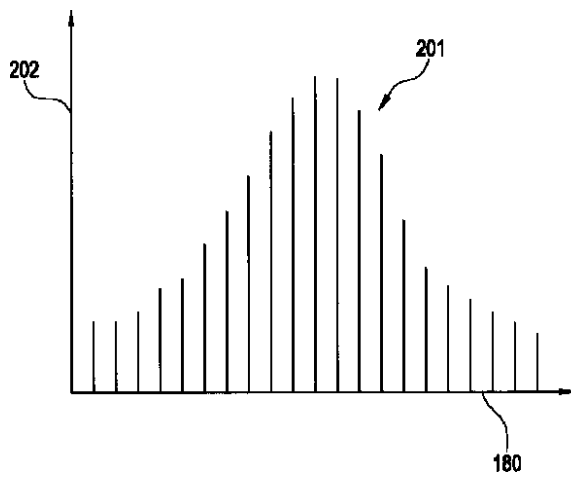
【図3】



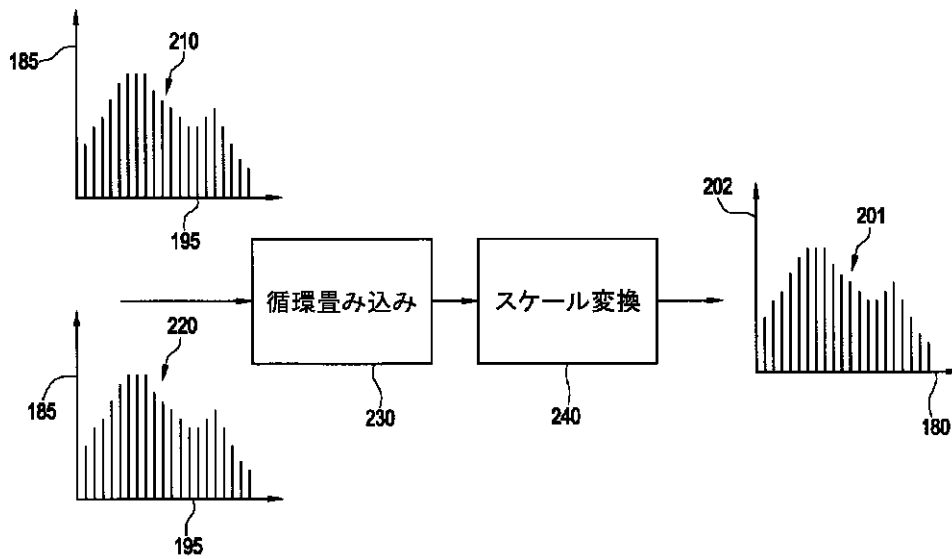
【図4】



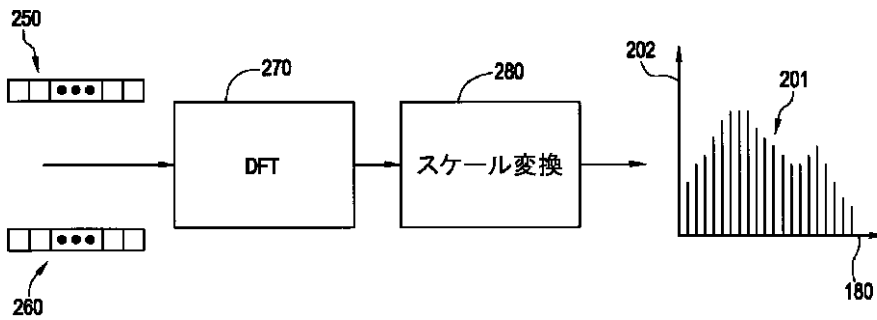
【図5】



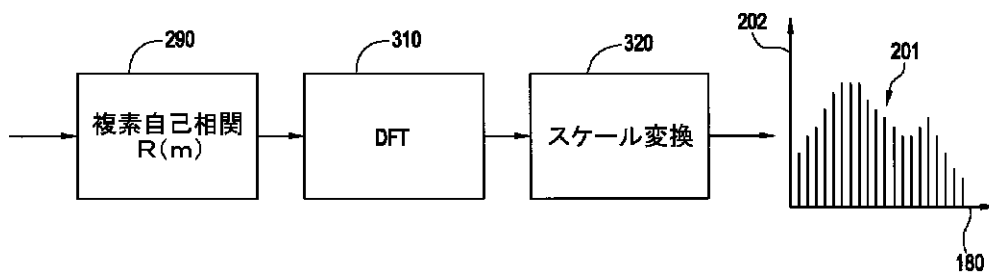
【図6】



【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 - 0659・オスロ、エッタ  
 スタッズレット・53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、トロンハイム・エヌ - 7024、  
 アーネビヴェイエン・13番

Fターム(参考) 4C601 BB02 DD19 DE03 EE09 JB18  
 JB31 JB43 JB49 KK10 KK17

专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	<a href="#">JP2003275210A5</a>	公开(公告)日	2008-07-24
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		
[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		
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		
优先权	10/683893 2002-02-28 US		
其他公开文献	JP2003275210A JP4297699B2		

#### 摘要(译)

类型：A1可以轻松地查看偏斜度估计值，以便可以直接评估偏斜度估计值的改进指示，并且可以更普遍地显示特定组织部位的失真细节。解决方案：在诊断超声系统（5）中，响应超声系统（5）生成的多普勒信号，它对应于对象中样本门（146）指定的组织结构的变形。提供了一种用于创建和显示偏度谱的方法和设备。几个包括频谱估计过程（270和310），例如离散傅里叶变换（DFT）过程，循环卷积（230），信号标度转换/归一化（240、280和320）和复数自相关（290）。使用各种处理技术组合。