

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-23722

(P2017-23722A)

(43) 公開日 平成29年2月2日(2017.2.2)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード (参考)  
**A 6 1 B 8/06 (2006.01)** A 6 1 B 8/06 4 C 6 0 1

審査請求 有 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-137466 (P2016-137466)                  (22) 出願日 平成28年7月12日 (2016.7.12)                  (31) 優先権主張番号 14/809,564                  (32) 優先日 平成27年7月27日 (2015.7.27)                  (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 593063105                  シーメンス メディカル ソリューションズ ユーエスエー インコーポレイテッド                  Siemens Medical Solutions USA, Inc.                  アメリカ合衆国 ペンシルヴァニア マルヴァーン ヴァレー ストリーム パークウェイ 51                  51 Valley Stream Parkway, Malvern, PA 19355-1406, U. S. A.                  (74) 代理人 100075166                  弁理士 山口 巖                  (74) 代理人 100133167                  弁理士 山本 浩</p>
---	--

最終頁に続く

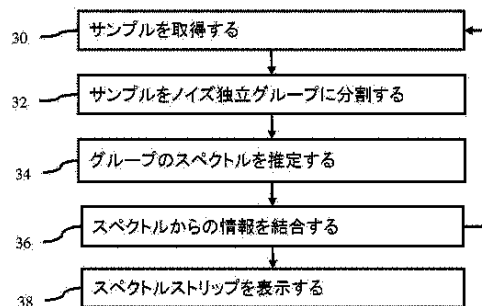
(54) 【発明の名称】 改善されたドップライメージング

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 スペクトルドップライメージングやカラーイメージングなどのドップライメージングの画像品質を改善することができる装置を提供する。

【解決手段】 超音波システムによって、レンジゲート位置を表し、スペクトルドップライメージングのために設定された速度スケールに対してオーバーサンプリングされたサンプルを取得する段階30と、サンプルを速度スケールのナイキスト基準をそれぞれ満たす2つ以上のグループに分割する段階32と、ドップラエスティメータによって、2つ以上のグループのサンプルからドップラゲート位置の2つ以上のスペクトルをそれぞれ推定する段階34と、2つ以上スペクトルに関する情報を結合スペクトルに結合する段階36と、スペクトルドップラストリップを、結合スペクトルの関数として表示する段階38とを含む。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

スペクトルドップライメージングのための方法であって、  
 超音波システムによって、レンジゲート位置を表し、前記スペクトルドップライメージングのために設定された速度スケールに対してオーバーサンプリングされたサンプルを取得する段階（30）と、  
 前記サンプルを、前記速度スケールのナイキスト基準をそれぞれ満たす2つ以上のグループに分割する段階（32）と、  
 ドップラエスティメータによって、前記2つ以上のグループの前記サンプルからドップラゲート位置の2つ以上のスペクトルをそれぞれ推定する段階（34）と、  
 前記2つ以上のスペクトルに関する情報を結合スペクトルに結合する段階（36）と、  
 スペクトルドップラストラップを、前記結合スペクトルの関数として表示する段階（38）とを含む方法。

10

## 【請求項 2】

前記取得する段階（30）が、オーバーサンプリングのためのパルス繰り返し周波数で送信する段階を含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記取得する段階（30）が、M回オーバーサンプリングされたサンプルで取得する段階（30）を含み、前記2つ以上のグループに分割する段階（32）が、M個のグループに分割する段階（32）を含む、請求項1に記載の方法。

20

## 【請求項 4】

前記サンプルを分割する段階（32）が、前記サンプルを前記2つ以上のグループにインターリーブすることによって独立雑音をそれぞれ有する2つ以上のグループに分割して、前記サンプル全体のフィルタリング前に各サンプルが1つのグループ内だけにあるようにする段階（32）を含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記結合する段階（36）が、前記2つ以上のスペクトルを加算する段階を含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記表示する段階（38）が、時間を表す前記結合スペクトルを有する前記スペクトルドップラストラップを表示する段階を含む、請求項1に記載の方法。

30

## 【請求項 7】

前記サンプルを2つ以上の組の前記速度スケールより少なく帯域制限する段階（42）と、

前記2つ以上の組の2つ以上のスペクトルを推定する段階（44）と、

前記2つ以上のスペクトルをステッチスペクトルにステッチする段階（46）と、

前記ステッチスペクトルを前記結合スペクトルと組み合わせる段階（36）とを含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記速度スケールより小さい周波数範囲のユーザ入力を受け取る段階（72）と、

40

前記周波数範囲を使用して前記信号対雑音比を高める段階（74）と、

前記ステッチ値の関数としてドップラ画像を生成する段階（48）とを更に含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 9】

ドップライメージングのための方法であって、

前記ドップライメージングのための、第1の周波数範囲である速度スケールを設定する段階（70）と、

フィルタによって、前記第1の周波数範囲より小さい第2の周波数範囲のユーザ入力を受け取る段階（72）と、

前記フィルタによって、患者の位置のサンプルを、通過帯域として前記第2の周波数範

50

囲を有するようにフィルタリングする段階（76）と、

ドップラエスティメータによって、前記フィルタリングされたサンプルからドップラデータを推定する段階（78）と、

前記推定する段階（34）の出力の関数として画像を生成する段階（80）とを含む方法。

**【請求項10】**

前記推定する段階（78）が、前記ドップラデータとしてスペクトルを推定する段階（78）を含み、前記画像を生成する段階（80）が、前記スペクトルを有するスペクトルドップラストリップを生成する段階（80）を含む、請求項9に記載の方法。

**【発明の詳細な説明】**

10

**【技術分野】**

**【0001】**

本実施形態は、カラーフロー（例えば、フローモード）イメージングやドップラモード（例えば、スペクトル）イメージングなどのドップラ超音波法に関する。複数のパルス（例えば、パルス波（PW））又は連続波（CW）を1つ以上の場所を送ることによって、受け取ったエコー信号に応じてドップラ応答が生成される。スペクトルドップラの場合、単一空間領域の対象物の動き又はフローの周波数スペクトルが、時間の関数として推定され表示される。スペクトルドップラ超音波イメージングは、スペクトル画像を、ゲート位置の時間の関数（水平軸）としてエネルギーによって変調された速度値（垂直軸）として提供する。スペクトルは、患者内の流体フロー又は組織運動を調べるために使用されることがある。

20

**【背景技術】**

**【0002】**

超音波診断におけるスペクトルドップラは、電子及び音響雑音信号の処理ダイナミックレンジによって感度が制限される。患者をスキャンする難しさに関して、心臓噴射の最高速度や深部動脈又は静脈内の流れの存在など、関心信号を視覚化するのに信号対雑音比が不十分なことがある。他の状況では、スペックル雑音が、ドップラストリップの画像品質を劣化させる。

**【0003】**

より高品質の電子部品やトランスデューサを使用する他に、画像処理を使用して雑音を低減することができる。例えば、スペックル雑音が、ドップラストリップにあり、低減される。別の例として、雑音と実際の信号の間のエッジが、ドップラストリップに見つかり強化される。これらのプロセスは、後処理非線形フィルタを使用するが、十分に信号対雑音比を高めず及び／又はスペックルを低減しないことがある。

30

**【発明の概要】**

**【課題を解決するための手段】**

**【0004】**

始めに、後述する好ましい実施形態は、スペクトルドップライメージングのための方法、システム、コンピュータ可読媒体及び命令を含む。スペックルを低減するため、速度スケールに対する任意のオーバーサンプリングが使用されて、所定の時間における位置の様々なデータセットが作成される。様々なデータセットは、少なくとも部分的に独立した雑音を有する。スペクトルは、様々なデータセットから推定され、得られたスペクトルは、スペックルの少ないスペクトルに結合される。信号対雑音比を改善するため、所定の速度スケールの取得されたサンプルが、様々なより狭い帯域に帯域制限される。狭帯域ごとに推定されたスペクトルの部分が、帯域全体に関して推定されたスペクトルより高い信号対雑音比を有する。様々な狭帯域の推定されたスペクトルの部分がステッチされて、より大きい信号対雑音比を有する帯域全体のスペクトルが提供される。別の手法では、ユーザは、速度スケールに対して狭帯域を入力して、スペクトルの対応部分が、より大きい信号対雑音比を有するようにしてもよい。類似の手法が、カラー又はフローイメージングに使用されてもよい。

40

50

## 【0005】

第1の態様では、スペクトルドップライメージングのための方法が提供される。超音波システムが、レンジゲート位置を表すサンプルを取得する。サンプルが、スペクトルドップライメージングのために設定された速度スケールに対してオーバーサンプリングされる。サンプルは、2つ以上のグループに分割され、サンプルの各グループは、速度スケールのナイキスト基準を満たす。ドップラエスティメータが、2つ以上のグループのサンプルからそれぞれドップラゲート位置の2つ以上のスペクトルを推定する。2つ以上のスペクトルの情報が、結合スペクトルに組み合わせられる。結合スペクトルの関数としてのスペクトルドップラストリップが表示される。

## 【0006】

10

第2の態様では、ドップライメージングのための方法が提供される。超音波システムが、患者の位置を表すサンプルを取得する。サンプルは、少なくとも、ドップライメージングのために設定された速度スケールのナイキスト基準を満たす。ドップラエスティメータは、サンプルから速度スケール内の様々な周波数範囲の値を推定する。値は、ステッチ値にステッチされる。ドップラ画像は、ステッチ値の関数として生成される。

## 【0007】

第3の態様では、ドップライメージングのための方法が提供される。ドップライメージングの速度スケールが、第1の周波数範囲として設定される。フィルタは、第2の周波数範囲のユーザ入力を受け取る。第2の周波数範囲は、第1の周波数範囲より小さくその範囲内にある。フィルタは、患者の位置のサンプルを、通過帯域として第2の周波数範囲で

20

フィルタリングする。ドップラエスティメータは、フィルタリングされたサンプルからドップラデータを推定する。推定の出力の関数として画像が生成される。

## 【0008】

本発明は、後述する特許請求の範囲によって定義され、この節にある何物もそのような特許請求の範囲の限定と解釈されるべきでない。本発明のさらなる態様及び利点は、好ましい実施形態と共に後述される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0009】

構成要素と図は、必ずしも一律の縮尺ではなく、むしろ本発明の原理を示すために強調されている。更に、図では、様々な図全体にわたって、類似の参照数字は対応する部分を

30

## 【0010】

【図1】 スペックルが低減されたスペクトルドップライメージングのための方法の一実施形態のフローチャートである。

【図2A】 スペックルが低減されていない例示的なスペクトルストリップを示す図である。

【図2B】 スペックルが低減されている例示的なスペクトルストリップを示す図である。

【図3】 高い信号対雑音比を有するスペクトルドップライメージングのための方法の一実施形態のフローチャートである。

【図4A】 全通過帯域のフィルタスペクトルを示す図である。

40

【図4B】 全通過帯域を使用するトーンの例示的表示を示す図である。

【図4C】 前半通過帯域のフィルタスペクトルを示す図である。

【図4D】 前半通過帯域を使用するトーンの例示的表示を示す図である。

【図4E】 後半通過帯域のフィルタスペクトルを示す図である。

【図4F】 後半通過帯域を使用するトーンの例示的表示を示す図である。

【図5A】 信号対雑音比の向上のないトーンのスペクトルドップラ画像をそれぞれ示す図である。

【図5B】 信号対雑音比の向上があるトーンのスペクトルドップラ画像をそれぞれ示す図である。

【図6】 図5Aと図5Bに対応する周波数の関数として信号と雑音を示す図である。

50

【図7】信号対雑音比の向上のためのユーザが選択した周波数帯又は周波数範囲を有するスペクトルドップライメージングのための方法の一実施形態のフローチャートである。

【図8A】選択された周波数範囲又は帯域の信号対雑音比の向上がない場合の例示的なスペクトル画像を示す図である。

【図8B】選択された周波数範囲又は帯域の信号対雑音比の向上がある場合の例示的なスペクトル画像を示す図である。

【図9】ドップライメージングのシステムの一実施形態のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

スペクトルドップライメージングやカラーイメージングなどのドップライメージングの画像品質を改善することができる。信号対雑音を改善するために、ドップラ信号処理で通常行われる帯域幅を超える帯域幅が縮小される。ユーザ又はシステムに必要とされる周波数より狭く帯域を制限することによって、信号対雑音比が改善される。帯域を狭めると幾つかの関心信号がなくなることがあるので、スペクトル全体をカバーするために、未処理データが、様々な狭帯域で何度か再処理される（例えば、スペクトル又は速度を推定する）。複数の狭帯域のスペクトルデータが、別々に処理され、ステッチされてドップラ表示が形成される。別の手法では、信号雑音比を改善する再処理のために、ユーザ又はアルゴリズムが、より狭いサブセットの周波数を選択する。

【0012】

イメージング内のスペックルを減らすために、サンプリングで過剰な帯域幅が使用される。オーバーサンプリングされたドップラ信号により、データを複数のグループにデシメートし、各グループを別々に処理し、次に複数の結果を1つのドップラ表示に組み合わせることによってスペックルが減少する。

【0013】

ユーザが選択したより狭い帯域の任意の組み合わせ、様々な狭帯域からのスペクトルのステッチ、又はオーバーサンプリングを使用したスペックルの減少が使用されてもよい。これらの技術のいずれか又は複数の組み合わせが、パルス波（PW）ドップラ、連続波（CW）ドップラ、PWドップラ組織イメージング（DTI）、及び／又はカラーフローモードで使用されうる。

【0014】

図1は、スペックル低減を含むスペクトルドップライメージング方法を示す。周波数コンパウンドが提供される。オーバーサンプリングを使用することによって、同じ時間のフロー又は動きを表す同じレンジゲートの様々なスペクトルが推定される。サンプルは、少なくとも部分的に独立した雑音を有する2つ以上のグループに分割される。様々なグループから推定されたスペクトルからの情報を組み合わせることによって、スペックルが低減されることがある。

【0015】

パルス波（PW）又は連続波（CW）スペクトルドップラのための方法が実現される。「ドップラ」は、一般に、スペクトル処理を表すために使用されるが、カラー又はフローモードで使用されうる。様々な時間からの超音波サンプルを使用する他のスペクトルプロセスが使用されてもよい。PWでは、エコー受信とインターリーブされたパルス波（例えば、1～50サイクル）送信を使用して、ゲート位置がサンプリングされる。PWは、Bモードやフローモードなどの他のイメージングモードとインターリーブされてもよい。CWでは、連続波（例えば、数百又は数千サイクル）が、ゲート位置に送信され、送信中にエコーが受信される。

【0016】

スペクトルドップライメージングでは、サンプルゲート又はスペクトルドップラゲートが位置決めされる。例えば、Bモード及び／又はフローモードスキャンが実行される。ユーザは、得られた画像上のゲート位置を指示する。他の例では、ゲートは、フローモードデータから決定された最大ドップラ速度又はエネルギーの位置などに自動的に位置決めさ

れる。

#### 【0017】

他の実施形態では、カラー又はフローモードイメージングのための方法がある。各グループからのスペクトルを推定することによって処理するのではなく、ドップラ速度（例えば、平均速度）を推定するために様々なグループが使用される。様々なグループのサンプルから得られた速度が組み合わせられ、その結果、領域のフロー又はカラーモードイメージングのスペックルが減少する。

#### 【0018】

方法は、図9のシステム10又は異なるシステムによって実施される。ビームフォーマやトランスデューサなどの超音波システムが、サンプルを取得する。ドップラエスティメータなどのプロセッサが、サンプルを分割し、スペクトルを推定し、スペクトルからの情報を組み合わせる。超音波システムは、組み合わせに基づく縮小スペクトルで画像を表示する。プロセッサは、動作を制御する。ユーザとの対話によって1つ以上の動作が実行されてもよい。他の動作又は全ての動作は、最初の活動化又はゲート位置決定以外のユーザ入力なしに、プロセッサによって自動的に実行されてもよい。

10

#### 【0019】

動作は、示された順序で実行されるが、他の順序が可能である。追加の動作、異なる動作、又はそれより少数の動作が提供されてもよい。例えば、動作38が実行されない。更に別の例では、フィルタリング、処理、ある期間の最高速度決定又は他のドップラ機能のための動作が提供される。

20

#### 【0020】

動作30で、超音波システムが、レンジゲート位置を表すサンプルを取得する。サンプルは、ビーム形成されたサンプルであるが、他の未処理データ（例えば、チャンネルデータ）でもよい。代替実施形態では、サンプルは、メモリからのローディング又は別の装置からの転送によって取得される。

#### 【0021】

スキャンによる取得のために、トランスデューサは、複数の音響エネルギービームを送信する。各送信の音響又は超音波エネルギーは、ゲート位置又はその位置の近くに集束される。送信シーケンスが実行される。繰り返しによって、スペクトル又は他のドップラ分析を行うのに十分なサンプルの受信が可能になる。3～512個などの任意数の送信ビームが送信されて、ドップラゲートからの応答のスペクトルが推定される。

30

#### 【0022】

追加の送信を行うことによって、他の時間におけるスペクトルを推定するための追加情報が得られる。受信した応答の移動ウィンドウを使用して各スペクトルを生成する場合など、所定のビームに対する所定の応答が様々なスペクトルに使用されてもよい。

#### 【0023】

スペックルを低減するため、サンプルは、スペクトルドップライメージングのために設定された速度スケールに対してオーバーサンプリングされる。超音波システムは、イメージングに速度スケールを使用する。速度スケールは、スペクトル又は速度を評価又は表示する周波数範囲を規定する。速度スケールは、フロー又は動きの速度の推定のエイリアシングを防ぐように選択又は設定される。速度スケールは、ユーザによって選択されるか、デフォルトか、システムの所定値であり、及び/又は超音波システムによって適応的に決定される。

40

#### 【0024】

速度スケールに基づいて、送信は、ゲート位置における動き又はフロー信号をオーバーサンプリングするパルス繰り返し周波数で行われる。整数倍（例えば、速度スケールに関してナイキストレートのM倍）など、任意の量のオーバーサンプリングが使用されうる。非整数倍のオーバーサンプリングが使用されうる。

#### 【0025】

送信に応じて、トランスデューサは、音響エコーを受け取る。受信ビームフォーマは、

50

エコーをサンプリングしてゲート位置の受信信号を取得する。受信ビームは、受信信号を集束してゲート位置を表すデータをコヒーレントに結合することによって形成される。ゲート位置を表すこの結合データは、ビーム形成された信号又はサンプルである。

【0026】

受信動作は、繰返し送信に応じて繰返し行われる。様々な時間にゲート位置からビーム形成サンプルが受信される。同じ位置のサンプルが、ある期間にわたって取得される。ドップラ分析のために、同じ位置からのサンプルのアンサンプルが収集される。サンプルが持続的に取得されて、スペクトル又は速度を推定するために任意のステップサイズ（例えば、サンプルごと、又は3つのサンプルごと）を有する移動ウィンドウ（例えば、アンサンプル又はフローサンプルカウント）が使用される。

10

【0027】

これらの応答（例えば、ビーム形成されたサンプル又はビーム形成に使用されるチャンネルデータ）は、メインメモリ、コーナータンニングメモリ、又はC I N Eなどのメモリに記憶される。ドップラ送信に対する応答が記憶される。推定前のこの未処理ドップラデータは、設定レート又はそれより高いP R Fで取得されたときにビーム形成サンプルを記憶するように、持続的に記憶される。

【0028】

記憶は、先入れ、先出し、又は他の記憶形式でよい。例えば、複数のパス又は推定値を使用して1つ以上のスペクトル又は速度を生成するために使用されるビーム形成サンプルが記憶される。同じサンプルを使用して、同じドップラエスティメータで複数のペクトルを推定するために、サンプルは、処理を順番に提供するように記憶される。あるいは、サンプルがより少ない時間で記憶されるように並列処理が使用される。様々な時間を推定するために移動ウィンドウが使用される場合、様々な時間の推定に所定のサンプルが使用されてもよい。サンプルは、この重なりを考慮するように記憶される。あるいは、これより多いか少ない数の応答が記憶される。

20

【0029】

サンプルは、スペクトルドップラ処理のために取得される。典型的なスペクトルドップラ処理は、サンプルに高速フーリエ変換（F F T）を適用して、所定の時間のパワースペクトルを提供することである。スペクトルの表示は、スペクトルの平方根を計算しその結果をログ圧縮することによって生成される。他のスペクトルドップラ処理が使用されてもよい。

30

【0030】

信号対雑音比を改善するためにオーバーサンプリングが使用されてもよい。F F Tの適用前に、サンプルは、アンチエイリアスフィルタでフィルタリングされ、速度スケールのナイキスト基準を超えない任意の係数によってデシメートされる。評価前のフィルタリング及びデシメーションによって、より高い信号対雑音比を有する推定スペクトルが得られる。

【0031】

信号対雑音比が既に許容可能（例えば、P W D T I）な場合に信号のオーバーサンプリングを始める場合は、信号対雑音比を改善するフィルタリングとデシメーティングの代わりに、スペクトル低減又はコンパウンディングのために余分なオーバーサンプリング帯域幅が使用される。

40

【0032】

動作32で、サンプルは、2つ以上のグループに分割される。分割は、サンプルを有する各記憶場所にフラグを設定するなどのラベルによる。あるいは、各グループのサンプルが、グループの特定の記憶場所に複写される。他の代替では、分割は、必要に応じて、指定された記憶場所からロードすることによって実施される。他の分割が使用されてもよい。

。

【0033】

信号がM回オーバーサンプリングされる場合、スペクトル低減にダウンサンプリングが

50

使用されてもよい。オーバーサンプリングによって、速度スケールの周波数範囲のナイキスト基準を満たすのに必要な数より多くのサンプルがある。その結果、サンプルは、2つ以上のサンプルグループに分割されることがあり、各グループは、ナイキスト基準を満たす。例えば、Mは3であり、したがって、3つのグループが形成され、各グループには、速度スケールでのスペクトルを推定するのに十分なサンプルがある。3つのグループがあるので、同じ時間の3つのスペクトルを推定するサンプルが提供される。各グループは、同じ時間にゲート位置からの応答を表す。

#### 【0034】

任意の分割形式が使用されうる。一実施形態では、分割は、インターリーブされる。例えば、M=2の場合、1つおきのサンプルが1つのグループに入れられる。残りのサンプルは、別のグループに入れられる。M=3の場合、サンプル1で始まる3つおきのサンプルが、1つのグループに入れられ、サンプル2で始まる3つおきのサンプルが、別のグループに入れられ、サンプル3で始まる3つおきのサンプルが、更に別のグループに入れられる。このインターリーブされた形式は、M個のグループ： $S(1:M:N-M+1)$ 、 $S(2:M:N-M+2)$ 、 $\dots$ 、 $S(M:M:N)$ に分割されたサンプル@M\*PRFとして表されてもよく、ここで、Nはサンプル数である。インターリーブサンプルセット（例えば、サンプル1と2、7と8、 $\dots$ を1つのグループ。ここでM=3）などの他の形式が使用されてもよい。

#### 【0035】

所定の時間に使用される各サンプルは、分割後に1つのグループだけになる。他の実施形態では、1つ以上のサンプルが、複数のグループに位置決めされてもよい。各グループは、重複しない集まりであるが、1つ以上のサンプルを他のグループと共有してもよい。

#### 【0036】

Mが整数でない場合、余分なサンプルは廃棄されるか使用されないことがある。あるいは、Mは、端数が切り捨てられるが、余分なサンプルは、M個のグループに入れられ、M個のグループのそれぞれでオーバーサンプリングを提供する。

#### 【0037】

各グループのサンプルが重複しないようにすることによって、グループは、少なくとも部分的に独立した雑音サンプリングを表す。所定の時間に各サンプルが1つのグループだけで使用されるようにすることによって、雑音が、各グループごとに独立にサンプリングされる。この独立を提供するために、サンプルは、分割前にサンプル全体にわたってフィルタリングされない。分割前に、テンポラルフィルタ、アンチエイリアシングフィルタ、又はクラッタフィルタは、サンプルに適用されない。信号対雑音比を高める帯域制限などの任意のフィルタリングが、各グループのサンプルに別々に適用される。

#### 【0038】

動作34で、ドップラエスティメータが、複数グループのサンプルからドップラゲート位置の2つ以上のスペクトルをそれぞれ推定する。M個のグループからM個のスペクトルが推定される。各スペクトルは、雑音又はスペクトルの少なくとも部分的に独立した表現を有する。

#### 【0039】

各スペクトルは、エネルギーを同じ時間の周波数又は速度の関数として表す。周波数は、速度に対して既知の関係を有し、したがって、周波数に関する表現は速度を提供し、速度に関する表現は周波数を提供する。

#### 【0040】

ドップラエスティメータは、応答又はサンプルからのスペクトルを推定する。スペクトルは、ドップラゲート位置に関して推定される。スペクトルは、フーリエ変換、ウェーブレット変換又はウィグナービレ分布を超音波応答シーケンスに適用することによって推定される。スペクトルを決定するために任意の変換が適用されてもよい。

#### 【0041】

スペクトルは、速度スケールを使用して推定される。流体又は組織からの信号は、正速

度と負速度の範囲にわたる。推定で使用される範囲は、速度スケールである。速度スケールを超える速度は、折り返すか、エイリアシングされる。スペクトルは、エネルギーを、速度スケールによって設定された周波数範囲にわたる周波数の関数として提供する。

#### 【0042】

スペクトルは、ドップラゲート位置からのサンプルシーケンスで、超音波サンプルから推定される。各スペクトルは、サンプルが取得された期間に対応する。様々なグループから推定されたスペクトルは、同じ時間又は期間を表す。

#### 【0043】

動作36で、ドップラエスティメータ又は他のプロセッサが、複数スペクトルの情報を結合スペクトルに結合する。一実施形態では、同じ時間における同じ位置を表すスペクトルが加算される。速度又は周波数ごとに、対応するエネルギーが追加される。あるいは、スペクトルは平均され、これは加算を含む。得られたスペクトルは、フィルタリングされてもよい。ピーク検出による結合などのスペクトルの他の結合関数が使用されてもよい。

10

#### 【0044】

別の実施形態では、個別に推定されたスペクトルは、更に、平方根をとるか、ログ又は他の圧縮を適用するか、表示値にマッピングするなど、個別に処理される。結合は、プロセスに沿った任意の時点で行われる。例えば、所定の時間の異なるスペクトルからの画素又は表示値が平均される。各スペクトルは、ゲート位置の応答スペクトルを表すために画素列にマッピングされる。列の各画素は、同じ時間のものであるが、異なる速度である。画素値は、スペクトルのエネルギーからマッピングされる。このマッピングは、その時間を表すスペクトルごとに行われるので、各画素の表示値の平均が計算され、マッピングされた表示としてスペクトルが提供される。プロセスの他のポイントで他の組み合わせが使用されてもよい。

20

#### 【0045】

動作30、32、34及び36が、様々な時間に繰り返される。スペクトルストリップを作成するために、様々な時間ごとのスペクトルが決定される。図2Aと図2Bは、ある期間にわたる同じ位置のスペクトルのスペクトルストリップを示す。スペクトルストリップ内の所定の時間のスペクトルが、水平軸上の速度と、強度を変調するエネルギーとでマッピングされる。他のマッピングが使用されてもよい。

#### 【0046】

動作の繰り返しによって、様々な時間のスペクトルが取得される。さらなるサンプルが取得されたとき、そのさらなるサンプルがグループに追加され、古いサンプルが除去される。各グループのスペクトルシーケンスは、様々な時間におけるドップラゲート位置を表す。取得の様々な期間又はアンサンプルに対応する他の期間又は様々な時間の他のスペクトルが推定されてもよい。期間は、アンサンプル期間よりも短いステップサイズを有する移動ウィンドウを使用するときなどは重なってもよく、固有でもよい。サンプルの取得と様々な期間の推定は、ある期間にわたるスペクトルを提供するために繰り返される。スペクトルストリップの場合、プロセス及び対応する繰り返しは持続するか、複数回行われる。

30

#### 【0047】

スペクトルストリップの各スペクトルが、複数のスペクトルから形成される。スペクトルを低減する組み合わせを可能にする各時間の複数のスペクトルを推定するために、オーバーサンプリングが使用される。

40

#### 【0048】

動作38で、プロセッサ又はドップラエスティメータが、ディスプレイに画像を生成する。画像は、図2Aと図2Bに示されたようにスペクトルの関数である。スペクトル又は一連のスペクトルを使用してスペクトルストリップを生成してもよい。ドップラゲートのスペクトルストリップが表示される。時間及び/又は周波数次元に沿った又はエネルギーに関するスペクトルを平滑化するために、フィルタリングが適用されてもよい。スペクトルストリップは、時間の関数としてエネルギーによって変調された周波数を示す。エネルギー

50

ギーを表す強度を有するグレースケールマッピングなど、現在既知又は今後開発されるスペクトルストリップマッピングが使用されうる。エネルギーは、画素を変調する。エネルギー値からグレースケール又は色がマッピングされる。表示画像は、単一スペクトルの関数でもよく複数スペクトルの関数でもよい。

#### 【0049】

一実施形態では、スペクトルストリップは、一次元Mモード、二次元Bモード、二次元Fモード（フローモード）又はこれらの組み合わせ画像などの空間画像で表示される。ゲートの位置は、視界の関心領域内に円によって表されたように、画像内に図形的に示されてもよい。例えば、テキスト、色、記号又は他のインジケータが、スペクトルストリップに対応するレンジゲートの位置を示す。あるいは、スペクトルストリップは、別のモードからのイメージングなしに表示される。

10

#### 【0050】

画像のスペクトルストリップは、速度スケールで推定された1つ以上のスペクトルを含む。速度スケールは、スペクトルストリップ上に垂直レンジを規定する。追加サンプルが取得されたとき、スペクトルをストリップの右側に追加したり、残りのスペクトルを1つの時間ステップだけ左にずらしたり、一番左側のスペクトルストリップを除去したりするなど、様々な時間に得られたスペクトルがスペクトルストリップに追加される。それぞれの追加されたスペクトルは、様々なグループからのスペクトルに関する情報の組み合わせによるものである。スペクトルストリップの他の更新又はスクローリングが使用されてもよい。

20

#### 【0051】

各時間の複数のスペクトルからの情報を組み合わせることによって、スペクトルストリップ内のスペクトルの量を低減することができる。少なくとも部分的に独立した雑音の場合、スペクトルを含む雑音は、打ち消されるか、変化が低減されることがある。図2Aは、腎臓位置におけるレンジゲート位置のスペクトルストリップを示す。スペクトルストリップは、サンプルを分割させることなく、したがってスペクトル低減なしに生成される。図2Bは、図2Aと同じサンプルであるがM=4の場合に分割されたサンプルから生成されたスペクトルストリップを示す。4つのグループから各時間のスペクトルを組み合わせることによって、スペクトルストリップ内のスペクトルの量が低減される。

30

#### 【0052】

図1に関して前述した実施形態は、イメージングのスペクトルドップラモードである。動作は、他の実施形態ではドップラフロー又はカラーモードのために行われることがある。所定の時期若しくは時間における一次元、二次元又は三次元領域内の各位置の速度（例えば、平均ドップラ速度）を推定するために、フローサンプルカウント（即ち、1組のサンプル）が取得される。オーバーサンプリングによって、所定の位置の速度の様々な推定が行われうる。様々な推定からの情報は、平均化などによって組み合わせられる。得られたカラー又はフローモード画像は、スペクトルが減少されることがある。

#### 【0053】

他の実施形態では、オーバーサンプリングは、スペクトル低減と信号対雑音比の向上の両方に使用される。オーバーサンプリングによって入手可能な余分な帯域幅の一部は、スペクトルを推定するための別個のグループを構成するために使用され、得られた情報が組み合わせられるとスペクトルが低減する。各グループ内のサンプルは、それ自体オーバーサンプリングされるように割り当てられ、スペクトルを推定するためにフーリエ変換の適用前のデシメーションが可能になる。得られるスペクトルの信号対雑音比は大きくなる。前のグループベースのアンチエイリアスフィルタによるダウンサンプリングによって、分割されたグループのスペクトルの信号対雑音比が向上されることがある。

40

#### 【0054】

スペクトル低減と信号対雑音比向上の両方を使用する他の実施形態では、図3の方法が使用される。グループごとに、サンプルが、速度スケールの周波数範囲の様々な部分を別々に推定するために繰返し使用される。各グループ内の部分的スペクトルがステッチされ

50

て、グループのスペクトルが構成される。これらのグループ固有のスペクトルは、信号対雑音比を高めている。様々なグループからスペクトルを組み合わせることによって、スペクトルが低減することがある。

【0055】

代替実施形態では、スペクトル低減と信号対雑音比向上の両方のために全てのサンプルが使用される。同じサンプルが2回処理され、1回は、信号対雑音比を高めるためであり、1回はスペクトル低減のためである。各繰り返しから得られるスペクトルストリップは、平均や加重平均などによって組み合わせられる。

【0056】

図3は、高い信号対雑音比を有するスペクトルドップライメージングのための方法を示す。様々な範囲の速度スケールの同じサンプルを帯域制限することによって、高い信号対雑音比を有する部分的スペクトルが作成される。部分的スペクトルは、速度スケール全体に高い信号対雑音比を有するスペクトルを形成するようにステッチされる。 10

【0057】

他の実施形態では、カラー又はフローモードイメージングのための方法がある。様々なサブバンドの速度スケールのスペクトルを推定することによって処理するのではなく、各サブバンドのドップラ速度（例えば、平均速度）が推定される。様々なサブバンドから得られた速度が平均される。

【0058】

方法は、図9のシステム10又は異なるシステムによって実施される。ビームフォーマーやトランスデューサなどの超音波システムが、サンプルを取得する。クラッタやアンチエイリアスフィルタなどのフィルタが、サンプルを帯域制限する。ドップラエスティメータ又はプロセッサは、スペクトル（例えば、部分的スペクトル）を推定し、スペクトルをステッチして所定の時間又は期間におけるレンジゲートのスペクトルを形成する。超音波システムは、高い信号対雑音比を有する画像を表示する。プロセッサは、動作を制御する。1つ以上の動作が、ユーザとの対話によって実行されてもよい。他の動作又は全ての動作は、最初の活動化又はゲート位置決定以外のユーザ入力なしに、プロセッサによって自動的に実行されてもよい。 20

【0059】

動作は、示された順序で実行されるが、他の順序が可能である。追加の動作、異なる動作、又は少ない数の動作が提供されてもよい。例えば、動作48が実行されない。更に別の例では、スペクトル低減、処理、ある期間にわたる最高速度決定、又は他のドップラ関数のための動作が提供される。 30

【0060】

動作40では、超音波システム（例えば、ビームフォーマとトランスデューサ）が、患者の位置を表すサンプルを取得する。サンプルは、少なくとも、ドップライメージングのために設定された速度スケールのナイキスト基準を満たす。取得は、図1の動作30に関して前述したものと同じか又は異なる。スペクトル低減と異なり、オーバーサンプリングは使用されない。代替実施形態では、速度スケールに対するオーバーサンプリングが使用される。 40

【0061】

システムが、サンプルにアクセスする場合、システムは、

【数1】

$$SNR = 20 * \log_{10} \left( \sqrt{\frac{BW_{in}}{BW_{out}}} \right)$$

によって表されるように、信号対雑音比（SNR）を改善するために帯域幅を縮小してもよい。帯域幅を縮小すると、信号対雑音比が向上する。スペクトルを速度スケールより尖鋭化することで問題となるのは、尖鋭化により関心信号が遮断されることである。オーバ 50

ーサンプリングし速度スケール以上の広さに尖鋭化するのではなく、尖鋭化により、速度スケールより小さいが全体で速度スケールを表す様々なレンジとなることがある。サンプルは、2組以上で速度スケールより少なく帯域制限され、したがって、尖鋭化は、速度スケールより小さい範囲になることがある。

【0062】

動作42で、サンプルは、様々な組でフィルタリングされる。同じサンプルは、異なる狭い帯域を有する同じ開始サンプルをフィルタリングするなど、2回以上フィルタリングされる。一実施形態では、サンプルは、速度スケール周波数範囲の $1/2$ の信号（例えば、正周波数）を分割するようにフィルタリングされ、サンプルは、速度スケール周波数範囲の他の $1/2$ の信号（例えば、負周波数）を分割するようにフィルタリングされる。図4A、図4C及び図4Eは、一例を示す。図4Aは、速度スケール全体の通過帯域でサンプルをフィルタリングするためのフィルタ応答を示す。この例の速度スケールの帯域幅は、 $12.5\text{ kHz}$ であるが、これより大きくても小さくてもよい。図4Cと図4Eは、速度スケールの負と正の半分（即ち、 $-\pi/2 \sim 0$ と $0 \sim \pi/2$ ）通過帯域でサンプルをフィルタリングするためのフィルタ応答を示す。ベースラインは、レンジ内の中心周波数が0になるようにシフトされる。これらの例の帯域幅は、 $12.5\text{ kHz}$ の $1/2$ である。

10

【0063】

3分の1や4分の1などの速度スケールの任意の分割が使用されてもよい。サンプルは、速度スケール全体をカバーするようにシフトされた帯域幅で複数回処理される。分割は、等しいサイズのサブバンド周波数範囲を提供する。あるいは、範囲のサイズは、 $-\pi/2 \sim -\pi/4$ 、 $-\pi/4 \sim \pi/4$ 、 $\pi/4 \sim \pi/2$ など、変化してもよく異なってもよい。

20

【0064】

サブバンドは、重なってもよい。例えば、図4Cと図4Eの例は、 $0\text{ Hz}$ 前後にある程度重なりを示す。この重なりは、非理想的なフィルタリングによるものである。フィルタは、有限インパルス応答では、 $128$ タップや $256$ タップなどの任意のタップ数を使用する。 $0\text{ Hz}$ の遮断周波数での低下は強力であるが、重なりが生じる。重なりは、設計によることがある。あるいは、様々なレンジは排他的である。

【0065】

動作44で、ドップラプロセッサは、狭帯域のそれぞれのスペクトルを推定する。各帯域のフィルタリングされたサンプルは、スペクトルを推定するために別々に使用される。得られたスペクトルが、速度スケールの一部分だけのものなので、スペクトルは、速度スケールに対する部分的スペクトルである。様々なサブバンドのフィルタリングは、様々なデータセットを提供する。セットのそれぞれの部分的スペクトルが推定される。速度スケール内の様々な周波数範囲の値は、帯域制限されたサンプルから推定される。スペクトル推定は、様々な周波数範囲ごとに行われる。

30

【0066】

カラーフローに関して、推定は、平均速度のものである。様々なレンジにおけるフィルタリングから出力されたサンプルは、スペクトル推定でなく平均速度推定によって処理される。フィルタリングに同じサンプルが使用されるので、推定は、様々な周波数範囲にあるサンプルの再処理である。連続又は並列処理が使用されてもよい。

40

【0067】

同じサンプルを様々な低い帯域幅で何度も再処理することによって、速度スケール全体にわたる情報を提供しながら、同じデータを使用して信号対雑音比を高めることができる。スペクトルドップラの実施形態では、部分的スペクトルは、所定の時間のスペクトルの排他的又は重複部分を表す。

【0068】

図4B、図4D及び図4Fは、それぞれ図4A、図4C及び図4Eのフィルタを適用した後で帯域制限サンプルに行われた推定によるスペクトルストリップを示す。入力信号は、 $12.5\text{ kHz}$ でサンプリングされたホワイトノイズが追加された $5.2\text{ kHz}$ のトー

50

ンである。所定の期間又は時間に256個のサンプルが使用され、推定は、256ポイントFFTによる。周波数範囲は、0～12.5kHzになるようにシフトされ、したがって、正規化されたベースラインは6.25kHzにある。その結果、図4Bは、トーンをベースラインに近い負の白線として示す。図4Dは、帯域幅の負側半分に帯域制限し、下側部分又はベースライン近くのトーンを示す。図4Eは、帯域幅の正側半分の帯域制限し、トーンを示さない。帯域制限されたスペクトルは、全速度スケールの異なる部分だけを表す。

#### 【0069】

動作46で、推定からの値がステッチされる。スペクトルドップラに関して、値は、部分的スペクトルである。図4Cと図4Eの例では、部分的スペクトルは、スペクトルの正部分と負部分（ベースラインに対する）である。部分的スペクトルは、スペクトル全体を構成するように接続又は結合される。得られたスペクトルは、周波数の関数としてエネルギーが低域フィルタリングされてもよい。重なりがある場合、各重なり周波数のエネルギーが平均される。様々な狭いレンジに関して推定されたスペクトルは、速度スケール全体にわたってステッチスペクトルに結合され、速度スケール全体のステッチ値が提供される。このステッチされた全体は、速度スケールの周波数などの全ての対象周波数を表すが、帯域制限により信号対雑音比が改善される。

10

#### 【0070】

カラー又はフロッドドップラに関して、ステッチ処理は、平均又は合計による。様々な狭帯域における推定速度は、ステッチされて、位置のステッチ値が提供される。ステッチ処理によって、ステッチ値は、速度スケール全体にわたって信号に応じる。

20

#### 【0071】

動作48で、ドップラ画像が生成される。スペクトルドップラに関して、画像は、図1に関して前述したように生成される。所定の時間のスペクトルがスペクトルストリップに追加されるスペクトルストリップが生成される。スペクトルは、狭帯域情報からステッチされる。

#### 【0072】

カラー又はフローイメージングのために、ステッチ値が、色にマッピングされる。その時間にその位置に生じた色は、イメージングのための画素値として出力される。プロセスは、他の位置に繰り返されて、所定の時間における患者を表すカラー又はフロー画像が提供される。プロセスは、他の時間に繰り返されて、一連のカラー又はフロー画像が提供される。

30

#### 【0073】

プロセスは、それぞれの時間又は期間に繰り返される。動作48から動作40へのフィードバックは、スペクトルストリップ又は一連のカラー若しくはフロー画像を形成する繰り返しを表す。

#### 【0074】

図5Aと図5Bは、スペクトルストリップを示す。図5Aは、同じトーン及び雑音に基づいて図4Aのフィルタリングを使用して生成されたスペクトルストリップを示す。図5Aは、図4Bと同じであるが拡大されている。図5Bは、図4Cと図4Eの帯域制限とスペクトルのステッチ処理から得られたスペクトルストリップを示す。図5Aと図5Bを比較すると、図5Bは、信号対雑音比が改善されていることが分かる。図6は、エネルギーの50カラム（即ち、50の時間若しくは期間、又は50のスペクトル）の平均トレースを、図5Aと図5Bからの周波数の関数として示す。上側トレースは、帯域制限がなく（図5A）、したがって雑音領域で（即ち、5.2kHz外で）より大きいエネルギーを有する。下側トレースは、左側/右側帯域制限を有し（図5B）、雑音領域内でより少ないエネルギーを有する。信号対雑音比が改善される。

40

#### 【0075】

更に他の実施形態では、信号対雑音比の向上は、図1に関して前述したようなスペクトル低減と共に提供される。サンプルは、様々なグループに分割される。各グループ内で、

50

図3の信号対雑音向上プロセスが行われる。様々なグループから得られたスペクトルは、それぞれステッチスペクトルである。ステッチスペクトル推定から得られた情報は、例えばステッチスペクトルを合計又は平均することによって組み合わせられる。

【0076】

別の手法で、サンプルは、ある時は図1のプロセスを使用して、別の時は図3のプロセスを使用して別々に処理される。得られたスペクトル（例えば、図1の方法からの組み合わせられたスペクトルと図3の方法からのステッチされたスペクトル）は、スペクトルとして、又はスペクトルからマッピングされた画素値として結合される。

【0077】

図7は、高い信号対雑音比を有するスペクトルドップライメージングのための方法を示す。速度スケール全体の様々な範囲に関して同じサンプルを帯域制限するのではなく、帯域制限は、合計で全ての速度スケールより少ない1つ以上のユーザ選択された帯域のために実行される。

【0078】

他の実施形態では、カラー又はフローモードイメージングのための方法がある。速度スケールの様々なサブバンドのスペクトルを推定することによって処理するのではなく、1以上のサブバンドのドップラ速度（例えば、平均速度）が推定される。様々なサブバンドから得られた速度は、別々に表示されるか、合計や平均などによってステッチされる。

【0079】

方法は、図9のシステム10又は異なるシステムによって実施される。ビームフォーマやトランスデューサなどの超音波システムが、サンプルを取得する。クラッタフィルタなどのフィルタが、サンプルを帯域制限する。ドップラエスティメータ又はプロセッサは、スペクトル（例えば、部分的スペクトル）を推定し、スペクトルをステッチして所定の時間又は期間におけるレンジゲートのスペクトルを形成する。超音波システムは、高い信号対雑音比を有する画像を表示する。プロセッサは、動作を制御する。1つ以上の動作が、ユーザとの対話によって実行されてもよい。他の動作又は全ての動作は、最初の活動化又はゲート位置決定以外のユーザ入力なしに、プロセッサによって自動的に実行されてもよい。

【0080】

動作は、示された順序で実行されるが、他の順序が可能である。追加の動作、異なる動作、又は少ない数の動作が提供されてもよい。例えば、動作80が実行されない。更に別の例では、スペックル低減、処理、ある期間にわたる最高速度決定、又は他のドップラ関数のための動作が提供される。

【0081】

動作70で、速度スケールが設定される。速度スケールは、エイリアシングを回避するためにユーザによって設定される。他の実施形態では、デフォルト又は所定の速度スケールが使用される。例えば、プロセッサは、特定のイメージングアプリケーションのユーザ選択に応じて速度スケールを設定する。更に他の実施形態では、サンプルは、プロセッサによって速度スケールを適応的に設定するために取得され使用される。設定された速度スケールは、スペクトルドップライメージングのために関心周波数範囲を提供する。表示されたドップラ情報は、速度スケールの周波数範囲のものである。

【0082】

動作72で、速度スケールより小さい周波数範囲のユーザ入力を受け取る。ユーザは、速度スケールのサブバンドを示し、サブバンドは、特定の関心のものである。サブバンドは、速度スケールの周波数範囲より小さく完全にその範囲内にある。例えば、ユーザは、最高速度に関心を持っており、したがって、速度スケールのハイエンド（例えば、 $\pi/2 \sim \pi/4$ ）における負レンジ又は正レンジを選択する。代替実施形態では、ユーザ入力範囲は、サンプルがオーバーサンプリングされる場合など、速度スケールの周波数範囲を超える。

【0083】

フィルタは、ユーザ入力を受け取る。ユーザ入力は、ユーザインタフェースから直接受け取ってもよい。あるいは、フィルタは、ユーザ入力を、ユーザ入力に基づいて制御プロセッサによって決定されたフィルタパラメータ又はプログラミングとして受け取る。ユーザは、範囲を選択するか、周波数範囲の選択に対応するアプリケーションを選択することができる（例えば、最大トレースエンファシスを有するスペクトルドップラ）。選択は、信号対雑音比を高めるためのスペクトルドップラ表示のサブセクションのものである。カラー又はフロードップラに関して、選択は、別個又は隣接した画像に使用される範囲のものである。

#### 【0084】

動作74で、信号対雑音比は、ユーザによって選択された狭い周波数範囲を使用して高められる。動作76及び78は、1つの手法を表す。サンプルは、動作76で、選択された範囲の帯域通過を有するアンチエイリアスフィルタ又は他のプログラム可能若しくは選択可能なフィルタによってフィルタリングされる。別個のフィルタリングは、速度スケールの範囲のフィルタリングやサブバンドのフィルタリングなどでない、様々な範囲に実行される。平均速度又はスペクトルは、動作78で、選択された範囲のそれぞれに関してドップラエステイメータによって推定される。システムは、縮小された帯域幅を使用してディスプレイの選択帯域のサンプルを再処理して、対象スペクトル内の「クリーナ」信号を得る。

#### 【0085】

更に、速度スケールのスペクトルが、推定されてもよい。サンプルを速度スケール帯域通過でフィルタリングするために、任意のオーバーサンプリングが使用されてもよい。スペクトルは、速度スケールを使用するスペクトルドップライメージングのために推定される。

#### 【0086】

動作80で、スペクトルストリップ又はカラーフロー画像などのドップラ画像が生成される。画像は、ユーザが選択した狭帯域（例えば、速度スケールのサブバンド）内の推定出力（例えば、スペクトル）から生成される。例えば、周波数範囲が狭帯域又はユーザ選択帯域ものである場合にスペクトルストリップ表示が生成される。帯域制限により、得られたスペクトルストリップは、速度スケールの周波数範囲全体のスペクトルストリップより高い信号対雑音比を有する。

#### 【0087】

狭帯域を使用する画像は、速度スケール全体の画像と組み合わせられてもよい。例えば、狭帯域に対応する速度スケール全体にわたるスペクトルストリップの部分は、図8Bに示されたように、狭帯域推定によるスペクトルストリップ又は情報と置き換えられる。同じサンプルは、速度スケール全体にわたるスペクトルストリップ並びに速度スケールのサブ部分にわたる帯域制限されたスペクトルストリップを作成するために使用される。別の例として、速度スケール全体のスペクトルストリップは、狭帯域のスペクトルストリップに隣接して表示される。カラー又はフロードップラに関して、速度スケール全体を使用した推定による画像と、狭帯域を使用する推定からの画像が、互いに隣り合って表示される。

#### 【0088】

帯域制限にもかかわらず同じ時間スケールを維持するため、狭帯域を推定するためにより少数のサンプルが使用される。サンプルの数は、ダウンサンプリング量とともに減少する。

#### 【0089】

図8Aは、256ポイントFFTによる全帯域幅（例えば、5kHz速度スケール）を有するCWの心臓噴流のスペクトルストリップを示す。図8Bは、図8Aと同じスペクトルストリップを示すが、500~1800Hz帯域の改善された（ホワイトノイズより少ない）信号対雑音比を有する。フィルタリング後でより狭帯域に関して推定されたスペクトルは、速度スケール全体に関して推定されたスペクトルの部分と重ねられるか、置き換わる。

## 【0090】

図9は、スペクトル又はカラードップライメーキングのためのシステム10を示す。システム10は、医学診断超音波イメージングシステムであるが、ワークステーションなどの他の画像処理システムが使用されてもよい。システム10は、1つ以上の位置における応答を高いレートで取得し、スペクトルや平均速度の推定など、速度を推定するために各位置から応答をサンプリングする。

## 【0091】

システム10は、送信ビームフォーマ12、トランスデューサ14、受信ビームフォーマ16、ドップラプロセッサ18、ディスプレイ20、プロセッサ21及びメモリ22を含む。フロントエンドビームフォーマ12、16及びトランスデューサ14のないシステム10、又はスキャンコンバータを有するシステム10など、追加構成要素、異なる構成要素、より少数の構成要素が提供されてもよい。ドップラプロセッサ18及びプロセッサ21は、両方のプロセッサ18、21として働く1つの装置に組み込まれてもよく、連続又は並列処理のための追加のプロセッサが使用されてもよい。

10

## 【0092】

トランスデューサ14は、複数の要素のアレイである。要素は、圧電性又は容量性薄膜要素である。アレイは、一次元アレイ、二次元アレイ、1.5Dアレイ、1.25Dアレイ、1.75Dアレイ、環状アレイ、多次元アレイ、これらの組み合わせ、又は任意の他の現在既知又は今後開発されるアレイとして構成される。トランスデューサ要素は、音響エネルギーと電気エネルギーの間で変換する。トランスデューサ14は、送信/受信スイッチを介して送信ビームフォーマ12及び受信ビームフォーマ16と接続するが、他の実施形態では別個の接続が使用されてもよい。

20

## 【0093】

送信ビームフォーマ12は、受信ビームフォーマ16と別に示される。あるいは、送信及び受信ビームフォーマ12、16は、共通の幾つかの構成要素を備えることがある。送信及び受信ビームフォーマ12、16は、一緒又は単独で動作して、ゲート位置をサンプリングし及び/又は一次元、二次元又は三次元領域をスキャンするための音響エネルギーのビームを形成する。

## 【0094】

送信ビームフォーマ12は、プロセッサ、遅延器、フィルタ、波形発生器、メモリ、位相回転子、デジタルアナログ変換器、増幅器、これらの組み合わせ、又は他の現在既知又は今後開発される送信ビームフォーマ構成要素である。一実施形態では、送信ビームフォーマ12は、送信波形エンベロープサンプルをデジタル形式で生成する。フィルタリング、遅延、相回転、デジタル/アナログ変換及び増幅を使用して、所望の送信波形が生成される。他の実施形態では、送信ビームフォーマ12は、スイッチングパルサ、又は送信される波形を記憶する波形メモリを含む。他の送信ビームフォーマ12が使用されてもよい。

30

## 【0095】

送信ビームフォーマ12は、トランスデューサ14上の送信アパーチャの各要素の送信波形の電気信号を生成するための複数のチャネルとして構成される。波形は、1つ、複数又は分数のサイクルを有する所望の中心周波数又は周波数帯の単極、双極、階段状、正弦波又は他の波形である。あるいは、送信ビームフォーマ12は、CWイメージングのための連続波を生成する。波形は、相対遅延及び/又は整相、及び音響エネルギーを集束するための振幅を有する。送信ビームフォーマ12は、アパーチャ(例えば、能動要素の数)、複数のチャネルにわたるアポダイゼーションプロファイル(例えば、タイプ又は質量中心)、複数のチャネルにわたる遅延プロファイル、複数のチャネルにわたる位相プロファイル、中心周波数、周波数帯、波形形状、サイクル数、符号化、又はこれらの組み合わせを変化させるコントローラを含む。

40

## 【0096】

送信ビームフォーマ12は、超音波エネルギーの一連の送信ビームを送信するように構

50

成される。送信ビームは、送信アパーチャ内の位置にあるトランスデューサ 14 から生じる。送信ビームは、走査線に沿って任意の所望の角度で形成される。音響エネルギーは、走査線に沿った点で集束されるが、複数のポイント、線状焦点、無焦点又は他の広がりを使用されてもよい。音響エネルギーは、ドップラゲート位置に集束されるが、他の場所に集束されてもよい（例えば、ドップラゲートは焦点ではなく走査線に沿っている）。音響エネルギービームは、ドップラゲート又は他の位置に送信される。

#### 【0097】

各位置に、進行中の一連の送信ビームが、PRFで生成される。PRFは、時間的に隣り合った送信又は送信ビームの間隔を決定する。PRFは、移動時間、他のイメージングモードとのインタリーピング、及び反射低減に必要なとされない非送信期間を有するのに十分な低さでよい。一実施形態では、PRFは、移動時間、インタリーピング、及び反射低減が移動時間の1/2以下の場合にできるだけ迅速である。PRFが高いほど、オーバーサンプリングを提供する可能性が高くなる。他の実施形態では、PRFは、速度スケールとナイキスト基準に基づいて設定される。

10

#### 【0098】

受信ビームフォーマ16は、前置増幅器、フィルタ、位相回転子、遅延器、加算器、ベースバンドフィルタ、プロセッサ、バッファ、メモリ、これらの組み合わせ、又は他の現在既知若しくは今後開発される受信ビームフォーマ構成要素である。送信イベントに応じて1つ以上のビームを受信できるアナログ又はデジタル受信ビームフォーマが使用される。

20

#### 【0099】

受信ビームフォーマ16は、トランスデューサ14の要素に当たるエコー又は音響エネルギーを表す電気信号を受信するための複数のチャネルに構成される。トランスデューサ14内の受信アパーチャの要素のそれぞれからのチャネルは、アポダイゼーション増幅を適用するための増幅器に接続する。アナログデジタルコンバータは、増幅されたエコー信号をデジタル化してもよい。無線周波数受信データは、ベースバンド周波数に復調される。次に、動的受信遅延などの任意の受信遅延及び/又は相回転が、増幅器及び/又は遅延によって適用される。デジタル又はアナログ加算器は、受信アパーチャの様々なチャネルからのデータを組み合わせて1つ又は複数の受信ビームを形成する。加算器は、単一加算器又はカスケード式加算器である。加算器は、相対的に遅延されアポダイズされたチャネル情報を加算して受信ビームを形成する。1つ以上の位置から（例えば、スペクトルドップラでは1つのゲート位置から、又はカラー若しくはフローイメージングでは複数の位置から）エコーのビーム形成されたサンプルが得られる。

30

#### 【0100】

一実施形態では、ビーム形成加算器は、形成ビームに関する位相情報が維持されるように同相及び直角位相チャネルデータを複雑な方式で加算することができる。あるいは、ビーム形成加算器は、位相情報を維持することなくデータ振幅又は強度を合算する。中間周波数帯への復調及び/又はチャネルの他の部分におけるアナログデジタル変換など、他の受信ビーム形成が提供されてもよい。

#### 【0101】

受信アパーチャを含むビーム形成パラメータ（例えば、素子の数、受信処理にどの素子を使用されるか）、アポダイゼーションプロファイル、遅延プロファイル、位相プロファイル、イメージング周波数、逆符号化、又はこれらの組み合わせが、受信ビーム形成のための受信信号に適用される。例えば、相対遅延及び振幅又はアポダイゼーションは、1つ以上の走査線に沿って音響エネルギーを集束する。制御プロセッサは、受信ビーム形成のための様々なビーム形成パラメータを制御する。

40

#### 【0102】

各送信ビームに応じて1つ以上の受信ビームが生成される。送信された音響エネルギーに応じて、トランスデューサ14が音響エコーを受け取る。エコーは、トランスデューサ14によって電気信号に変換され、受信ビームフォーマ16は、電気信号から受信ビーム

50

を形成して、位置を表すサンプルを生成する。各位置の送信ビームがPRFで持続している場合、サンプルは、やはり持続的に生成される。ある期間にわたる応答が取得される。

#### 【0103】

ドップラプロセッサ18は、スペクトルドップラエスティメータ又はカラー若しくはフロッドプラエスティメータである。Bモードなどの他のイメージング検出器が含まれてもよい。一実施形態では、ドップラプロセッサ18は、受信ビームサンプルデータに変換を適用するためのデジタル信号プロセッサや他の装置である。ある期間にわたって一連の送信及び受信イベントが実行される。バッファ（例えば、コーナータンギングメモリ）又はメモリ22が、各送信及び受信イベントからの受信ビーム形成データを記憶する。組織の動きと流体の動きを区別するためのプログラム式フィルタなどのウォールフィルタが、変換の適用前にサンプルをフィルタリングしてもよい。ウォールフィルタと別個又はウォールフィルタによって実現されたアンチエイリアスフィルタが、信号対雑音比を高めるためにデータをダウンサンプリングしてもよい。スペクトルを決定するために、3つ以上などの任意数の送信及び受信イベントが使用されてもよい。ドップラプロセッサ18は、ゲート位置のスペクトルを推定するか、平均速度を推定する。個別若しくは高速フーリエ変換又は他の変換を同じ空間位置の超音波サンプルに適用することによって、その位置からの応答を表すスペクトルが決定される。サンプルを取得するために期間の様々な周波数でのエネルギー準位を表すヒストグラム又はデータが得られる。速度が、周波数から決定されてもよく、速度への変換なしに周波数が使用されてもよい。

10

#### 【0104】

プロセスを繰り返すことによって、ドップラプロセッサ18は、様々な時間における所定の位置の様々なスペクトルを得ることができる。選択された超音波サンプルの移動ウィンドウによる各スペクトルの計算など、重なりデータが使用されてもよい。あるいは、各超音波サンプルは、単一期間の対応するスペクトルに使用される。様々な位置を繰り返すことによって、平均速度の空間分布が推定されてもよい。

20

#### 【0105】

ドップラプロセッサ18は、一連の周波数の変換を適用する。一連の周波数又は速度スケールは、推定から得られる正速度と負速度を制限する。送信PRFと等しい速度スケールを含む様々な速度スケールが使用されうる。スペクトルは、所定の速度スケールを使用して推定される。同様に、速度スケールのベースライン又は中心が設定されてもよい。

30

#### 【0106】

ドップラプロセッサ18は、別の推定のためにオーバーサンプリングされたサンプルを様々なグループに分け、次に別の推定から得られた情報を組み合わせることによって、スペクトルや他の雑音を減少させることができる。ドップラプロセッサ18は、速度スケールの周波数範囲より狭い帯域のサンプルを複数回処理し、その結果をステッチすることによって、信号対雑音比を高めてもよい。ドップラプロセッサ18は、サブバンド単独の信号から推定することによって、速度スケールの帯域のサブバンドをより大きい信号対雑音比で推定することができる。これらの手法のうちの任意の2つ又は全ての組み合わせが使用されうる。

40

#### 【0107】

プロセッサ21は、ドップラプロセッサ18又は別個のプロセッサの一部でもよい。プロセッサ21、ドップラプロセッサ18、又は両方のプロセッサ18、21は、サンプルの選択若しくは分配、推定、及び/又はイメージング並びに/若しくはシステム10の制御に使用される。プロセッサ21は、汎用プロセッサ、制御プロセッサ、デジタル信号プロセッサ、特定用途向け集積回路、フィールドプログラマブルゲートアレイ、グラフィック処理装置、アナログ回路、デジタル回路、これらの組み合わせ、又は処理のための他の現在既知又は今後開発される装置である。

#### 【0108】

プロセッサ21は、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの両方によって、図1、図3及び/又は図7に関して前述した動作のような、様々な動作を実行し及び/又は実行さ

50

せるように構成される。プロセッサ 21 は、ドップラプロセッサ 18 の一部として、又はドップラプロセッサ 18 と通信するように構成される。プロセッサ 21 は、トランスデューサ 14 に対してドップラゲートが所定の位置にある場合に、ビームフォーマ 12, 16 の PRF を設定する。プロセッサ 21 は、スペクトルストリップを生成するかドップラプロセッサ 18 にスペクトルストリップを生成させる。取得と推定が続くとき、スペクトルがストリップに追加され、古いスペクトルが、先入れ先出しスクロールで除去される。

#### 【0109】

プロセッサ 21 は、自動的に動作する。ユーザは、スペクトルドップラモードを活動化し、速度スケールを示し、ベースラインを示し、及び／又はゲートを位置決めしてもよい。スペクトル低減及び／又は信号対雑音比向上は、さらなるユーザ入力なしに、及び／又はドップライメージングパラメータの 1 つ以上に関する値のユーザ入力なしに行われる。代替実施形態では、ユーザは、速度スケールより狭い帯域の入力など、パラメータの設定を入力する。プロセッサ 21 は、ある期間にわたるスペクトルを推定させる。

10

#### 【0110】

フィルタリング、補間及び／又はスキャン変換などの追加のプロセスが、ドップラプロセッサ 18、プロセッサ 21 又は別の装置によって提供されてもよい。スペクトルは、表示のために準備されフォーマットされる。例えば、ドップラプロセッサ 18 は、表示値を、位置に関して推定されたスペクトルの関数として生成する。表示値は、表示のために変換される強度や他の値（例えば、赤、緑、青値）、又はディスプレイ 20 を動作させるために生成されるアナログ値を含む。表示値は、強度、色相、色、輝度又は他の画素特性を示してもよい。例えば、色は、スペクトルの 1 つの特性の関数として割り当てられ、輝度は、別のスペクトル特性又は他の情報の関数である。表示値は、スペクトルストリップ表示のために生成される。

20

#### 【0111】

ディスプレイ 18 は、スペクトルに応じて画像を表示する CRT、モニタ、LCD、プラズマスクリーン、プロジェクタ、又は他の現在既知若しくは今後開発されるディスプレイである。グレースケールのスペクトルドップラ画像の場合、各速度がエネルギーの関数として変調された一連の速度が、時間の関数として提供される。所定のスペクトルは、所定の時間の速度とエネルギー情報を示す。所定の画素又は画素領域の強度は、エネルギーを表し、速度が垂直スケールで提供され、時間が水平スケールで提供される。色付けされたスペクトルドップラ画像を含む他の画像構成が提供されてもよい。平均速度をグレースケール B モードの関心領域内の位置の関数として示すような、カラー又はフローモード画像が生成されてもよい。

30

#### 【0112】

メモリ 22 は、位置の超音波サンプル、推定スペクトル、部分的スペクトル、パラメータの設定（例えば、値）、画像データ又は他の情報を記憶する。メモリ 22 は、処理の任意段階からの情報、又は表示を生成するために使用される情報を記憶してもよい。

#### 【0113】

一実施形態では、メモリ 22 は、プログラムされたプロセッサ 18 及び／又はドップライメージング用のプロセッサ 21 によって実行可能な命令を表すデータが記憶された非一時的コンピュータ可読記憶媒体である。本明細書で述べたプロセス、方法及び／又は技法を実施するための命令は、キャッシュ、バッファ、RAM、取り外し可能媒体、ハードディスク又は他のコンピュータ可読記憶媒体などのコンピュータ可読記憶媒体又はメモリ上に提供される。コンピュータ可読記憶媒体は、揮発性の及び不揮発性の様々なタイプの記憶媒体を含む。図に示され本明細書に記載された機能、動作又はタスクは、コンピュータ可読記憶媒体に記憶された 1 組以上の命令に応じて実行される。機能、動作又はタスクは、特定タイプの命令セット、記憶媒体、プロセッサ又は処理方式に依存せず、単独又は組み合わせで動作するソフトウェア、ハードウェア、集積回路、ファームウェア、マイクロコードなどによって実行されてもよい。同様に、処理方式は、多重処理、マルチタスキング、並列処理などを含むことがある。

40

50

【0114】

一実施形態では、命令は、ローカル又はリモートシステムによって読み取るための取り外し可能な媒体装置に記憶される。他の実施形態では、命令は、コンピュータネットワーク又は電話線を介して転送するための遠隔地に記憶される。更に他の実施形態では、命令は、所定のコンピュータ、CPU、GPU又はシステム内に記憶される。

【0115】

以上、本発明を様々な実施形態を参照して説明してきたが、本発明の範囲から逸脱することなく多くの変更及び修正を行うことができることを理解されたい。したがって、以上の詳細な説明が、限定ではなく実例と見なされるべきであり、また以下の請求項が、本発明の趣旨と範囲を規定するように意図された全ての等価物を含むことを理解されたい。

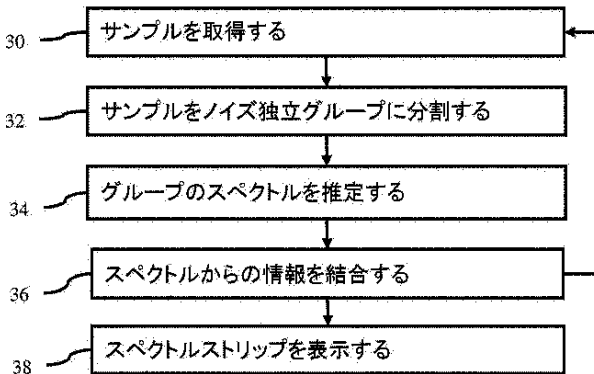
10

【符号の説明】

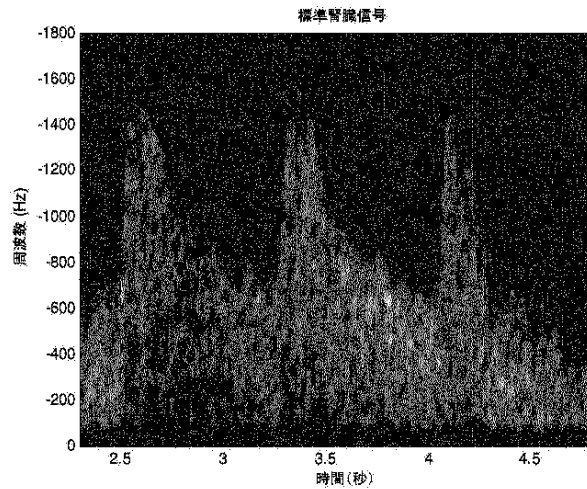
【0116】

- 12 送信ビームフォーマ
- 14 トランスデューサ
- 16 受信ビームフォーマ
- 18 ドップラプロセッサ
- 20 ディスプレイ
- 21 プロセッサ
- 22 メモリ

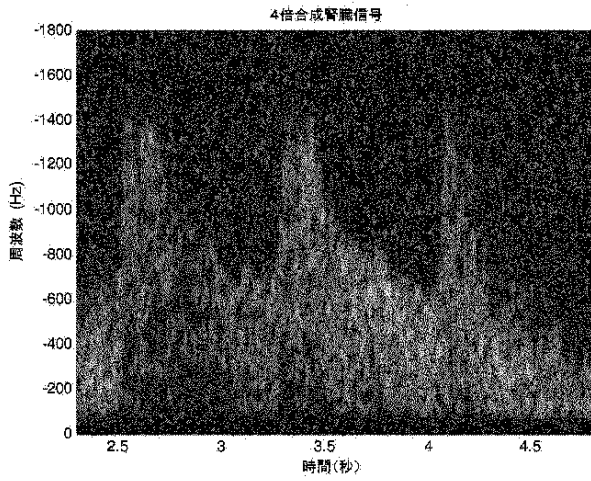
【図1】



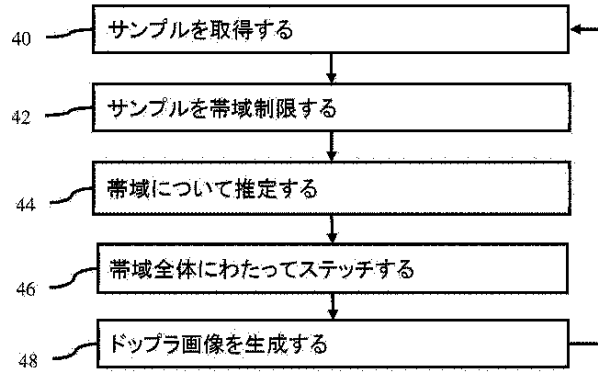
【図2A】



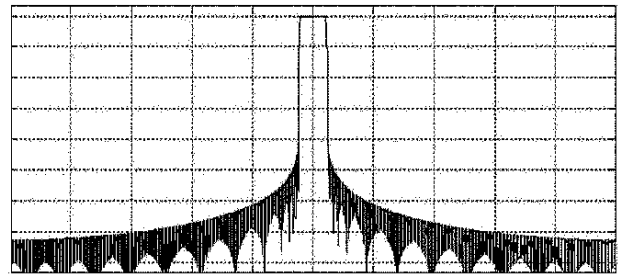
【図 2 B】



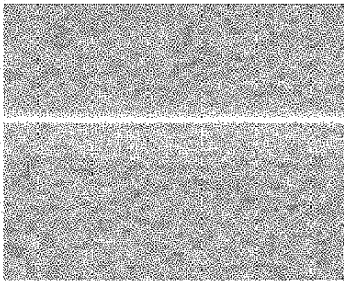
【図 3】



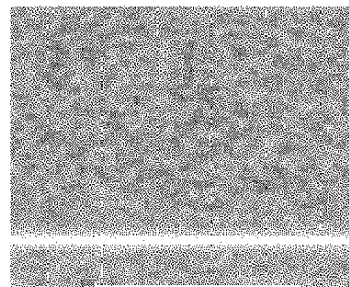
【図 4 A】



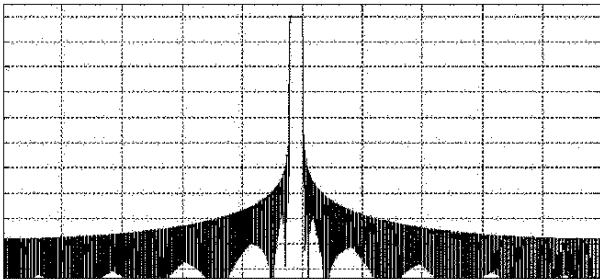
【図 4 B】



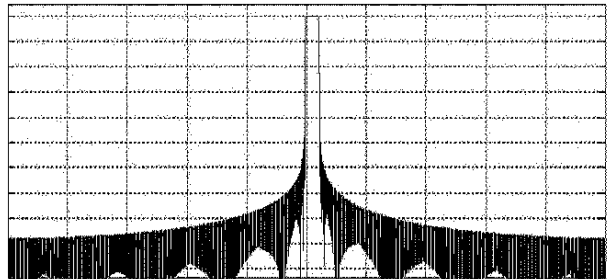
【図 4 D】



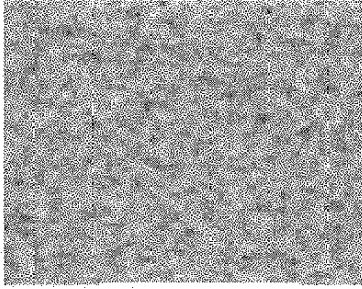
【図 4 C】



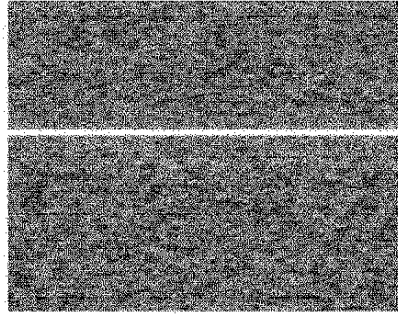
【図 4 E】



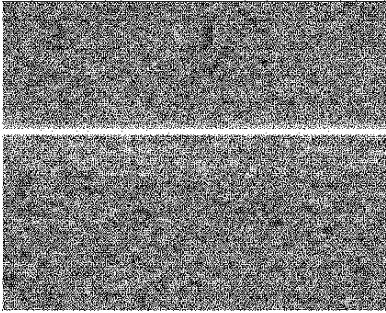
【図 4 F】



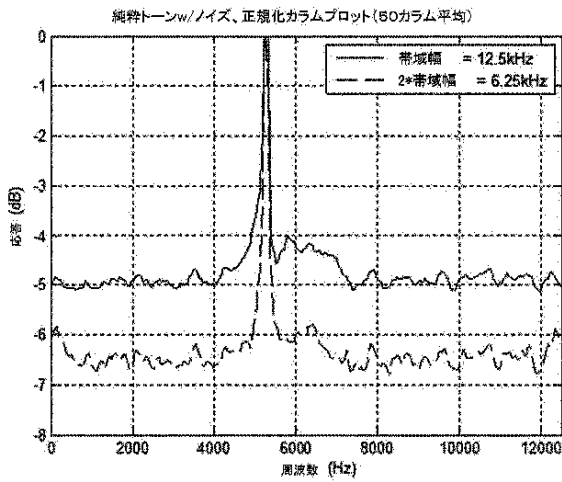
【図 5 B】



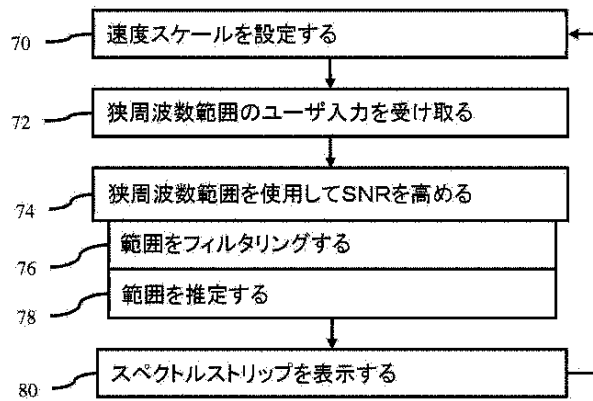
【図 5 A】



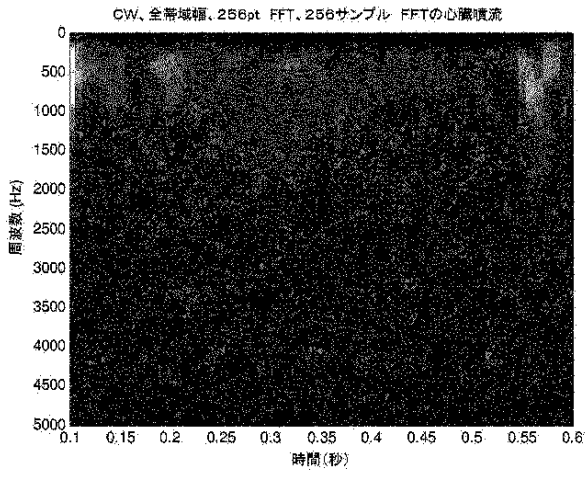
【図 6】



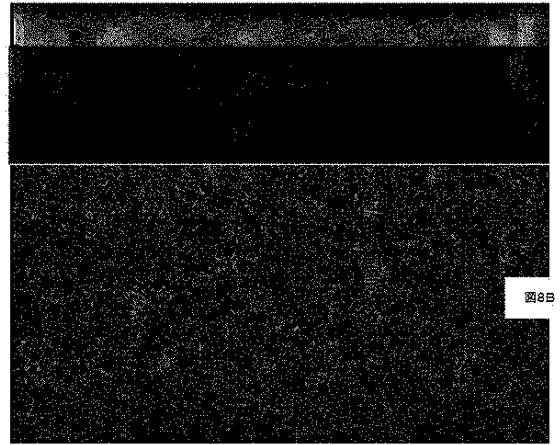
【図 7】



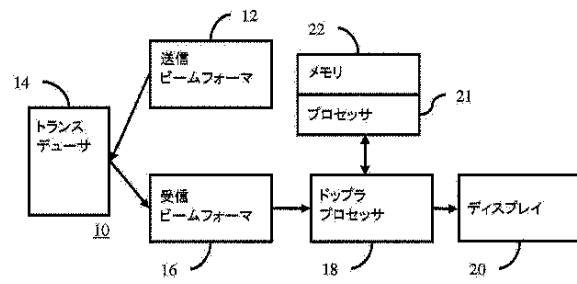
【図 8 A】



【図 8 B】



【図 9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 パウル ディー、フライバーガー  
アメリカ合衆国 98112 ワシントン、シアトル、2611-トウエンティフィフス アヴェ  
ニュー イースト

(72)発明者 ミキョン パク  
アメリカ合衆国 98029 ワシントン、イサクア、ノースイースト ケニヨン コート 19  
26

Fターム(参考) 4C601 DE03 DE04 EE04 JB32 JC21 KK17 KK18

【外国語明細書】  
2017023722000001.pdf

专利名称(译)	改进的多普勒成像		
公开(公告)号	<a href="#">JP2017023722A</a>	公开(公告)日	2017-02-02
申请号	JP2016137466	申请日	2016-07-12
[标]申请(专利权)人(译)	美国西门子医疗解决公司		
申请(专利权)人(译)	西门子医疗系统集团美国公司		
[标]发明人	ミキヨンパク		
发明人	パウル ディー.フライバーガー ミキヨン パク		
IPC分类号	A61B8/06		
CPC分类号	A61B8/488 A61B8/52 G06T5/002 G06T2207/10132 G06T2207/30084 A61B8/5207 A61B8/5253 A61B8/5269 G01S7/52066 G01S7/52077 G06T11/006 G06T2207/10036 G06T2207/20182 A61B8/461		
FI分类号	A61B8/06 A61B8/06.ZDM		
F-TERM分类号	4C601/DE03 4C601/DE04 4C601/EE04 4C601/JB32 4C601/JC21 4C601/KK17 4C601/KK18		
代理人(译)	山口岩 山本浩		
优先权	14/809564 2015-07-27 US		
其他公开文献	JP6305470B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

解决的问题：提供一种能够改善诸如频谱多普勒成像和彩色成像的多普勒成像的图像质量的设备。超声系统表示距离门的位置，并获得针对频谱多普勒成像设置的速度标度的过采样样本，针对速度标度的样本和奈奎斯特准则。由多普勒估计器从两组或更多组的样本中，分成两个或更多组进行填充的步骤32，以及在多普勒门位置估计两个或多个光谱中的每一个的步骤34，以及关于两个或多个光谱的信息。组合成组合频谱的步骤36和显示频谱多普勒带作为组合频谱的函数的步骤38。[选型图]图1

