

(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2012-115666

(P2012-115666A)

(43) 公開日 平成24年6月21日 (2012.6.21)

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

F I  
A 6 1 B 8/08

テーマコード (参考)  
4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2011-258623 (P2011-258623)  
 (22) 出願日 平成23年11月28日 (2011.11.28)  
 (31) 優先権主張番号 12/957, 289  
 (32) 優先日 平成22年11月30日 (2010.11.30)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタデイ、リバーロード、1番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 性能を向上させた音響放射力撮像のためのシステム及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 A R F I 撮像において性能を強化した有効な方法及びシステムを提供する。

【解決手段】 超音波撮像デバイスのトランスジューサアレイ内においてトランスジューサ素子を含むように複数のアパーチャを構成し、対応する初期位置を検出するために複数の標的部 1 0 1 に対して1つまたは複数の基準パルスが送達し、複数の標的部 1 0 1 に対して1つまたは複数のプッシングパルスが送達する。複合遅延プロフィールを用いて複数のアパーチャを複数の標的部 1 0 1 内の指定の標的部に集束させる。引き続いて、複数の標的部 1 0 1 内の少なくとも指定の標的部の対応する変位を検出するために複数の標的部 1 0 1 に対してトラッキングパルスが送達され、対応する標的部 1 0 1 に対して複数の短いプッシングパルスセグメント及び/またはトラッキングパルスを交互配置方式で送達させる。

【選択図】 図 1

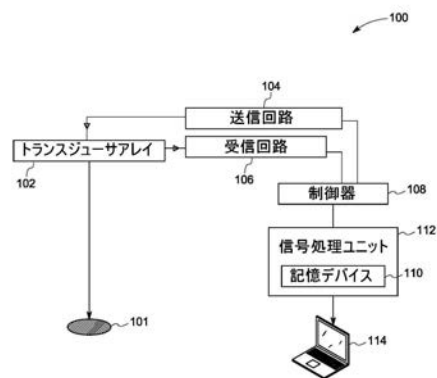


FIG. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

超音波撮像デバイスのトランスジューサアレイ内で複数のアパーチャを構成するステップであって、該複数のアパーチャはトランスジューサアレイ内の1つまたは複数のトランスジューサ素子を備える構成ステップと、

複数の標的部位の初期位置を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数の基準パルスを送達させるステップと、

複合遅延プロフィールを用いて複数の標的部位内の指定の標的部位に集束させている複数のアパーチャの少なくとも2つを通して複数の標的部位の少なくとも2つに対してプッシングパルスを送達させるステップと、

複数の標的部位内の少なくとも指定の標的部位の対応する変位を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数のトラッキングパルスを送達させるステップと、  
を含む超音波撮像方法。

10

**【請求項 2】**

トランスジューサアレイの幾何学構成及び所望の被写界深度に基づいて遅延プロフィールを計算するステップをさらに含む請求項1に記載の方法。

**【請求項 3】**

トランスジューサアレイ内で複数のアパーチャを構成する前記ステップは、

複数の標的部位内でその各々が所望の被写界深度に対応するある具体的な深度を有するような指定の標的部位を選択するステップと、

トランスジューサアレイ内の1つまたは複数のトランスジューサ素子を複数のアパーチャにグループ分けするステップと、

当該深度を有する指定の標的部位の各々に対してプッシングパルスを送達させるように複数のアパーチャを構成するための複合遅延プロフィールを計算するステップと、  
を含む、請求項2に記載の方法。

20

**【請求項 4】**

遅延プロフィールを計算する前記ステップは、1つまたは複数のトランスジューサ素子の間の遅延に対応するアパーチャの中心からの1つまたは複数のトランスジューサ素子の距離の関数として連続して変動させるステップを含む、請求項2に記載の方法。

**【請求項 5】**

1つまたは複数の基準パルス、1つまたは複数のトラッキングパルス、またはこれらの組み合わせを交互配置方式で送達させるステップをさらに含む請求項1に記載の方法。

30

**【請求項 6】**

複数の標的部位の各々に対応する初期位置を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数の基準パルスを送達させるステップと、

2つ以上のプッシングパルスを複数のより短いプッシングパルスセグメントに分割するステップと、

2つ以上のプッシングパルスの各々に対応する複数のより短いプッシングパルスセグメントに対応する標的部位に対して交互配置方式で送達させるステップと、

複数の標的部位の各々の変位を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数のトラッキングパルスを送達させるステップと、  
を含む超音波撮像方法。

40

**【請求項 7】**

2つ以上のプッシングパルスを分割する前記ステップは、周波数、振幅、パルス長、音響力、またはこれらを組み合わせたものを含む特性が同じまたは異なるようにより短いプッシングパルスセグメントを生成するステップを含む、請求項6に記載の方法。

**【請求項 8】**

所望の被写界深度にわたる複数の標的部位の各々の変位を最適化するように計算された複合遅延プロフィールを用いて複数のプッシングパルスセグメントを送達させるステップをさらに含む請求項6に記載の方法。

50

## 【請求項 9】

超音波撮像のための実行可能プログラムをその上に有する非一時的コンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、該プログラムは処理ユニットに対して、

複数の標的部位の各々に対応する初期位置を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数の基準パルスを送達させること、

ある具体的な箇所にはプッシングパルスを送達させること、

当該箇所には送達させたプッシングパルスに回答して複数の標的部位の各々の変位を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数のトラッキングパルスを交互配置方式で送達させること、

を行うように指令している、非一時的コンピュータ読み取り可能記憶媒体。

10

## 【請求項 10】

少なくとも1つのトラッキングパルス及び少なくとも1つのプッシングパルスを備えたパルスシーケンスを生成させる複数のトランスジューサ素子を備えたトランスジューサアレイ(102)と、

前記トランスジューサアレイ(102)に結合された制御器(108)であって、

パルスシーケンスを1つまたは複数の標的部位(101、304、308)に集束させるために複数のトランスジューサ素子を1つまたは複数のアパーチャにグループ分けすること、

2つ以上のアパーチャを通るパルスシーケンスの送達時間及び送達位置を制御するための複合遅延プロフィール(310)を計算すること、

20

前記複合遅延プロフィール(310)を用いて1つまたは複数の標的部位(101、304、308)にパルスシーケンスを送達させるように前記2つ以上のアパーチャ(302、306)を構成すること、

を行う制御器(108)と、

前記パルスシーケンスに回答して1つまたは複数の標的部位から受け取ったデータを処理するための信号処理ユニット(112)と、

を備える超音波撮像システム(100)。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

30

本開示の実施形態は超音波撮像に関し、またさらに詳細には性能を向上させた音響放射力撮像に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

超音波撮像法は、筋肉、腱及び多くの内部臓器を視覚化し、そのサイズ、構造及び任意の病変部をほぼリアルタイムの断層画像を用いて捕捉するために使用される超音波ベースの医学診断撮像技法である。超音波撮像法はまた、バイオプシーや流体回収のドレナジーなどの介入的手技のガイドのために超音波が使用されるような治療的手技にも用途を見出せる。従来では超音波撮像システムは、ある周波数(例えば、1~18MHzの範囲)の音響エネルギーを印加することによって動作しているが、ある種の用途ではこれより高い周波数が使用されている。

40

## 【0003】

典型的な超音波撮像システムは、標的部位に短い超音波パルスを送達するために圧電トランスジューサなどの1つまたは複数の音響トランスジューサを含む探触子を利用している。したがって探触子は、標的部位に向けた超音波パルスの送信のための電気信号を提供する超音波スキャナに結合させることがある。送信された超音波パルスは、その一部が標的部位から反射して戻され、受信時にトランスジューサに振動を生じさせる。トランスジューサはこの振動を超音波スキャナに伝播される信号に変換しており、超音波スキャナにおいてこれらが生物学組織などの標的部位のデジタル画像になるように処理され変換される。

50

## 【0004】

したがって超音波撮像法の一用途は組織硬度を計測することを含む。組織のせん断またはヤング率の計測、またより単純に言えば組織の「硬度」の計測は健全な生物学組織、疾患のある生物学組織及び傷ついた生物学組織を判別するための有用なツールである。典型的には、疾患の発現または存在を示すように組織の少なくとも一部分が周囲の組織と比べてより硬くなることがある。一例として組織の相対的に硬くなった領域は、がん、腫瘍、線維化、脂肪肝またはこうした別の状態を示すことがある。

## 【0005】

音響放射力インパルス (Acoustic Radiation Force Impulse: ARFI) 撮像は、組織硬度などの局在的な力学的特性に関する情報を提供する放射力ベースの撮像技法である。具体的にはARFI撮像は、集束性の超音波を用いてある組織の小さなボリュームに対して短持続時間の局在的な放射力インパルスを付与する。これらのインパルス(すなわち、プッシングパルス)は、その組織に対して典型的には1~10 $\mu$ mのオーダーの局在的な変位を生成する。次いで従来のBモード撮像パルスを用いてプッシングパルスに応答して生成された組織変位がトラッキングされる。複数の撮像線に沿ってARFIシーケンスを繰り返すことによって、組織変位に関する2次元(2D)または3次元(3D)画像を作成することが可能である。したがってARFI撮像は、従来の音波検査術では視覚化が困難であっても、周囲の組織と比べて硬さがより硬いかより柔らかいような病変部を観察するために有用である。

## 【0006】

しかし従来のARFI撮像は、データ収集に時間がかかり過ぎる、高い処理パワー要件、焦点の消失、フレームレートが低い、並びに組織及びトランスジューサのかなりの加熱という難点がある。これらの問題点の原因はその一部が、組織の大きな面積を撮像するために押圧箇所の数及び計算の回数を多くする必要があり、各走査線に沿ったパルスの往復伝播時間が長いことによっている。ある種のARFI撮像技法では、ビーム集束問題を緩和するためにある深度またはより小さいアパーチャにわたる組織変位を正規化すること(normalizing)を提唱している。しかしこうした技法では、焦点領域の外部においてビーム強度の低下並びに信号対雑音比の悪化が生じるのが典型的である。別の技法では、各送信パルスごとに複数の走査線を平行に収集することによって撮像の間にフレームレートを向上させるようにマルチライン収集を用いている。しかしマルチライン収集ではビーム強度の低下が生じ、また画質を劣化させるアーチファクトが導入されることもある。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0007】

【特許文献1】米国特許第7374538号

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

したがって、ARFI撮像性能を強化した有効な方法及びシステムを開発することが望まれている。具体的には、例えばARFI撮像の有効深度レンジを拡大させ、超音波放射付与量を低減する一方でフレームレート及び空間分解能を向上させるような方法及びシステムが必要とされている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本技法の態様に従った超音波撮像方法を提示する。本方法は、超音波撮像デバイスのトランスジューサアレイ内で複数のアパーチャを構成するステップであって、該複数のアパーチャは該トランスジューサアレイ内の1つまたは複数のトランスジューサ素子を含む構成ステップを含む。さらに、複数の標的部位の初期位置を検出するため複数の標的部位に対して1つまたは複数の基準パルスが送達される。さらに、複数の標的部位の少なくとも

10

20

30

40

50

2つに対して複数のアパーチャの少なくとも2つを通してプッシングパルスが送達される。このために、複合遅延プロフィールを用いて複数の標的部位内の指定の標的部位に複数のアパーチャを集束させている。引き続いて、複数の標的部位内の少なくとも指定の標的部位の対応する変位を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数のトラッキングパルスが送達される。

#### 【0010】

本技法の別の態様に従った別の超音波撮像方法を記載している。本方法は、対応する初期位置を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数の基準パルスを送達させるステップを含む。本方法はさらに、2つ以上のプッシングパルスに関する複数のより短いプッシングパルスセグメントへの分割について記述する。2つ以上のプッシングパルスの各々に対応する複数のより短いプッシングパルスセグメントは、対応する標的部位に対して交互配置方式で送達されている。引き続いて、複数の標的部位の各々の変位を検出するため複数の標的部位に対して1つまたは複数のトラッキングパルスが送達される。

10

#### 【0011】

本技法の別の態様では、超音波撮像のための実行可能プログラムをその上に備えた非一時的なコンピュータ読み取り可能記憶媒体を開示する。具体的にはこの実行可能プログラムは処理ユニットに対して、対応する初期位置を検出するために1つまたは複数の基準パルスを複数の標的部位に送達するように指令する。次にこのプログラムは処理ユニットに対して、具体的なある箇所に対して押圧を送達するように指令する。さらに、プログラム命令の下で当該箇所に送達させたプッシングパルスに応答して複数の標的部位の各々の変位を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数のトラッキングパルスが交互配置方式で送達される。

20

#### 【0012】

本システムの態様に従った超音波撮像システムを提示する。本システムは、少なくとも1つのトラッキングパルス及び少なくとも1つのプッシングパルスを含むパルスシーケンスを生成する複数のトランスジューサ素子を備えたトランスジューサアレイを含む。本システムはさらに、トランスジューサアレイに結合された制御器を含む。この制御器は、パルスシーケンスを1つまたは複数の標的部位に集束させるために複数のトランスジューサ素子を1つまたは複数のアパーチャにグループ分けする。さらに制御器は、2つ以上のアパーチャを通るパルスシーケンスの送達時間及び送達位置を制御するための複合遅延プロフィールを計算する。さらに制御器はまた、複合遅延プロフィールを用いてパルスシーケンスを1つまたは複数の標的部位に送達させるように該2つ以上のアパーチャを構成する。したがって本システムはさらに、パルスシーケンスに応答して1つまたは複数の標的部位から受け取ったデータを処理するための信号処理ユニットを含む。

30

#### 【0013】

本技法に関するこれらの特徴、態様及び利点、並びにその他の特徴、態様及び利点については、同じ参照符号が図面全体を通じて同じ部分を表している添付の図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことによってより理解が深まるであろう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0014】

40

【図1】本システムの態様による例示的なARFI撮像システムを表した概要図である。

【図2】本技法の態様によるカスタム式集束設定を用いた例示的なARFI撮像法を表した流れ図である。

【図3A】本技法の態様によるARFI撮像に用いられるカスタム式集束設定及び複合遅延プロフィールの例示的構成を表した概要図である。

【図3B】図3Aのカスタム式集束設定を用いることにより達成されるビーム強度対深度の例示的な分布を表したグラフである。

【図4】本技法の態様による交互配置させたプッシングパルスセグメントを用いた標的部位を撮像するための例示的なARFI撮像法を表した流れ図である。

【図5】図4の方法を用いて標的部位内の異なる集束ゾーンにプッシングパルスセグメン

50

トを送達させる例示的なシーケンスを表したグラフである。

【図6】本技法の態様による単一の箇所へ送達したプッシングパルスにより生じる複数の標的部位の変位を検出するために逐次式走査シーケンスを用いる例示的なARFI撮像法を表した流れ図である。

【図7】図6の方法を用いてある箇所へ送達したプッシングパルスにより生じる複数の標的部位の変位を検出するために時間交互配置したトラッキングパルスを送達させる例示的なシーケンスを表したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下の説明で、ARFI撮像を強化したシステム及び方法を示すことにする。具体的には、本明細書で例証するある種の実施形態は、ARFI撮像の有効深度レンジを拡大させ、生物学組織などの標的物を撮像する間のフレームレート及び空間分解能を向上させたシステム及び方法を示している。以下の説明が含む実施形態は幾つかのみであるが、ARFI撮像のシステム及び方法は付与量制御を最適化して高品質画像を達成するように様々な別の撮像システムや用途において実現することもできる。一例としてARFI撮像のシステム及び方法は、標的の薬剤や遺伝子の送達の監視、並びに超音波撮像に適したプラスチックや航空宇宙素材(aerospace composites)などの弾性素材に対する非破壊検査に用いることができる。次のセクションでは図1を参照しながら、本システムの様々な実現形態を実施するのに適した例示的な環境について説明することにする。

10

【0016】

図1は、1つまたは複数のARFIパルスシーケンスを用いて標的部位101を撮像するための超音波撮像システム100を表している。一例として標的部位101は、心臓組織、肝臓組織、乳房組織、前立腺組織、甲状腺組織、リンパ節、脈管構造及び/または超音波撮像に適した別の対象などの1つまたは複数の生物学的組織を含むことがある。したがって一実施形態ではシステム100は、例えば標的部位101を含む2D面や3Dボリュームの方向に向けられた1次元(1D)または2次元(2D)トランスジューサアレイ102を含む。このためにトランスジューサアレイ102は、1つまたは複数の所望の形状を有すると共に所望のパターンで配列させた圧電トランスジューサなどの1つまたは複数の音響トランスジューサを含む。さらにトランスジューサアレイ102は一般に、探触子の内部に収容されると共に、標的部位101に1つまたは複数のパルスシーケンスを送達しかつ反射された信号を受信するための送信ウィンドウを有する。

20

30

【0017】

典型的にはトランスジューサアレイ102は、パルスシーケンスの送達の間において標的部位101を包含した組織と物理的に接触した状態にある。別法としてそのトランスジューサアレイ102は標的部位101に対して、ジェルパッド、送信流体または適当な別の任意の結合素材など適当な媒質を用いてパルスシーケンスを送達することがある。さらに各パルスシーケンスは例えば、1つまたは複数のトラッキングパルス、1つまたは複数のプッシングパルス、1つまたは複数の基準パルス、あるいはこれらの組み合わせを含むことがある。本明細書で使用する場合に「トラッキングパルス」という用語は、組織の位置検出のために使用される超音波ビームのことを意味している。さらに「プッシングパルス」という用語は、組織を変位させるために使用されるより高い送信エネルギーをもつ超音波ビームのことを意味している。さらにこのパルスシーケンスは、ほとんど動きが想定されないあるいは動きが既知量である時点で発射された通常のトラッキングパルスと同様の「基準パルス」も含む。基準パルスは、組織が静止位置または平衡位置まで戻ったと見なされる時点であるプッシングパルスの前あるいは押圧からずっと後に発射されるのが典型的である。

40

【0018】

ARFIシステム100向けのトランスジューサアレイ102は、標的部位101に対して複合遅延プロフィールを用いたある具体的な送達シーケンスで1つまたは複数の基準パルス、トラッキングパルス及び/またはプッシングパルスを送達させている。本明細書

50

で使用する場合に「複合遅延プロフィール」という用語は、トランスジューサアレイ 102 の各トランスジューサ素子上における音響パルス発射同士の複数の時間遅延を意味している。具体的には、指定の利用要件に従って各トランスジューサ素子からのパルスがある具体的な焦点位置で同位相で加えられるように相対的時間遅延が選択される。さらに「送達シーケンス」という用語は、標的部位 101 に対応する所望の深度及び/または空間的箇所に集束するように送信回路 104 により超音波パルスが送達されるようなある具体的なシーケンスを意味している。具体的には送達シーケンスは、パルスのタイプ（プッシング、基準またはトラッキング）及び/または複合遅延を用いた各発射に関する時間及び空間的箇所を指定している。

#### 【0019】

本技法の態様では、複合遅延プロフィールは、深度全体にわたる実質的に均一なビーム強度の達成、フレームレートの改善、並びに標的部位の撮像に関するデータ収集時間及び付与量の低減が得られるように A R F I パルスシーケンスを標的部位に送達させるために用いられることがある。カスタム式集束設定及び複合遅延プロフィールを用いた例示的な A R F I 撮像法について図 2 ~ 7 を参照しながらより詳細に説明することにする。

#### 【0020】

ある種の実施形態ではシステム 100 は、複合遅延プロフィールを用いて標的部位に超音波パルスを送達するためにトランスジューサアレイ 102 と動作可能に結合された送信回路 104 を含む。したがって送信回路 104 は例えば、送信ビーム形成器、処理ユニット及び/またはタイミング回路（図示せず）を含むことがある。送信回路 104 は、一般に送信走査線と呼ばれる空間内の直線に沿って中心設定された走査シーケンスに従ってトランスジューサアレイ 102 に対して 1 つまたは複数のトラッキング及び/またはプッシングパルスを送信する。一実施形態ではその送信パルスは、送信走査線に沿って中心設定された決定済みの走査シーケンスで標的部位 101 に対して送達される 1 つまたは複数のトラッキングパルス及びプッシングパルスを含む。この送信走査線は、決定済みの走査シーケンスを用いて撮像要件に基づいて標的部位に関するプラナーリニア、プラナーセクターまたは別の表出が作成されるように適当に離間させることがある。

#### 【0021】

具体的には送信回路 104 は、標的部位 101 の少なくとも 1 つのセクションを撮像するために、逐次式または同時に異なる走査線に沿って、あるいは同じ走査線に沿った異なる焦点深度（複合焦点）に送信パルスを送達させる。トランスジューサアレイ 102 からの集束性の送信パルスは、標的部位を通して伝播すると共に、超音波信号の少なくとも一部分は反射してトランスジューサアレイ 102 に戻される。典型的には、超音波信号のうち反射してトランスジューサアレイ 102 に戻される部分は、硬度や厚さに関連する標的部位 101 に関する組織密度の変動などの素材特性に依存する。

#### 【0022】

さらにシステム 100 は、標的部位 101 からの反射超音波信号及び関連する情報を受け取るためにトランスジューサアレイ 102 と動作可能に結合された受信回路 106 を含む。具体的には受信回路 106 は、受信走査線と呼ばれる空間内の直線またはある湾曲経路に沿って受信エコーを集束させている。典型的には、トランスジューサアレイ 102 に最も近い箇所では往復遅延時間が最短であり、またトランスジューサアレイ 102 から最も遠い箇所では往復遅延時間が最長である。したがって一実施形態ではその受信走査線を、標的部位 101 に関する関心対象の最浅焦点深度から関心対象の最深焦点深度まで及ぼせることがある。したがって受信回路 106 は、受信走査線の各々に沿った複数の焦点深度で受信エコーをサンプリングし、トランスジューサアレイ 102 が受信した反射信号に対応する情報を決定している。

#### 【0023】

さらに本システムのある種の実施形態によれば、送信回路 104 及び/または受信回路 106 は、システム 100 を通るデータの流れを制御するために制御器 108 と電子的に結合させている。具体的には制御器 108 は、異なるパルスからなる送達シーケンス、トラッ

10

20

30

40

50

キングパルス及びブッシングパルスを送達する周波数、異なる2つのパルス間の時間遅延、ビーム強度及び/または別の撮像システムパラメータを制御するための複合遅延プロフィールを計算する。さらに制御器108は、標的部位101から受け取った情報を後続の処理のために記憶デバイス110内に保存するように構成されている。このために記憶デバイス110は、ランダムアクセスメモリ、読み出し専用メモリ、ディスク駆動装置、半導体記憶デバイス及び/またはフラッシュメモリなどの記憶デバイスを含むことがある。

#### 【0024】

ある種の実施形態では、標的部位に関する1つまたは複数の力学的特性を示す高品質画像を作成するために、記憶デバイス110内に保存しておいた情報を信号処理ユニット112によって処理している。図1では記憶デバイス110を信号処理ユニット112の一部であるように表しているが、代替的な実施形態では、システム100と独立した記憶デバイスを利用することや、システム100と通信可能に結合させた別のシステムの一部とした記憶デバイスを利用することもある。具体的には信号処理ユニット112はさらに、別のグループに対して査読や解析のためにこれらの画像を表示、プリントアウト、保存または送信することがある。ある種の実施形態ではその信号処理ユニット112は、標的部位に対応する超音波画像並びに力学的特性を示す画像を作成するために制御器108から情報を直接受け取ることがある。このために信号処理ユニット112は、デジタル信号プロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、マイクロコントローラ、撮像システム及び/または適当な別の任意のデバイスを含むことがある。さらに信号処理ユニット112は、システム100内で一体化させることや、有線式及び/またはインターネットなどのワイヤレス式の通信ネットワークを介してシステム100と動作可能に結合させることがある。しかしある種の実施形態ではその信号処理ユニット112は単独の実体とさせないことがあり、また信号データを処理し標的部位101に対応する高品質画像を作成するため制御器108の一部として設けられることもある。

#### 【0025】

さらにシステム100は、信号処理ユニット112が作成した画像を表示するためのモニタなどの表示デバイス114を含むことがある。一実施形態ではその表示デバイス114はさらに、ユーザに対して標的部位を撮像するための構成可能オプションを提供するためのグラフィカルユーザインタフェース(GUI)を含むことがある。一例としてこの構成可能オプションには、選択可能な関心領域(ROI)、集束設定、遅延プロフィール、パルスの送達に使用される走査シーケンス及び/または標的部位の硬度を表す画像を作成するための撮像システム設定を含むことがある。1回の送信イベント内で複数焦点の構成をカスタマイズするための複合遅延プロフィールを用いて標的部位を撮像するための例示的な一方法について図2を参照しながらより詳細に説明することにする。

#### 【0026】

図2を見ると、本技法のある種の態様に従った例示的なARFI撮像法を表した流れ図200を示している。この例示的方法200は、コンピュータ実行可能命令がコンピュータ処理システムまたはプロセッサ上にある一般的なコンテキストで記載することができる。一般にコンピュータ実行可能命令は、特定の機能を実行するまたは特定の抽象データタイプを実現するルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造、プロシージャ、モジュール、関数、その他を含むことがある。この例示的方法はさらに、通信ネットワークを介してリンクさせたりリモート処理デバイスにより最適化機能が実行されるような分散コンピュータ処理環境で実施されることがある。分散コンピュータ処理環境ではコンピュータ実行可能命令は、メモリ記憶デバイスを含むローカルとリモートの両コンピュータ記憶媒体内に配置させることがある。

#### 【0027】

さらに図2ではこの例示的方法を、ハードウェア、ソフトウェアまたはこれらの組み合わせの形で実現し得る動作を表した論理流れ図の形でブロックの集まりとして図示している。これらの様々な動作は、一般にこの例示的ARFI撮像法の様々なフェーズにおいて実行される機能を示したブロックの形で図示している。ソフトウェアのコンテキストでは

10

20

30

40

50

これらのブロックは、1つまたは複数の処理サブシステムによって実行させたときに記載された動作を実行するようなコンピュータ命令を示している。この例示的方法を記載する順序は限定と見なされるように意図しておらず、また本明細書に開示したこの例示的方法または同等の代替的方法を実現するように任意の数の記載ブロックを任意の順序で組み合わせることができる。さらに本明細書に記載した主題の精神及び趣旨を逸脱することなく、ある種のブロックをこの例示的方法から削除すること、あるいは追加的機能を備えた追加のブロックによってある種のブロックを増強することができる。検討を目的として、この例示的方法について図1の各要素を参照しながら説明することにする。

#### 【0028】

A R F I 撮像は、健全組織と病的組織の間の力と変位の関係に基づいた健全組織と病的組織の間の識別のために用いられる。したがってA R F I 撮像は、診断目的及び/または予後目的の2Dや3D画像を作成するために使用されることがある。典型的にはA R F I 撮像の間において標的部に撮像システムの焦点が設定される。一例としてその標的部位は、腫瘍、がん性組織、切除組織及び/または硬化した血管など平均的な周囲組織と比べて硬度の上昇や低下があり得る領域を含むことがある。従来 of A R F I 撮像システムでは撮像ビームが対応する焦点位置に最も鮮鋭な集束を有することができるが、この集束は焦点から離れた領域では漸進的に弱まり、このため撮像性能に悪影響がある。

#### 【0029】

したがって、図1のシステム100などの撮像システムの集束設定は、複数の集束位置に対してA R F I パルスシーケンスを送達するように構成される。具体的には、一実施形態ではその集束設定は、超音波撮像デバイスの1Dまたは2Dトランスジューサアレイ内のトランスジューサ素子を用いて様々な深度にわたって実質的に均一なビーム強度を達成するように構成される。このためにステップ202では、トランスジューサアレイ内の1つまたは複数のトランスジューサ素子が、超音波パルスを複数の標的部に集束させるように複数のアパーチャを規定するように構成される。目下企図されている構成では、複数の標的部位は、標的組織上の同じ空間的箇所または異なる空間的箇所に対応する異なる空間的箇所または異なる深度に対応させることがある。

#### 【0030】

さらにステップ204では、図1の送信回路104などの送信回路は、複数の標的部位の各々に関する対応する初期位置を決定するために複数の標的部に1つまたは複数の基準パルスを送達する。引き続いてステップ206では、送信回路が複数のアパーチャの少なくとも2つを通して複数の標的部位の少なくとも2つに対してプッシングパルスを送達する。具体的には本技法の態様に従って、複合遅延プロファイルを用いて具体的な深度及び/または具体的な空間的箇所に対応する指定の標的部に複数のアパーチャを集束させている。

#### 【0031】

上で指摘したように「複合遅延プロファイル」という用語は、指定の標的部に集束するプッシングパルスを発射させるように複数のアパーチャの各々においてトランスジューサ素子に付与される相対的タイミング遅延を意味している。一実施形態ではその撮像システムは、アパーチャ分割のアルゴリズムを用いかつトランスジューサ素子と指定の標的部位の幾何学構成を用いて撮像要件に従ってその複合遅延プロファイルを計算する。具体的には撮像システムは、複数のアパーチャを通してプッシングパルスを送達させて組織内のより大きな領域あるいは幾つかの別々の組織領域を変位させるように複合遅延プロファイルに関して複数の相対的遅延を計算する。

#### 【0032】

別法として複合遅延プロファイルの相対的遅延は、所望の被写界深度に沿ったピーク軸方向圧力及び/またはピーク軸方向圧力の均一性を最適化する1組の可能な離散的遅延に関する総当たり探索または指示型(directed)検索を用いて選択されることがある。具体的に一実施形態では、第1のアパーチャに対応するある具体的なトランスジューサ素子組からの音響パルスが干渉による強め合いを可能にするように第1の標的部に同

10

20

30

40

50

時に到着するような第1組の遅延を選択することがある。しかし第2のアーチャに対応する別のトランスジューサ素子組では、第2の標的部位の位置での干渉による強め合いを可能にするために異なる組の遅延を用いることがある。

#### 【0033】

さらにある種の実施形態では、アキシコン集束関数、放物線集束関数、多項式関数に対応するものなど別の種類の曲線を用いて複合遅延プロフィールを計算することもある。こうした実施形態では、トランスジューサアレイの中心に位置するトランスジューサ素子とトランスジューサアレイの辺縁に位置するトランスジューサ素子との間の遅延を、集束位置が2つの値の間でアーチャの中心からの距離の関数として直線的に変化するに従って連続して変動させている。連続した遅延変動によって撮像システムは、プッシングパルスを異なる深度または空間的箇所に集束させ、これにより異なる深度/空間的箇所にわたって音響パワーを分配しより均一な変位を達成することが可能である。一例として遅延プロフィールの選択によって、トランスジューサアレイの中心に位置するトランスジューサ素子を浅い深度に集束させる一方、トランスジューサアレイの辺縁に位置するトランスジューサ素子をより大きな深度位置に集束させることがある。

10

#### 【0034】

代替的な実施形態は、複数の標的部位にプッシングパルスを送達するために楕円面遅延プロフィールまたは周波数依存集束を利用することがある。一例として周波数依存集束では送信回路は、プッシングビームの複数の集束位置における集束を容易にする第1の周波数成分及び第2の周波数成分を生成する。一例としてその第1の周波数成分は、プッシングパルスを第1の標的部位に対応する第1の深度及び/または空間的箇所に集束させている。同様に第2の周波数成分はプッシングパルスを、第2の標的部位に対応する第2の深度及び/または空間的箇所に集束させている。ある種の別の実施形態は、同じアーチャについて2つの位置に実質的に同じ時点で集束させる2種類の遅延プロフィールを用いた発射が行われるマルチライン送信スキームを用いている。

20

#### 【0035】

複合遅延プロフィール並びにマルチ横列トランスジューサアレイの個々の横列に関する選択的集束を用いることによってARFI撮像のさらなる改善が得られることがある。一例として、マルチ横列トランスジューサ内の各横列を指定の深度または空間的箇所に選択的に集束させ、これにより単一の送信イベントで複数焦点動作を実現するために複合遅延プロフィールと共に合成メカニカルレンズを用いることがある。さらにある種の実施形態は、アポダイゼーションまたはシェーディングを複合遅延プロフィールの使用と組み合わせる複合アーチャ機能を利用し、後続のARFI撮像ステップを容易にするために複数の標的部位の各々のより均一な変位を実現することがある。

30

#### 【0036】

ステップ208に進むと送信回路は、プッシングパルスによって少なくとも指定の標的部位に生じた変位を検出するために複数の標的部位に1つまたは複数のトラッキングパルスを送達する。この標的部位の変位は標的部位の各々の弾性と反比例することがある。したがって、一実施形態ではその1つまたは複数のトラッキングパルスは、基準パルスまたは別の何らかのトラッキングパルスとの相互相関を用いて複数の標的部位内の各指定の標的部位の変位レベルを計測することがある。変位を計算するには、絶対差総和、ゼロ交差技法、二乗誤差総和、最小二乗推定、または適当な別の運動推定技法(ただし、これらに限らない)を含め相互相関以外の方法を用いることもある。一実施形態ではその運動推定技法は、1D、2Dまたは3D変位推定値を決定するために、例えばラジオ波(RF)信号、復調複素解析信号またはベースバンド信号、規模及びログ検出信号、あるいは別の任意の処理段からの信号を利用することがある。

40

#### 【0037】

このために、図1の信号処理ユニット112などの処理ユニットは異なる空間的箇所及び/または深度においてある時間期間にわたって検出して変位に関する変位マップを作成することがある。具体的には処理ユニットは、異なる深度及び/または空間的箇所におい

50

て検出した超音波信号を時間の関数として相関させることによって変位マップを作成することがある。この変位マップは、硬度、歪み、速度、指定したある瞬間における変位、ピーク変位、ピーク変位の到達時点及び/またはピーク変位からの decay 時点など、標的組織の1つまたは複数の特性に関するマップを作成するようにさらに処理されることがある。次いで、この決定した組織特性を用いて疾患の有無や標的組織の異常を特定することがある。

#### 【0038】

さらに図3Aは、図1のシステム100などの撮像システムにおける集束設定の例示的な構成のグラフ300を表している。この例示的構成は、複数の集束位置、並びに複数の集束位置にプッシングパルスを送達するための図2を参照しながら記載したような複合遅延プロファイルの利用について表している。一実施形態ではその集束設定は、複合遅延プロファイル310を用いてプッシングパルスを第1の集束位置304に集束させるための第1の送信アパーチャ302と、プッシングパルスを第2の集束位置308に集束させるための第2の送信アパーチャ306と、を含む。

10

#### 【0039】

第1の集束位置304と第2の集束位置308の変位を所望の被写界深度にわたって最適とするために、複合遅延プロファイル310を図2のステップ206を参照しながら記載したようにして決定することができる。放射力は、送信したプッシングパルスの深度にわたって様々となった超音波強度に比例することに留意されたい。したがって放射力は、プッシングパルスの集束位置において放射力が最大となると共にこの集束位置の前後の領域では漸進的に低下するように標的部位の深度に伴って変動する。したがって複合遅延プロファイル310は、組織内のより大きな領域を変位させるように複数のアパーチャを通して複数の集束位置にプッシングパルスが送達されるように決定されることがある。

20

#### 【0040】

具体的には複合遅延プロファイル312は、第1の送信アパーチャ302と第2の送信アパーチャ306に対応するトランスジューサ素子に関して適当な遅延が決定されるように計算されることがある。こうした決定した遅延は、第1の送信アパーチャ302ではプッシングパルスを第1の集束位置304に集束させかつ第2の送信アパーチャ306ではプッシングパルスを第2の集束位置308に集束させるようなトランスジューサ素子の適当な組に対して付与される。一例として、送信アパーチャ全体の中心部分はトランスジューサに近い標的部位の浅い部分に集束させることがあり、またその外側の周縁は標的部位のより大きな深度位置に集束させることがある。一実施形態ではその遅延プロファイル312は、交互配置方式、同時方式及び/または利用要件に基づいて決定した伝播遅延など決定した時間の後で複数の焦点に対してプッシングパルスを送達するために用いられることがある。

30

#### 【0041】

図3Bに表したグラフ314により例証しているように、標的部位内の複数の焦点に異なる送信アパーチャを通してプッシングパルスを送達するように複合遅延プロファイル312を用いることによって、単一のタイト焦点と比較して深度全体にわたる実質的により均一なビーム強度分布を容易にしている。さらにある種の実施形態では、複数の送信アパーチャを使用すると大きな音響パワーが維持され、またこれにより高品質の変位画像の作成が可能となる。

40

#### 【0042】

さらに図4は、交互配置させたプッシングパルスを用いて標的部位を撮像するための別の例示的ARFI撮像法を表した流れ図400を示している。具体的には本方法は、複数の集束位置に対して高強度のプッシングパルスを交互配置方式で送達させることを記載している。明瞭にするため、第1及び第2の標的部位に対して送達される第1及び第2のプッシングパルスに関連して本方法を記載することにする。しかし、プッシングパルス及び標的部位の数は利用要件に基づいて3つ以上とするように調整されることもあることに留意されたい。

50

## 【 0 0 4 3 】

本方法は、複数の標的部位の各々に対応する初期位置を検出するために複数の標的部位に対して1つまたは複数の基準パルスが送達されるステップ402で開始される。一例としてこの複数の標的部位は、標的組織のある具体的な箇所にある複数の深度に対応している。しかしある種の実施形態ではその複数の標的部位を、標的組織上の複数の深度及び/または複数の空間的箇所に対応させることがある。

## 【 0 0 4 4 】

プッシングパルスによって生じた標的部位の変位はプッシングパルスの長さに正比例する。典型的には、プッシングパルスが長いほどより大きな変位が生じるため、検出がより容易となる。しかしプッシングパルスが長いほど、必要なデータ収集時間がそれだけ長くなる。したがって本ARFI撮像法では、第1及び第2の標的部位に対して複数のより短いプッシングパルスセグメントにして第1及び第2のプッシングパルスを送達させている。このため第1のプッシングパルスと第2のプッシングパルスの各々は複数のより短いプッシングパルスセグメントに分割される。具体的にはステップ404において第1及び第2のプッシングパルスは、複数のより短い第1のプッシングパルスセグメント及びより短い第2のプッシングパルスセグメントのそれぞれに分割されることがある。本ARFI撮像法では従来のARFI撮像と異なり、複数の第1と第2のより短いプッシングパルスセグメントの間にトラッキングパルスを全く送達させることなく、第1及び第2の標的部位のそれぞれに複数のより短い第1及び第2のプッシングパルスセグメントを送達させることがある。

## 【 0 0 4 5 】

さらに第1及び第2のより短いプッシングパルスセグメントの生成は、撮像要件に従った周波数、振幅、パルス長及び/または音響力などのパラメータを同じとさせている、あるいはこれを異ならせている。一例として第1及び第2のより短いプッシングパルスセグメントの音響パワーは、ある具体的な標的部位に関連する加熱限界に従って調整されることがある。さらに第1及び第2のより短いプッシングパルスセグメントは、第1及び第2の標的部位のそれぞれに対して2つの標的部位における変位が概ね同じとなるようにして交互配置方式で送達されている。これに従って、第1及び第2のより短いプッシングパルスセグメントの数Nと対応するパルス長とが決定される。具体的にこの数N及びパルス長は、このより短いプッシングパルスセグメントを指定の反復速度で発射すると複数の標的部位の各々に所望の変位が生成されるように決定される。

## 【 0 0 4 6 】

従来のARFI撮像技法では、ARFI深度レンジを改善するために複数の集束ゾーンに対する押圧と変位のトラッキングを逐次式に交互に行っている。しかしこうした押圧とトラッキングの逐次式の実施は、時間がかかり過ぎると共にフレームレートが低下することになる。一方、本ARFI撮像法では、第1の標的部位に集束させたより短い第1のプッシングパルスセグメントと第2の標的部位に集束させたより短い第2のプッシングパルスセグメントを交互配置方式で交互に送達させることを記載している。したがってステップ406において、カウント変数がゼロ値に初期化される。さらにステップ408では、複数のより短い第1のプッシングパルスセグメントのうちの1つが第1の標的部位に送達される。同様にステップ410では、複数のより短い第2のプッシングパルスセグメントのうちの1つが第2の標的部位に送達される。引き続きステップ412において、カウント変数を値「1」だけ繰り上げている。

## 【 0 0 4 7 】

さらにステップ414では、そのカウント変数の値が値「N」と比較される。カウント変数の値が「N」未満であれば、本方法はその制御をステップ408に戻しさらに第1及び第2のより短いプッシングパルスセグメントの第1及び第2の標的部位のそれぞれに対する送達をカウント変数の値が「N」に等しくなるまで続けている。カウント変数の値が「N」に等しいときはステップ416において、第1及び第2のより短いプッシングパルスによって生じた変位を検出するために第1及び第2の標的部位に対して1つまたは複数

のトラッキングパルスが送達される。具体的にはその変位は、標的部位の初期位置をトラッキングパルスの検出に従った標的部位の対応する変位位置と比較することによって検出されることがある。複数の標的部位においてこうして検出した変位はさらに、診断のための A R F I 画像を作成するために使用されることがある。

【 0 0 4 8 】

さらに図 5 は、図 4 を参照しながら記載したような異なる集束ゾーンにプッシングパルスを複数のパルスとして送達する例示的なシーケンスを表したグラフ 5 0 0 を示している。具体的にはグラフ表示 5 0 0 は、標的部位の対応する初期位置を検出するために 1 つまたは複数の標的部位に送達される 1 組の基準パルス 5 0 2 及び 5 0 4 を含んだパルスシーケンスを表している。一実施形態では、基準パルス 5 0 2 及び 5 0 4 の長さは例えば、2 マイクロ秒未満とすることがある。さらに、基準パルス 5 0 2 と 5 0 4 の送達同士の時間間隔は、音波を有意の信号について最深の深度まで伝播させてトランスジューサまで戻すことを可能とさせるように十分長くするように維持している。パルスシーケンス 5 0 0 はさらに、第 2 の標的部位に対する複数のより短い第 2 のプッシングパルスセグメント 5 1 2、5 1 4 及び 5 1 6 の送達と交互配置させて第 1 の標的部位に送達される複数のより短い第 1 のプッシングパルスセグメント 5 0 6、5 0 8 及び 5 1 0 を含む。

【 0 0 4 9 】

一実施形態では例えば、第 1 及び第 2 の標的箇所におけるそれぞれ約 2 0 0 マイクロ秒間の押圧を指定している第 1 及び第 2 の 5 M H z プッシングパルスの各々を、3 つのより短い第 1 のプッシングパルスセグメント 5 0 6、5 0 8 及び 5 1 0 と、3 つのより短い第 2 のプッシングパルスセグメント 5 1 2、5 1 4 及び 5 1 6 と、に分割している。より短いプッシングパルスセグメントに関する数「N」やその他のパラメータは、第 1 及び第 2 のより短いプッシングパルスセグメントを指定の反復速度で発射すると第 1 及び第 2 の標的部位の各々に関する所望の変位が生成されるように決定される。さらに本技法の態様では、第 1 の標的部位に対するより短い第 1 のプッシングパルスセグメント 5 0 6、5 0 8 及び 5 1 0 の送達と第 2 の標的部位に対するより短い第 2 のプッシングパルスセグメント 5 1 2、5 1 4 及び 5 1 6 の送達とを交替させている。したがって一実施形態では、カウント変数がゼロに初期化されると共に、第 1 及び第 2 の標的部位のそれぞれに対してより短い第 1 及び第 2 のプッシングパルスセグメントのうちの 1 つが送達されるごとにこれを 1 だけ繰り上げている。一例として、第 1 の標的部位に対してより短い第 1 のプッシングパルス 5 0 6 が約 6 7 マイクロ秒の間送達され、続いて第 2 の標的部位に対してより短い第 2 のプッシングパルス 5 1 2 が約 6 7 マイクロ秒の間送達され、さらに続いて第 1 の領域にパルス 5 0 8 がかつ第 2 の領域にパルス 5 1 4 が送達され、以下同様としている。

【 0 0 5 0 】

ある種の実施形態ではその第 1 及び第 2 の標的部位は、標的組織の同じ空間的箇所にある異なる深度に対応する。具体的に一実施形態では、第 1 及び第 2 の標的部位に対する複数のより短い第 1 のプッシングパルスセグメント 5 0 6、5 0 8 及び 5 1 0 の送達と複数のより短い第 2 のプッシングパルスセグメント 5 1 2、5 1 4 及び 5 1 6 の送達との中間にはトラッキングパルスを全く送達していない。しかしカウント変数が N が等しくなったら、トラッキングパルス 5 1 8 及び 5 2 0 を用いて第 1 及び第 2 の標的部位のそれぞれにおける変位を検出させることがある。さらにこれらの変位値を用いて、利用要件に従った標的部位の A R F I 画像を作成することがある。

【 0 0 5 1 】

図 5 に示した実施形態には 2 つの標的部位の各々に送達させる 2 つの基準パルス、2 つのトラッキングパルス及び 3 つのより短いプッシングパルスセグメントを表しているが、別の実施形態では利用するパルス、より短いパルスセグメント及び標的部位の数をより少なくすることもより多くすることもある。これらのパルスの数及び特性は一般に、標的部位の数、運動フィルタ関数のサイズ、A R F I 画像のタイプ及び別の利用要件といった様々な要因に依存することがある。さらにある種の実施形態では、その基準パルス及び/またはトラッキングパルスはさらに、様々なタイプの A R F I 画像を作成すると共に追加的

10

20

30

40

50

な平滑化を付与するための運動補償アルゴリズムなどの別の画像処理関数の使用を可能とさせるように複数の標的部位の各々に対して交互配置方式で送達されることがある。

【0052】

さらに図6は、撮像中に集束位置以外の箇所における変位を検出するために例示的な逐次式走査シーケンス600を用いている別の例示的ARFI撮像法を表している。一実施形態では、本方法の様々なステップを実行するのに適した命令を、非一時的コンピュータ読み取り可能記憶媒体上に保存した実行可能プログラムによって処理ユニットに提供することがある。具体的にはステップ602において、このプログラムは処理ユニットに対して交互配置スキームを用いて複数の標的部位の各々に対応する初期位置を検出するために1つまたは複数の基準パルスを複数の標的部位に送達するように指令する。一実施形態ではその複数の標的部位は例えば、標的組織上の横方向に離間した複数の空間的箇所に対応する。代替的な実施形態ではその複数の標的部位は、標的組織上の複数の深度及び/または複数の空間的箇所に対応することがある。

10

【0053】

次にステップ604では、ある具体的な箇所（押圧箇所）にプッシングパルスが送達される。このためには、標的組織の大きな面積をカバーするようにプッシングパルスの空間的幅を調整することがある。一実施形態ではこの大きな面積は、複数の標的部位の一部または全部を含む。典型的には、プッシングパルスの空間的幅（半値全幅）はプッシングパルス波長の $f$ 値（アパーチャサイズに対する焦点深度の比）倍に等しい。一実施形態ではそのプッシングパルスの幅は、プッシングパルスを送達するのに使用されるアパーチャの遅延プロファイル及び/または1つまたは複数の特性を調整することによって変更されることがある。具体的には遅延プロファイル及び/またはアパーチャ特性は、プッシングパルスの $f$ 値を増大するように、したがってプッシングパルスの幅を増大するように変更されることがある。しかしプッシングパルスの幅が広いほど、各標的部位に送達される音響力が低下し、これにより複数の標的部位における押圧が不適正となることがある。押圧が不適正であると複数の標的部位における変位応答の検出に悪影響を及ぼすことがある。したがってプッシングパルスの幅は、複数の標的部位が必要とする音響力の大きさにより制限される。

20

【0054】

さらにステップ606では、例えば交互配置スキームを用いて複数の標的部位に対して、当該箇所に送達させたプッシングパルスに反応して複数の標的部位の各々の変位を検出するために1つまたは複数のトラッキングパルスが送達される。したがって本ARFI撮像法では、複数の箇所からの情報が単一のプッシングパルスを用いて収集され、これによりフレームレートを改善させかつより高速の画像作成を容易にすることがある。さらに、複数の標的箇所からの情報の収集に単一のプッシングパルスだけを用いると、標的組織に送達される超音波パワーの量が減少する。超音波パワーの減少によって、患者に与える放射付与量を最適化しながら標的組織内の加熱の影響が低減される。本ARFI撮像法に従って複数の標的部位に送達させる例示的なシーケンスを図7に表している。

30

【0055】

具体的には図7は、図6を参照しながら記載した方法を用いて異なるトラッキング箇所にプッシングパルスを送達する例示的なシーケンスを表している。図示したように、複数の標的部位に対して複数の基準パルス702、704、706及び708が交互配置方式で送達される。上で指摘したようにこの基準パルス702、704、706及び708は複数の標的部位の初期位置または基準位置を決定するために用いられる。引き続いて具体的なある押圧箇所にプッシングパルス710を送達させることがある。押圧箇所に対する適当な幅及び/または音響パワーを有するプッシングパルスの送達によって、送達点並びに複数の標的部位内において変位が生じる。これらの変位は、複数の標的部位に交互配置方式で送達させる複数のトラッキングパルス712、714、716及び718によって検出することがある。したがって単一のプッシングパルスによって生じる複数の標的部位から収集した変位データを用いて、ある領域の変位画像が作成される。ある種の実施形態

40

50

では本 A R F I 法はさらに、放射付与量を最適としたより高速の画像作成を可能とさせるように時間交互配置のトラッキングパルス 7 1 2、7 1 4、7 1 6 及び 7 1 8 に加えてマルチライン受信収集を用いることがある。

【 0 0 5 6 】

図 2、4 及び 6 を参照しながら記載した例示的な A R F I 撮像法は、A R F I 撮像の性能を大幅に向上させると共に、フレームレート、分解能及び熱付与量とのトレードオフが得られるように個別に用いられることや組み合わせで用いられることがある。一例として、複合遅延プロフィールを用いて第 1 及び第 2 のより短いプッシングパルスセグメントを交互配置方式で送達できるように図 4 の方法を図 2 の方法と組み合わせることがある。具体的にこの複合遅延プロフィールは、異なる深度にわたって音響パワーを分配するように送信アパーチャ全体の異なる部分を用いて複数の標的部位の上にプッシングパルスを集束させることを可能にさせることがある。音響パワーの分配によって、追加の送信を行うことを要しないでより均一な変位が得られ、これにより放射付与量が減少する。さらに適当な遅延プロフィールを用いると標的組織に関するほぼ最適のピーク軸方向圧力並びにほぼ最適の変位が得られる。次いでこの最適の変位値を用いて標的組織に関するより正確な情報を決定することができる。

10

【 0 0 5 7 】

さらに本記載は、パルスシーケンスに関する標的部位の変位応答を記述する実施形態を含む。しかし代替的な実施形態ではさらに、標的部位の力学的特性を検査するためにトラッキングパルスの歪み、歪み率、振幅変化など組織の別の応答を利用することもある。したがって標的組織の変位及び/または標的組織に対応する別のパラメータ値を検出するためには、スペックルトラッキング技法、差の絶対値総和、反復位相ゼロ化 ( i t e r a t i v e p h a s e z e r o i n g )、直接歪み推定器、相互相関、及び自己相関技法が利用されることがある。

20

【 0 0 5 8 】

したがって本明細書に開示したシステム及び方法は、A R F I 撮像に適した組織や別の任意の素材に関する力学特性を評価するために利用することができる。一例として本システム及び方法によれば、健全組織と病的組織の間の識別のための動脈硬化の特徴付け、筋肉緊張に関する評価及び腎臓硬化に関する評価が容易になる。さらに、この例示的な A R F I 撮像法はまた、治療の進捗をほぼリアルタイムで監視するために肝臓がんについて用いられるようなラジオ波 ( R F ) アブレーション治療で使用することができる。

30

【 0 0 5 9 】

本発明のある種の特徴についてのみ本明細書において図示し説明してきたが、当業者によって多くの修正や変更がなされるであろう。したがって添付の特許請求の範囲が、本発明の真の精神の範囲に属するこうした修正や変更のすべてを包含させるように意図したものであることを理解されたい。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

- 1 0 0 撮像システム
- 1 0 1 標的部位
- 1 0 2 トランスジューサアレイ
- 1 0 4 送信回路
- 1 0 6 受信回路
- 1 0 8 制御器
- 1 1 0 記憶デバイス
- 1 1 2 信号処理ユニット
- 1 1 4 表示デバイス
- 2 0 0 例示的な A R F I 撮像法を表した流れ図
- 2 0 2 ~ 2 0 8 例示的な A R F I 撮像法を表した流れ図の各ステップ
- 3 0 0 図 1 のシステム 1 0 0 などの撮像システムにおける集束設定の例示的一構成を

40

50

## 表したグラフ

- 3 0 2 第 1 の送信アパーチャ
- 3 0 4 第 1 の集束位置
- 3 0 6 第 2 の送信アパーチャ
- 3 0 8 第 2 の集束位置
- 3 1 0 複合遅延プロフィール
- 3 1 2 単一のタイト焦点と比較して深度にわたる実質的により均一なビーム強度分布を容易にするような複合遅延プロフィールの使用を表したグラフ
- 4 0 0 交互配置プッシングパルスを用いて標的部位を撮像するための別の例示的 A R F I 撮像法を表した流れ図
- 4 0 2 ~ 4 1 6 交互配置プッシングパルスを用いて標的部位を撮像するための別の例示的 A R F I 撮像法を表した流れ図の各ステップ
- 5 0 0 図 4 を参照しながら記載したような異なる集束ゾーンにプッシングパルスを複数のパルスとして送達する例示的なシーケンスを表したグラフ
- 5 0 2 ~ 5 0 4 基準パルス
- 5 0 6 ~ 5 1 0 より短い第 1 のプッシングパルスセグメント
- 5 1 2 ~ 5 1 6 より短い第 2 のプッシングパルスセグメント
- 5 1 8 ~ 5 2 0 トラッキングパルス
- 6 0 0 撮像中に集束位置以外の箇所において変位を検出するための例示的な逐次式走査シーケンス
- 6 0 2 ~ 6 0 6 撮像中に集束位置以外の箇所において変位を検出するための例示的な逐次式走査シーケンス 6 0 0 を用いる別の例示的 A R F I 撮像法の各ステップ
- 7 0 2 ~ 7 0 8 基準パルス
- 7 1 0 プッシングパルス
- 7 1 2 ~ 7 1 8 トラッキングパルス

10

20

【 図 1 】

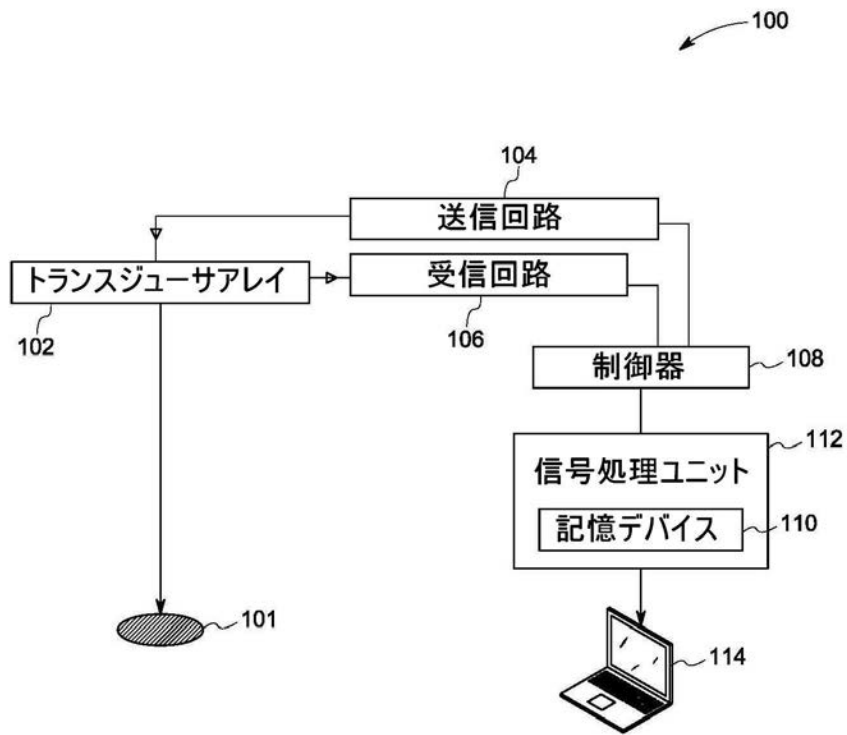


FIG. 1

【 図 2 】

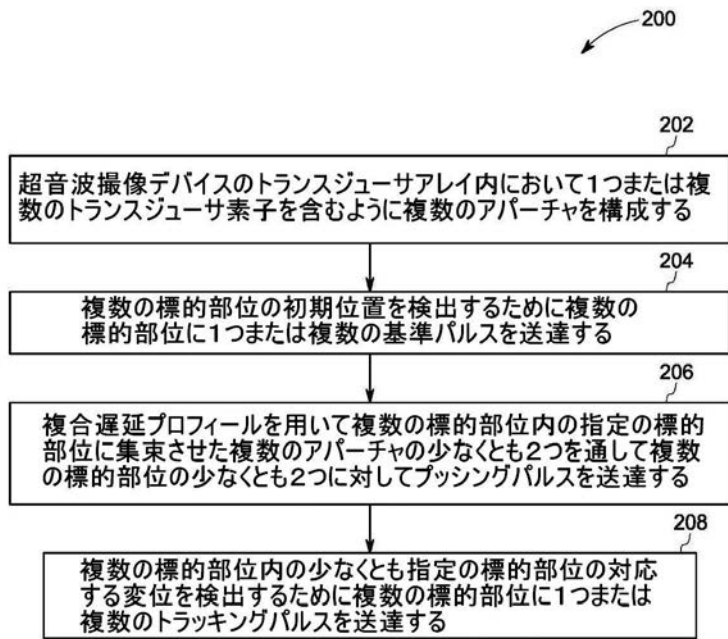


FIG. 2

【 図 3 A 】

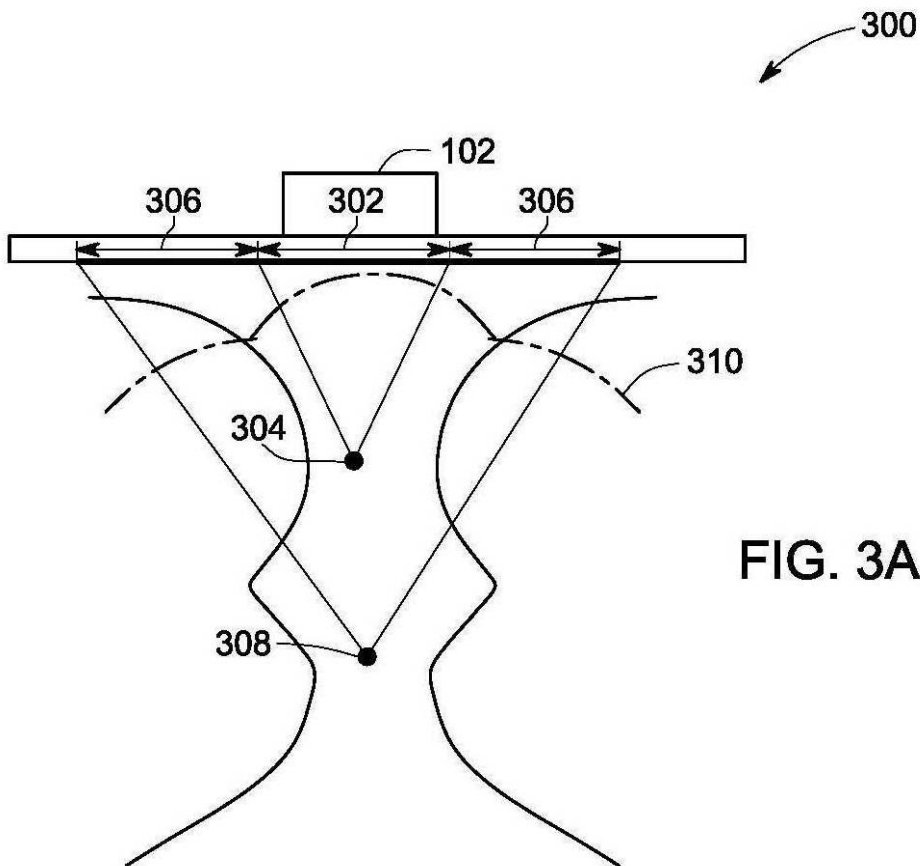


FIG. 3A

【 図 3 B 】

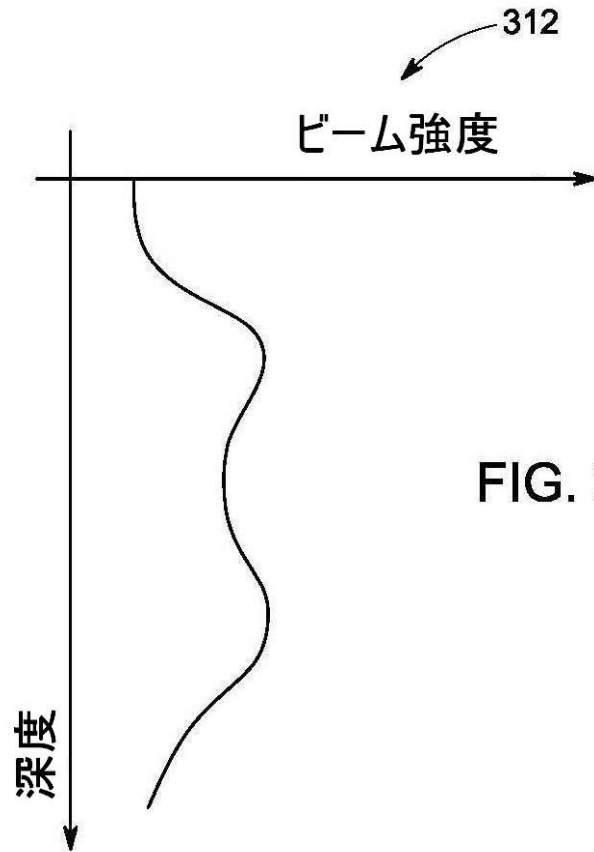


FIG. 3B

【 図 4 】

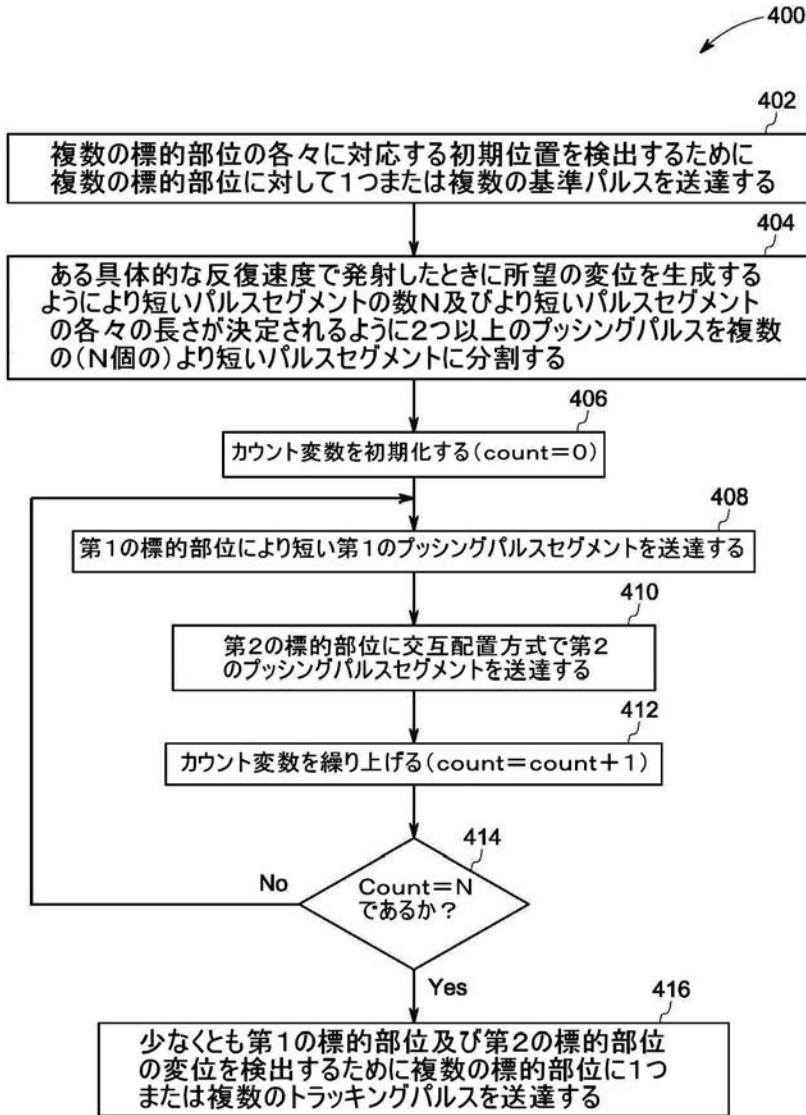


FIG. 4

【 図 5 】

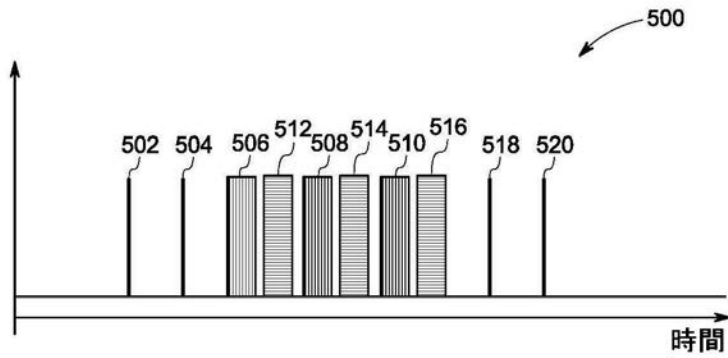


FIG. 5

【 図 6 】

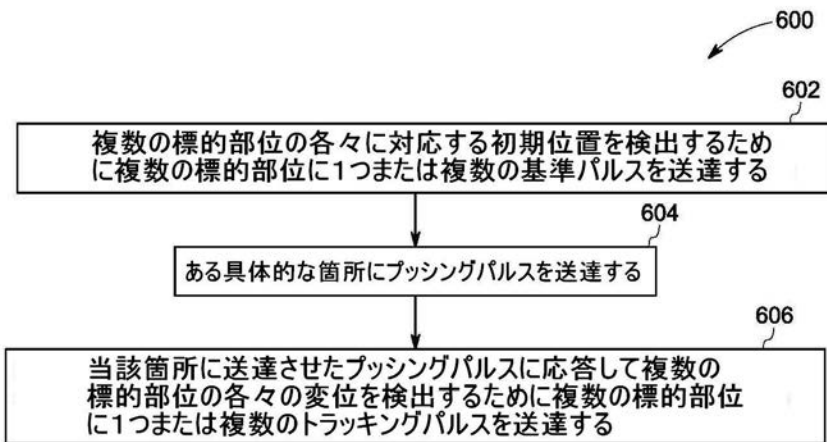


FIG. 6

【 図 7 】

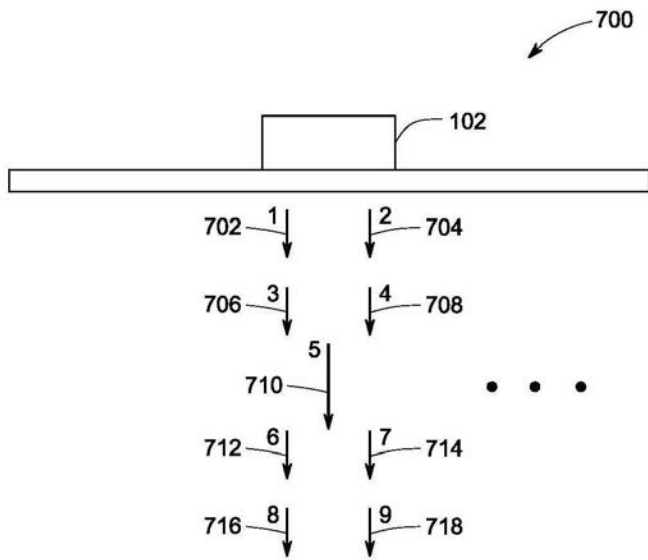


FIG. 7

---

フロントページの続き

(72)発明者 フェン・リン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 マイケル・ジョセフ・ワッシュバーン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 クリストファー・ロバート・ハザード

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

Fターム(参考) 4C601 BB03 DD19 DD23 EE06 HH04 HH12 HH14 HH22

专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	<a href="#">JP2012115666A5</a>	公开(公告)日	2015-01-15
申请号	JP2011258623	申请日	2011-11-28
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	フェンリン マイケルジョセフワッシュバーン クリストファーロバートハザード		
发明人	フェン・リン マイケル・ジョセフ・ワッシュバーン クリストファー・ロバート・ハザード		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	G01S7/52046 G01S7/52022 G01S7/52042 G01S7/5205 G01S7/52095		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/BB03 4C601/DD19 4C601/DD23 4C601/EE06 4C601/HH04 4C601/HH12 4C601/HH14 4C601/HH22		
代理人(译)	小仓 博		
优先权	12/957289 2010-11-30 US		
其他公开文献	JP2012115666A JP5980498B2		

摘要(译)

要解决的问题：提供有效的方法和系统，增强ARFI成像的性能。多个孔被配置为包括超声成像设备的换能器阵列内的换能器元件，以及用于多个目标部位101以检测相应的初始位置的一个或多个参考脉冲。并通过多个孔中的至少两个将推动脉冲传递到多个目标部位中的至少两个。复合延迟曲线用于将多个光圈聚焦在多个目标位置内的指定目标位置。随后，将跟踪脉冲传递到多个目标部位，以检测多个目标部位内至少指定目标部位的对应位移，以及多个短推脉冲段和/或以交错方式传递跟踪脉冲。 [选型图]图1