

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6399999号  
(P6399999)

(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)

(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/14 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/14 Z DM

請求項の数 17 (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2015-503462 (P2015-503462)  
 (86) (22) 出願日 平成25年3月26日 (2013.3.26)  
 (65) 公表番号 特表2015-512301 (P2015-512301A)  
 (43) 公表日 平成27年4月27日 (2015.4.27)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2013/033867  
 (87) 國際公開番号 WO2013/148673  
 (87) 國際公開日 平成25年10月3日 (2013.10.3)  
 審査請求日 平成28年3月17日 (2016.3.17)  
 (31) 優先権主張番号 61/615,735  
 (32) 優先日 平成24年3月26日 (2012.3.26)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 511032992  
 マウイ イマギング、インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94  
 089 スンシブアルエ スイテ 10  
 7 ギブラルタル ドライブ 256  
 (74) 代理人 100097456  
 弁理士 石川 徹  
 (72) 発明者 ジョセフ アール. コール  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94  
 089 スンシブアルエ スイテ 10  
 7 ギブラルタル ドライブ 256

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】重み付け係数を適用することによって超音波画像の質を改善するためのシステム及び方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

超音波画像を形成する方法であつて：

第1の非集束円形波面超音波信号を第1の送信開口から目的の領域に送信して、該第1の円形波面超音波信号のエコーを第1の受信開口で受信して第1の画像層を形成するステップ；

第2の非集束円形波面超音波信号を第2の送信開口から目的の領域に送信して、該第2の円形波面超音波信号のエコーを該第1の受信開口で受信して第2の画像層を形成するステップ；

第1の重み付け係数を該第1の画像層の少なくとも1つの画素に適用して、修正された第1の画像層を得るステップ；及び

該修正された第1の画像層を該第2の画像層と組み合わせて組み合わせ画像を形成するステップ；を含み、

前記第1の重み付け係数を適用するステップが、閾値レベルの雑音を超える雑音を含む可能性が高いと識別される画素の値に対し、0以上1未満の前記第1の重み付け係数を乗じて、該画素の値を減少させ、

前記第1の画像層を形成するステップは、前記第1の送信開口と前記目的の領域との間に、前記第1の円形波面超音波信号を妨害する障害物がある場合に、前記第1の円形波面超音波信号のエコーに対して、0以上1未満の第2の重み付け係数を乗じて、前記第1の画像層を形成する

10

ことを特徴とする前記方法。

【請求項 2】

重み付け係数を前記第2の画像層の少なくとも1つの画素に適用して、修正された第2の画像層を得るステップをさらに含む、請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記重み付け係数を適用するステップの前に、前記少なくとも1つの画素によって表される点と前記第1の送信開口との間の角度を決定することによって、前記重み付け係数の値を決定するステップ、及び該重み付け係数の値を該決定された角度の数学的関数として決定するステップをさらに含む、請求項1記載の方法。

【請求項 4】

前記重み付け係数を適用するステップの前に、前記少なくとも1つの画素によって表される点と前記第1の受信開口との間の角度を決定することによって、前記重み付け係数の値を決定するステップ、及び該重み付け係数を該決定された角度の数学的関数として決定するステップをさらに含む、請求項1記載の方法。

【請求項 5】

前記重み付け係数の値を決定するステップが、前記角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に前記重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む、請求項3記載の方法。

【請求項 6】

前記重み付け係数の値を決定するステップが、前記角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に前記重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む、請求項4記載の方法。

【請求項 7】

前記重み付け係数を適用するステップの前に：

前記第1の送信開口又は前記第2の送信開口の一方から前記少なくとも1つの画素によって表される点までの第1の距離を決定すること；

該点から前記第1の受信開口までの第2の距離を決定すること；

該第1の距離と該第2の距離を合計して全経路長を得ること；及び

前記重み付け係数を、該全経路長の数学的関数として決定すること；によって該重み付け係数の値を決定するステップをさらに含む、請求項1記載の方法。

【請求項 8】

前記数学的関数が、単調関数、線形関数、正規分布、放物線関数、幾何学的関数、指數関数、ガウス分布、及びカイザー・ベッセル分布からなる群から選択される、請求項4記載の方法。

【請求項 9】

超音波イメージングシステムであって：

第1及び第2の非集束円形波面超音波信号を目的の領域に送信するように構成された第1の送信開口；

該第1及び該第2の円形波面超音波信号のエコーを受信するように構成された第1の受信開口；及び

該第1の円形波面超音波信号の該受信エコーから第1の画像層を形成するように構成され、かつ該第2の円形波面超音波信号の該受信エコーから第2の画像層を形成するように構成された制御装置であって、該第1の画像層の少なくとも1つの画素に第1の重み付け係数を適用して修正された第1の画像層を得て、該修正された第1の画像層を該第2の画像層と組み合わせて組み合わせ画像を形成するようにさらに構成されている、該制御装置；を備え、

前記第1の重み付け係数の適用が、閾値レベルの雑音を超える雑音を含む可能性が高いとして識別される画素の値に対し、0以上1未満の前記第1の重み付け係数を乗じて、該

10

20

30

40

50

画素の値を減少させ、

前記制御装置は、前記第1の送信開口と前記目的の領域との間に、前記第1の円形波面超音波信号を妨害する障害物がある場合に、前記第1の円形波面超音波信号のエコーに対して、0以上1未満の第2の重み付け係数を乗じて、前記第1の画像層を形成することを特徴とする前記システム。

**【請求項10】**

前記制御装置が、前記第2の画像層の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用して修正された第2の画像層を得るように構成されている、請求項9記載のシステム。

**【請求項11】**

前記制御装置が、前記少なくとも1つの画素によって表される点と前記第1の送信開口との間の角度を決定することによって前記重み付け係数の値を決定するように構成され、かつ該重み付け係数の値を該決定した角度の数学的関数として決定するようにさらに構成されている、請求項9記載のシステム。 10

**【請求項12】**

前記制御装置が、前記少なくとも1つの画素によって表される点と前記第1の受信開口との間の角度を決定することによって前記重み付け係数の値を決定するように構成され、かつ該重み付け係数を該決定した角度の数学的関数として決定するようにさらに構成されている、請求項9記載のシステム。

**【請求項13】**

前記重み付け係数の値を決定することが、前記角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に前記重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む、請求項12記載のシステム。 20

**【請求項14】**

前記重み付け係数の値を決定することが、前記角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に前記重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む、請求項11記載のシステム。

**【請求項15】**

前記制御装置が：  
前記第1の送信開口又は前記第2の送信開口の一方から、前記少なくとも1つの画素によって表される点までの第1の距離を決定すること；

該点から前記第1の受信開口までの第2の距離を決定すること；

該第1の距離と該第2の距離を合計して全経路長を得ること；及び

前記重み付け係数を、該全経路長の数学的関数として決定すること；によって該重み付け係数の値を決定するように構成されている、請求項9記載のシステム。 30

**【請求項16】**

前記重み付け係数の適用が、前記重み付け係数に前記少なくとも1つの画素の画素強度値を乗じることを含む、請求項9記載のシステム。

**【請求項17】**

前記数学的関数が、単調関数、線形関数、正規分布、放物線関数、幾何学的関数、指數関数、ガウス分布、及びカイザー・ベッセル分布からなる群から選択される、請求項12記載のシステム。 40

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

**(関連出願の相互参照)**

本出願は、引用により本明細書中に組み込まれている、2012年3月26日出願の米国仮特許出願第61/615,735号（名称：「重み付け係数を適用することによって超音波画像の質を改善するためのシステム及び方法（Systems and Methods for Improving Ultrasound Ima 50

ge Quality by Applying Weighting Factors)」)の利益を請求するものである。

#### 【0002】

本出願は、それぞれ引用により本明細書中に組み込まれている、2011年8月30日に発行された米国特許第8,007,439号(名称:「多数開口を用いて超音波画像を形成する方法及び装置(Method and Apparatus to Produce Ultrasonic Images Using Multiple Apertures)」)、米国特許出願公開第2011/0201933号として公開された米国特許出願第13/029,907号(名称:「多数開口超音波イメージングを用いた点源送信及び音速の補正(Point Source Transmission and Speed-Of-Sound Correction Using Multiple-Aperture Ultrasound Imaging)」)、米国特許出願公開第2010/0262013号として公開された2010年4月14日出願の米国特許出願第12/760,375号(名称:「ユニバーサル多数開口医療用超音波プローブ(Universal Multiple Aperture Medical Ultrasound Probe)」)、及び米国特許出願公開第2012/0057428号として公開された2011年10月21日出願の米国特許出願第13/279,110号(名称:「超音波プローブの校正(Calibration of Ultrasound Probes)」)に関する。

#### 【0003】

##### (引用による組み込み)

特段の記載がない限り、本明細書で言及される全ての特許、特許出願公開、及び特許出願は、それぞれの特許出願公開及び特許出願が引用により明確かつ個別に本明細書中に組み込まれると示されたかのように、引用により本明細書中に組み込まれるものとする。

#### 【0004】

##### (分野)

本発明は、一般に、超音波イメージングに関し、より詳細には、重み付け係数を適用することによって超音波イメージングの質を改善するためシステム及び方法に関する。

##### 【背景技術】

#### 【0005】

##### (背景)

従来の超音波イメージングでは、超音波エネルギーの集束ビームを検査するべき体組織に送信し、戻されたエコーを検出してプロットし、これにより画像を形成する。超音波は、診断目的で広く使用されているが、従来の超音波は、スキャニングの深度、スペックルノイズ、低い方位分解能、隠れた組織、及び他のこのような問題によって大きく制限される。

#### 【0006】

体組織を超音波照射するために、超音波ビームは、典型的には、フェーズドアレイ又は成形トランスデューサ(shaped transducer)のいずれかによって形成され、集束される。フェーズドアレイ超音波は、医療用超音波検査で画像を形成するために狭い超音波ビームを誘導及び集束させる一般的に使用されている方法である。フェーズドアレイプローブは、多数の小型超音波トランスデューサ素子を有し、該素子はそれぞれ、個別にパルスすることができる。超音波パルスのタイミングを変更することにより(例えば、一列に沿って素子を1つずつ順にパルスすることによって)、建設的干渉パターンが形成され、これにより、ビームが選択された角度で誘導される。これは、ビーム誘導として知られている。次いで、このような誘導超音波ビームを、検査されるべき組織又は物体全体に照射することができる。次いで、多数のビームからのデータを組み合わせて、物体を通るスライスを示す視覚画像を形成する。

#### 【0007】

従来、超音波ビームを送信するために使用されるものと同じトランスデューサ又はアレイを使用して、戻るエコーを検出する。このデザイン構成は、医療用途での超音波イメージングの使用における最も大きな制限の1つであり、方位分解能が低い。理論的には、方位分解能は、超音波プローブの開口の幅を広げることによって改善することができるが、該開口のサイズを拡大するまでの実施上の問題は、該開口を小さいままでしなければならないことである。疑う余地なく、超音波イメージングは、たとえこの制限があっても非常

10

20

30

40

50

に有用であるが、分解能が向上すればさらに有効であろう。

【0008】

多数開口イメージングの開発により超音波イメージングの分野に著しい改善がもたらされ、その例が、上記参照した出願者の先行特許及び特許出願に図示され、記載されている。多数開口イメージング法及びシステムでは、超音波信号の送信と受信を別々の開口で行うことができる。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

超音波画像を形成する方法が提供され、該方法は、第1の非集束円形波面超音波信号を第1の送信開口から目的の領域に送信して、該第1の円形波面超音波信号のエコーを第1の受信開口で受信して第1の画像層を形成するステップ、第2の非集束円形波面超音波信号を第2の送信開口から目的の領域に送信して、該第2の円形波面超音波信号のエコーを該第1の受信開口で受信して第2の画像層を形成するステップ、重み付け係数を該第1の画像層の少なくとも1つの画素に適用して、修正された第1の画像層を得るステップ、及び該修正された第1の画像層を該第2の画像層と組み合わせて組み合わせ画像を形成するステップを含む。

10

【0010】

一部の実施態様では、該方法は、重み付け係数を第2の画像層の少なくとも1つの画素に適用して、修正された第2の画像層を得るステップをさらに含む。

20

【0011】

他の実施態様では、該方法は、該重み付け係数を適用するステップの前に、該少なくとも1つの画素によって表される点と該第1の送信開口との間の角度を決定することによって、該重み付け係数の値を決定するステップ、及び該重み付け係数の値を該決定された角度の数学的関数として決定するステップをさらに含む。

【0012】

一実施態様では、該方法は、該重み付け係数を適用するステップの前に、該少なくとも1つの画素によって表される点と該第1の受信開口との間の角度を決定することによって、該重み付け係数の値を決定するステップ、及び該重み付け係数を該決定された角度の数学的関数として決定するステップをさらに含む。

30

【0013】

一部の実施態様では、該重み付け係数の値を決定するステップは、該角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に該重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む。

【0014】

他の実施態様では、該重み付け係数の値を決定するステップは、該角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に該重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む。

40

【0015】

一実施態様では、該方法は、該重み付け係数を適用するステップの前に、該第1の送信開口又は該第2の送信開口の一方から該少なくとも1つの画素によって表される点までの第1の距離を決定すること、該点から該第1の受信開口までの第2の距離を決定すること、該第1の距離と該第2の距離を合計して全経路長を得ること、及び該重み付け係数を、該全経路長の数学的関数として決定することによって該重み付け係数の値を決定するステップをさらに含む。

【0016】

一部の実施態様では、該重み付け係数を適用するステップは、該重み付け係数に該少なくとも1つの画素の画素強度値を乗じることを含む。

50

## 【0017】

他の実施態様では、該重み付け係数を適用するステップは、閾値レベルの雑音を超える雑音を含む可能性が高いと識別される画素の値を減少させる。

## 【0018】

一実施態様では、該方法は、該第1の円形波面を第1の周波数で送信するステップ、該第2の円形波面を第2の周波数で送信するステップであって、該第1の周波数が該第2の周波数よりも高い、該ステップ、及び該第1の周波数と該第2の周波数との間の差異に基づいて該第2の画像の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用するステップをさらに含む。

## 【0019】

一部の実施態様では、該数学的関数は、単調関数、線形関数、正規分布、放物線関数、幾何学的関数、指數関数、ガウス分布、及びカイザー・ベッセル分布からなる群から選択される。

## 【0020】

別の実施態様では、該方法は、該重み付け係数を適用するステップの前に、該第1の送信開口及び該第1の受信開口の点広がり関数の質を評価することによって該重み付け係数の値を決定するステップ、該第1の送信開口及び該第1の受信開口を用いて得られる画素画像が画質を改善することになるかを決定するステップ、及び該重み付け係数に0ではない正の値を割り当てるステップを含む。

## 【0021】

一部の実施態様では、該方法は、該重み付け係数を適用するステップの前に、該第1の送信開口及び該第1の受信開口の点広がり関数の質を評価することによって該重み付け係数の値を決定するステップ、該第1の送信開口及び該第1の受信開口を用いて得られる画素画像が画質を劣化することになるかを決定するステップ、及び該重み付け係数に0の値を割り当てるステップも含む。

## 【0022】

別の実施態様では、該方法は、該目的の領域の異なる部分にズーム又はパンすることによって画像ウィンドウを変更するステップ、該変更された画像ウィンドウに基づいて新たな重み付け係数の値を決定するステップをさらに含む。

## 【0023】

障害物によって妨害されていない送信素子を識別する方法も提供され、該方法は、第1の非集束円形波面超音波信号を第1の送信開口から送信して、該第1の円形波面超音波信号のエコーを第1の受信開口で受信するステップ、目的の領域内からの深いエコーの戻りが受信されたかを、該受信エコーに関連する時間遅延が閾値を超えているかを確認することによって決定するステップ、及び深いエコーの戻りが受信された場合に、該第1の送信開口を障害物の影響を受けていないとして識別するステップを含む。

## 【0024】

障害物によって妨害されたトランスデューサ素子を識別する別の方法が提供され、該方法は、第1の非集束円形波面超音波信号を第1の送信開口から送信して、該第1の円形波面超音波信号のエコーを第1の受信開口で受信するステップ、強い浅いエコーの戻りが受信されたかを、閾値強度よりも高い強度値を有し、かつ閾値時間遅延未満の時間遅延を有する複数のエコーの戻りを確認することによって決定するステップ、及び強い浅いエコーの戻りが受信された場合に、該第1の送信開口を障害物によって妨害されているとして識別するステップを含む。

## 【0025】

超音波イメージングシステムも提供され、該システムは、非集束超音波信号を目的の領域に送信するように構成された超音波送信機、該目的の領域にある反射体によって戻される超音波エコー信号を受信するように構成された超音波受信機、該反射体の画像をディスプレイに表示するために該目的の領域内の該反射体の位置を決定するように構成されたビーム形成モジュール、該超音波送信機及び該超音波受信機の複数の送信開口及び受信開口から指定開口を選択するように構成された第1の使用者が調整可能な制御装置、及び該ビ

10

20

30

40

50

ーム形成モジュールによって使用される音速値を増減して、該指定開口で検出される該反射体の位置を決定するように構成された第2の使用者が調整可能な制御装置を備える。

【0026】

一実施態様では、該指定開口は送信開口である。別の実施態様では、該指定開口は受信開口である。

【0027】

別の超音波イメージングシステムが提供され、該システムは、第1及び第2の非集束円形波面超音波信号を目的の領域に送信するように構成された第1の送信開口、該第1及び該第2の円形波面超音波信号のエコーを受信するように構成された第1の受信開口、及び該第1の円形波面超音波信号の該受信エコーから第1の画像層を形成するように構成され、かつ該第2の円形波面超音波信号の該受信エコーから第2の画像層を形成するように構成された制御装置であって、該第1の画像層の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用して修正された第1の画像層を得て、該修正された第1の画像層を該第2の画像層と組み合わせて組み合わせ画像を形成するようにさらに構成されている、該制御装置を備える。

【0028】

一部の実施態様では、該制御装置は、該第2の画像層の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用して修正された第2の画像層を得るように構成されている。

【0029】

他の実施態様では、該制御装置は、該少なくとも1つの画素によって表される点と該第1の送信開口との間の角度を決定することによって該重み付け係数の値を決定するように構成され、かつ該重み付け係数の値を該決定した角度の数学的関数として決定するようにさらに構成されている。

【0030】

一部の実施態様では、該制御装置は、該少なくとも1つの画素によって表される点と該第1の受信開口との間の角度を決定することによって該重み付け係数の値を決定するように構成され、かつ該重み付け係数を該決定した角度の数学的関数として決定するようにさらに構成されている。

【0031】

一実施態様では、該重み付け係数の値を決定することは、該角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に該重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む。

【0032】

別の実施態様では、該重み付け係数の値を決定することは、該角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に該重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む。

【0033】

一部の実施態様では、該制御装置は、該第1の送信開口又は該第2の送信開口の一方から、該少なくとも1つの画素によって表される点までの第1の距離を決定すること、該点から該第1の受信開口までの第2の距離を決定すること、該第1の距離と該第2の距離を合計して全経路長を得ること、及び該重み付け係数を、該全経路長の数学的関数として決定することによって該重み付け係数の値を決定するように構成されている。

【0034】

一実施態様では、該重み付け係数の適用は、該重み付け係数に該少なくとも1つの画素の画素強度値を乗じることを含む。

【0035】

別の実施態様では、該重み付け係数の適用は、閾値レベルの雑音を超える雑音を含む可能性が高いとして識別される画素の値を減少させる。

【0036】

10

20

30

40

50

一部の実施態様では、該第1の送信開口は、該第1の円形波面を第1の周波数で送信し、該第2の円形波面を第2の周波数で送信するように構成され、該第1の周波数が該第2の周波数よりも高く、該制御装置が、該第1の周波数と該第2の周波数との間の差異に基づいて該第2の画像の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用するように構成されている。

【0037】

別の実施態様では、該数学的関数は、単調関数、線形関数、正規分布、放物線関数、幾何学的関数、指数関数、ガウス分布、及びカイザー・ベッセル分布からなる群から選択される。

【0038】

別の実施態様では、該制御装置は、該重み付け係数の適用の前に、該第1の送信開口及び該第1の受信開口の点広がり関数の質を評価することによって該重み付け係数の値を決定するように構成され、該第1の送信開口及び該第1の受信開口を用いて得られる画素が画質を改善することになるかを決定するように構成され、かつ該重み付け係数に0ではない正の値を割り当てるようにさらに構成されている。

10

【0039】

一部の実施態様では、該制御装置は、該第1の送信開口及び該第1の受信開口の点広がり関数の質を評価することによって該重み付け係数の値を決定するように構成され、該第1の送信開口及び該第1の受信開口を用いて得られる画素が画質を劣化させることになるかを決定するように構成され、かつ該重み付け係数に0の値を割り当てるようにさらに構成されている。

20

【0040】

別の実施態様では、該制御装置は、該目的の領域の異なる部分にズーム又はパンすることによって画像ウィンドウを変更するようにさらに構成され、かつ該変更された画像ウィンドウに基づいて新たな重み付け係数の値を決定するようにさらに構成されている。

【0041】

(図面の簡単な説明)

本発明の新規な特徴は、特に添付の特許請求の範囲で説明する。本発明の特徴及び利点は、本発明の原理が利用されている例示的な実施態様を説明する以下の詳細な説明、及び添付の図面を参照すればより良く理解できるであろう。

【図面の簡単な説明】

30

【0042】

【図1A】図1Aは、多数開口超音波イメージング制御システムの一実施態様の斜視図である。

【0043】

【図1B】図1Bは、本明細書のシステム及び方法と組み合わせて使用することができるイメージングシステムの一部の構成要素の一実施態様を例示するブロック図である。

【0044】

【図2】図2は、2つのトランステューサアレイを備えた多数開口超音波イメージングプローブ及び画像化される点/画素の格子の概略図である。

【0045】

40

【図3】図3は、3つのトランステューサアレイを備えた多数開口超音波イメージングプローブ及び画像化される点/画素の格子の概略図である。

【0046】

【図4】図4は、送信開口から反射体、そして該反射体から受信開口までの全経路長に基づいて重み付け係数を決定するために使用することができる伝達関数のいくつかの実施態様を例示するグラフである。

【0047】

【図5】図5は、トランステューサ素子の有効角を例示する超音波トランステューサアレイの断面図である。

【0048】

50

【図6】図6は、選択された点と選択された送信開口に対する2つの送信角の例を示す図2のプローブの概略図である。

【0049】

【図7】図7は、選択された点と選択された受信開口に対する2つの受信角の例を示す図2のプローブの概略図である。

【0050】

【図8】図8は、開口送信角及び/又は開口受信角に基づいて重み付け係数を決定するために使用することができる伝達関数のいくつかの実施態様を例示するグラフである。

【0051】

【図9】図9は、3つのトランスデューサアレイを備えた多数開口超音波イメージングプローブ、及び該プローブと画像フィールドとの間に障害物がある、画像化される点/画素の格子の概略図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0052】

(詳細な説明)

様々な実施態様を、添付の図面を参照して詳細に説明する。特定の例及び実施についての言及は、例示目的であり、本発明の範囲又は特許請求の範囲を限定することを意図とするものではない。

【0053】

本開示は、組み合わせ画像の全体の質を改善する可能性が高いサブ画像の情報に比較的大きい重みを割り当てることによって、多数のサブ画像の組み合わせからなる超音波画像の質を改善するためのシステム及び方法を提供する。場合によっては、これは、質の高いサブ画像の情報の効果を増幅することによって達成することができる。他の実施態様では、画像の最適化は、質の低いサブ画像の情報の影響を低減することによって達成することができる。一部の実施態様では、このような情報は、画像の特定の領域に対する特定のトランスデューサ素子の既知の位置から決定することができる。一部の実施態様では、任意の画素（又は画像の他の離散領域）を、画質を改善する可能性が高いデータにより大きい重みを与える方式で受信エコーデータを組み合わせることによって、及び/又は（例えば、ノイズの導入又は点広がりの増大によって）画質を低下させる可能性が高いデータを考慮しない、又は無視することによって形成することができる。このような改善を達成するためのシステム及び方法の詳細を本明細書で説明する。

20

【0054】

様々な実施態様が、様々な解剖学的構造の超音波イメージングに関連付けて本明細書で説明されるが、本明細書に図示され、説明される多くの方法及び装置を、他の用途、例えば、非解剖学的構造及び物体のイメージング及び評価にも使用することができるることを理解されたい。

【0055】

多数開口超音波システムは、電子機器、ハードウェア、ソフトウェア、及び多数開口イメージングプロセスを制御するためのユーザー・インターフェイス・コンポーネント含む制御ユニットを備えることができる。図1Aは、制御パネル120及びディスプレイ画面130を有する多数開口超音波イメージング制御システム100の一例を例示している。イメージング制御システムは、多数開口超音波イメージング（MAUI）プローブを用いて超音波信号を送信、受信、及び処理するように構成された電子ハードウェア及びソフトウェアも備える。このようなハードウェア及びソフトウェアは、本明細書では総称してMAUI電子機器と呼ばれる。一部の実施態様では、MAUI制御システムは、校正ユニット（不図示）も備えることができる。このような実施態様では、校正ユニットは、任意の有線又は無線の通信システムによってMAUI電子機器に電子的に接続することができる。さらなる実施態様では、校正中にプローブを制御する電子機器を含む、校正システムを制御する電子機器は、超音波イメージングプロセスを制御するために使用される電子機器から完全に（物理的及び/又は電子的に）独立させることができる。適切な校正システムの一部の例が、引用により本

30

40

50

明細書中に組み込まれている米国特許出願第13/279,110号（米国特許出願公開第2012/0057428号）に図示され、記載されている。一部の実施態様では、MAUI電子機器は、イメージングプロセスの一部を達成するのに十分なハードウェア及びソフトウェアのみを備えることができる。例えば、一部の実施態様では、システム100は、画像データを収集するための制御装置及び電子機器のみを備えることができ、画層を処理及び表示するためのハードウェア、ソフトウェア、電子機器、及び制御装置は、該システム100の外部とすることができる。

#### 【 0 0 5 6 】

本明細書で使用される「超音波トランスデューサ」及び「トランスデューサ」は、超音波イメージング技術の分野の技術者が理解する通常の意味を有することができ、限定されるものではないが、電気信号を超音波信号に変換することができ、かつ/又は逆も同様に行うことができる任意の1つの構成要素を指すことができる。例えば、一部の実施態様では、超音波トランスデューサは、圧電素子を含み得る。他の実施態様では、超音波トランスデューサは、容量性微細加工超音波トランスデューサ（CMUT）、又は超音波を電気信号に変換し、かつ電気信号を超音波に変換することができる任意の他の変換装置を含み得る。

10

#### 【 0 0 5 7 】

トランスデューサは、多数の個々のトランスデューサ素子のアレイに構成される場合が多い。本明細書で使用される「トランスデューサアレイ」又は「アレイ」という語は、一般に、共通の支持プレートに取り付けられたトランスデューサ素子の集合体を指す。このようなアレイは、1次元（1D）、2次元（2D）、1.X次元（1.XD）、又は3次元（3D）を有し得る。当業者に理解される他の次元のアレイも使用することができる。環状アレイ、例えば、同心円アレイ及び橜円アレイも使用することができる。トランスデューサアレイの素子は、アレイの最も小さい別個に機能する構成要素であり得る。例えば、圧電トランスデューサ素子のアレイの場合には、各素子は、単一の圧電結晶、又は圧電結晶の単一の機械加工プロックとすることができる。

20

#### 【 0 0 5 8 】

本明細書で使用される「送信素子」及び「受信素子」という語は、超音波イメージング技術の分野の技術者が理解する通常の意味を有し得る。「送信素子」という語は、限定されるものではないが、電気信号が超音波信号に変換される送信機能を少なくとも瞬間に果たす超音波トランスデューサ素子を指すこともある。送信超音波信号は、特定の方向に集束しても良いし、又は集束しないで、あらゆる方向又は広範囲の方向に送信される。同様に、「受信素子」という語は、限定されるものではないが、該素子に衝当する超音波信号を電気信号に変換する受信機能を少なくとも瞬間に果たす超音波トランスデューサ素子を指すこともある。超音波の媒体への送信は、本明細書では「超音波照射」と呼ばれることがある。超音波を反射する物体又は構造は、「反射体」又は「散乱体」と呼ばれることもある。

30

#### 【 0 0 5 9 】

本明細書で使用される「開口」という語は、超音波信号を送信し、かつ/又は受信することができる概念的な「開口部」を指す。実際の実施では、開口は、単に、1つのトランスデューサ素子、又はイメージング制御電子機器によって共通の群としてまとめて管理されるトランスデューサ素子群である。例えば、一部の実施態様では、開口は、隣接する開口の素子から物理的に分離され、該素子と異なり得る素子の群とすることができます。しかしながら、隣接する開口は、必ずしも物理的に分離される、又は異なる必要はない。逆に、1つの開口が、2つ以上の物理的に分離された、又は異なるトランスデューサアレイの素子を備え得る。例えば、又はトランスデューサ素子の異なる群（例えば、「左開口」は、左アレイと、物理的に異なる中心アレイの左半分とから構成することができ、「右開口」は、右アレイと、物理的に異なる中心アレイの右半分とから構成することができる）。

40

#### 【 0 0 6 0 】

本明細書で使用される「受信開口」、「超音波照射開口」、及び/又は「送信開口」と

50

いう語は、所望の物理的視点又は開口から所望の送信機能又は受信機能を果たす個々の素子、アレイ内の素子群、又はアレイ全体を指すために使用されることに留意されたい。一部の実施態様では、このような送信開口及び受信開口は、専用の機能を有する物理的に別個の構成要素として形成することができる。他の実施態様では、任意の数の送信開口及び/又は受信開口を、必要に応じて、動的かつ電子的に定義することができる。他の実施態様では、多数開口超音波イメージングシステムは、専用の機能の開口と動的機能の開口との組み合わせを使用することができる。

#### 【0061】

本明細書で使用される「全開口」という語は、全てのイメージング開口の全積算サイズを指す。言い換えれば、「全開口」という語は、特定のイメージングサイクルに使用される送信素子及び/又は受信素子の任意の組み合わせにおける最も遠いトランステューサ素子間の最大距離によって決定される1つ以上の寸法を指すこともある。従って、全開口は、特定のサイクルで送信開口又は受信開口として指定される任意の数のサブ開口から構成される。単一開口イメージング構成の場合は、全開口、サブ開口、送信開口、及び受信開口は、全て同じ寸法を有し得る。多数開口イメージング構成の場合、全開口の寸法は、全ての送信開口及び受信開口の寸法の合計を含む。

10

#### 【0062】

一部の実施態様では、2つの開口が、連続アレイ上に互いに隣接して位置し得る。なお他の実施態様では、2つの開口は、少なくとも1つの素子が2つの別個の開口の一部として機能するように、連続アレイ上に互いに重ね合わせることができる。開口の位置、機能、素子の数、及び開口の物理的サイズを、特定の適用例に必要な任意の方式で動的に決定することができる。特定の適用例のこれらのパラメータに対する制約が以下に示され、かつ/又は、このような制約は当業者には明白であろう。

20

#### 【0063】

本明細書で説明される素子及びアレイは、多機能であっても良い。すなわち、ある時点でのトランステューサ素子又はアレイの送信機としての指定は、次の時点でのこれらの受信機としての即時の再指定を排除するものではない。さらに、本明細書の制御システムの実施態様は、このような指定を、ユーザーの入力、プリセットスキャン、プリセット解像度基準、又は他の自動的に決定される基準に基づいて電子的に行う能力を有する。

30

#### 【0064】

本明細書で使用される「点源送信」という語は、1つの空間位置からの送信超音波エネルギーの媒体への導入を指すこともある。これは、1つの超音波トランステューサ素子、又は1つの送信開口として一緒に送信する隣接するトランステューサ素子の組み合わせを用いて達成することができる。点源送信開口からの1回の送信を、均一な球形波面に、又は2Dスライスを画像化する場合には該2Dスライス内の均一な円形波面に近づける。場合によっては、点源送信開口からの円形、半円形、球形、又は半球形の波面の1回の送信は、本明細書では「非集束円形波面超音波信号」、「ピング」、又は「点源パルス」と呼ばれることがある。

#### 【0065】

点源送信は、トランステューサ素子アレイから特定の方向にエネルギーを集束させる「フェーズドアレイ送信」とはその空間的特徴の点で異なる。点源パルス(ピング)は、スキャニング平面に円形波面を形成するように送信することができる。次いで、画像を、点源送信機から送信される波面が目的の領域で物理的に円形であると仮定して、エコーから再構築することができる。実際には、波面は、スキャニング平面に対して垂直な次元にもある程度は進入し得る(即ち、一部のエネルギーは、所望の2次元スキャニング平面に対して垂直な次元に本質的に「漏洩し」、有効イメージングの到達度が低下する)。加えて、「円形」波面は、実際には、伝達物質の固有の軸外特性によってトランステューサの前面の前方の半円又は180度未満の円の一部に限定され得る。他方、フェーズドアレイ送信は、目的の特定の領域への波面の照射を強める、又は誘導するようにトランステューサ素子群の送信位相を順に操作する(これは、数学的かつ物理的に、多数の重複する波面に沿

40

50

った建設的干渉及び相殺的干渉によって行われる）。フェーズドアレイ送信はまた、点源送信と同様に3次元エネルギー漏洩（平面外）の問題もある。短期間のフェーズドアレイ送信は、本明細書では「フェーズドアレイパルス」と呼ばれることがある。

#### 【 0 0 6 6 】

図1Bのブロック図は、本明細書で説明されるシステム及び方法の様々な実施態様と組み合わせて使用することができる超音波イメージングシステム200の構成要素を例示している。図1Bのシステム200は、いくつかのサブシステム：送信制御サブシステム204、プローブサブシステム202、受信サブシステム210、画像形成サブシステム230、及びビデオサブシステム240を備えることができる。様々な実施態様では、システム200は、1つ以上の超音波イメージングステップの際に使用される様々なデータを保存するための1つ以上のメモリ装置も備えることができる。このようなメモリ装置は、生エコーデータメモリ220、重み付け係数メモリ235、校正データメモリ238、画像バッファ236、及び/又はビデオメモリ246を備えることができる。様々な実施態様では、全てのデータ（任意の他のプロセスを実行するためのソフトウェア及び/又はファームウェアを含む）を1つのメモリ装置に保存することができる。あるいは、1つ以上のデータ型に対しては、別個のメモリ装置を使用しても良い。さらに、図2Bに示されている任意のモジュール又は構成要素を、電子ハードウェア、ファームウェア、及び/又はソフトウェアの任意の適切な組み合わせを用いて実施することができる。

10

#### 【 0 0 6 7 】

プローブ202の素子からの超音波信号の送信は、送信制御サブシステム204によって制御することができる。一部の実施態様では、送信制御サブシステム204は、所望のイメージングアルゴリズムに従って選択された送信開口から所望の周波数及び間隔で非集束超音波ピングを送信するためにプローブ202のトランスデューサ素子を制御するためのアナログ構成要素とデジタル構成要素との任意の組み合わせを備えることができる。一部の実施態様では、送信制御システム204は、様々な超音波周波数で超音波ピングを送信するように構成することができる。（全てではないが）一部の実施態様では、送信制御サブシステムは、フェーズドアレイモードでプローブを制御するように構成することもでき、集束された（即ち、送信ビーム形成された）超音波スキャンラインビームを送信する。

20

#### 【 0 0 6 8 】

一部の実施態様では、送信制御サブシステム204は、送信信号定義モジュール206及び送信素子制御モジュール208を備えることができる。送信信号定義モジュール206は、超音波プローブによって送信される信号の所望の特性を定義するように構成されたハードウェア、ファームウェア、及び/又はソフトウェアの適切な組み合わせを備えることができる。例えば、送信信号定義モジュール206は、送信される超音波信号の特性、例えば、パルス開始時間、パルス長（持続時間）、超音波周波数、パルス出力、パルス波形、パルス方向（存在する場合）、パルス振幅、送信開口の位置、又は任意の他の特性を（例えば、ユーザーの入力又は所定の因子に基づいて）設定することができる。

30

#### 【 0 0 6 9 】

次いで、送信素子制御モジュール208は、所望の超音波信号を生成するために、所望の送信パルスについての情報を得て、適切なトランスデューサ素子に送信される適切な電気信号を決定することができる。様々な実施態様では、信号定義モジュール206及び送信素子制御モジュール208は、別個の電子部品を含んでも良いし、又は1つ以上の共通の構成要素の一部を含んでも良い。

40

#### 【 0 0 7 0 】

送信信号のエコーを目的の領域から受信すると、プローブ素子は、受信超音波振動に対応する時変電気信号を生成することができる。受信エコーを表す信号は、プローブ202から出力し、受信サブシステム210に送ることができる。一部の実施態様では、受信サブシステムは、多数のチャネルを備えることができ、該チャネルのそれぞれは、アナログフロントエンド装置（「AFE」）212及びアナログデジタル変換装置（ADC）214を備えることができる。一部の実施態様では、受信サブシステム210の各チャネルは、ADC 214の後にデジ

50

タルフィルタ及びデータ調整装置(不図示)を備えることもできる。一部の実施態様では、ADC 214の前にアナログフィルタを設けることもできる。各ADC 214の出力は、生データメモリ装置220に案内することができる。一部の実施態様では、受信サブシステム210の独立したチャネルを、プローブ202の各受信トランステューサ素子に設けることができる。他の実施態様では、2つ以上のトランステューサ素子が、共通の受信チャネルを共有することができる。

【0071】

一部の実施態様では、アナログフロントエンド装置212(AFE)は、信号をアナログデジタル変換装置214(ADC)に送る前に特定のフィルタリング処理を行うことができる。ADC 214は、受信アナログ信号を、ある所定のサンプリングレートで一連のデジタルデータ点に変換するように構成することができる。殆どの超音波システムとは異なり、図3の超音波イメージングシステムの一部の実施態様は、次いで、さらなる受信ビーム形成、フィルタリング、画像層の組み合わせ、又は他の画像処理を行う前に、個々の受信素子によって受信される超音波エコー信号のタイミング、位相、大きさ、及び/又は周波数を表すデジタルデータを生データメモリ装置220に保存することができる。

10

【0072】

収集したデジタルサンプルを画像に変換するために、該データを、画像形成サブシステム230によって生データメモリ220から取り出すことができる。図示されているように、画像形成システム230は、ビーム形成ブロック232及び画像層組み合わせ(「ILC」)プロック234を備えることができる。一部の実施態様では、ビームフォーマー232は、プローブ校正データを含む校正メモリ238と通信することができる。プローブ校正データは、正確な位置についての情報、動作の質、及び/又は個々のプローブトランステューサ素子についての他の情報を含み得る。校正メモリ238は、プローブ内、イメージングシステム内、又はプローブとイメージングシステムの両方の外部の位置に物理的に配置することができる。

20

【0073】

一部の実施態様では、画像形成ブロック230を通過してから、画像データを画像バッファメモリ236に保存することができ、該画像バッファメモリ236は、ビーム形成され、(一部の実施態様では)層が組み合わせられた画像フレームを保存することができる。次いで、ビデオサブシステム240内のビデオプロセッサ242が、画像バッファから画像フレームを取り出すことができ、該画像を処理してビデオストリームにし、該ビデオストリームを、ビデオディスプレイ244に表示することができ、かつ/又は、例えば、当分野では「シネループ」と呼ばれるデジタルビデオクリップとしてビデオメモリ246に保存することができる。

30

【0074】

一部の実施態様では、AFE 212は、アナログ信号をアナログデジタル変換装置に送る前に、受信アナログ信号に対して様々な増幅及びフィルタリング処理を実施するように構成することができる。例えば、AFE 212は、増幅器、例えば、低雑音増幅器(LNA)、可変利得増幅器(VGA)、バンドパスフィルタ、及び/又は他の増幅もしくはフィルタリング装置を含み得る。一部の実施態様では、AFE装置212は、トリガー信号の受信時にアナログ信号をADC 214に送り始めるように構成することができる。他の実施態様では、AFE装置を「フリーランニング」とすることができ、アナログ信号をADCに連続的に送る。

40

【0075】

一部の実施態様では、各アナログデジタル変換器214は、一般に、ある一定の所定のサンプリングレートで受信アナログ信号をサンプリングするように構成された任意の装置を含み得る。例えば、一部の実施態様では、アナログデジタル変換器は、25 MHz、即ち、1秒に2500万サンプル又は40ナノ秒ごとに1サンプルで時変アナログ信号のデジタルサンプルを記録するように構成することができる。従って、ADCによってサンプリングされたデータは、データ点のリストを単に含み、データ点のそれぞれは、ある瞬時の信号値に一致し得る。一部の実施態様では、ADC 214は、トリガー信号の受信時にアナログ信号のデジ

50

タルサンプリングを開始するように構成することができる。他の実施態様では、ADC装置は、「フリーランニング」とすることができ、受信アナログ信号を連続的にサンプリングする。

【0076】

一部の実施態様では、生データメモリ装置220は、任意の適切な揮発性又は不揮発性デジタルメモリ保存装置を含み得る。一部の実施態様では、生データメモリ220は、生のデジタル超音波データを、有線又は無線ネットワークを介して外部装置に送信するための通信用電子機器も備えることができる。このような場合、送信される生エコーデータを、任意の所望の形式で外部装置に保存することができる。他の実施態様では、生データメモリ220は、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、及び通信用電子機器の組み合わせを含み得る。

10

【0077】

一部の実施態様では、生データメモリ装置220は、一時的（揮発性又は不揮発性）メモリセクション、及び長期不揮発性メモリセクションを含み得る。このような実施態様の一例では、一時的メモリは、ビームフォーマー232が、ADC 214からフルレートでデータを受け取るのに十分に速く動作できない場合に、該ADC 214と該ビームフォーマー232との間のバッファとして機能し得る。一部の実施態様では、長期不揮発性メモリ装置は、一時的メモリ装置から、又はADC 214から直接的にデータを受け取るように構成することができる。このような長期メモリ装置は、後の処理、分析、又は外部装置への送信のために一定量の生エコーデータを保存するように構成することができる。

【0078】

20

一部の実施態様では、ビーム形成ブロック232及び画像層組み合わせブロック234はそれぞれ、特定のプロセス（例えば、以下に説明される）を実行するように構成された任意のデジタル信号処理要素及び/又は計算要素を備えることができる。例えば、様々な実施態様では、ビーム形成232及び画像層組み合わせ234は、1つのGPU、多数のGPU、1つ以上のCPU、CPU（複数可）とGPU（複数可）との組み合わせ、1つもしくは多数のアクセラレータカードもしくはモジュール、分散型処理システム、又はクラスター化処理システムで動作するソフトウェアによって行うことができる。あるいは、これらのプロセス又は他のプロセスは、FPGAアーキテクチャ又は1つ以上の専用ASICデバイスで動作するファームウェアによって行うことができる。

【0079】

30

一部の実施態様では、ビデオプロセッサ242は、表示及び/又は保存のために画像フレームをビデオストリームにアセンブルするように構成することができる任意のビデオ処理ハードウェアコンポーネント、ファームウェアコンポーネント、ソフトウェアコンポーネントを備えることができる。

【0080】

重み付け係数メモリ装置は、ビーム形成、画像層組み合わせ、画像処理、又は所望に応じた画像形成の任意の他の段階の際に適用される重み付け係数値を定義するデータを含み得る。様々なタイプの重み付け係数の例が、以下に説明される。

【0081】

40

図2は、多数開口超音波イメージングプローブ10、及び格子として表されている、画像化される目的の領域20の一実施態様を例示している。プローブ10は、「n」、「j」、及び「k」（本明細書では簡略化して参照符号Ln、Lj、及びLkで示すこともある）と付された3つ送信開口を有する左トランスデューサアレイ12を備えて示されている。右トランスデューサアレイ14も、「n」、「j」、及び「k」（本明細書では簡略化して参照符号Rn、Rj、及びRkで示すもある）と付された3つ送信開口を備えることができる。左トランスデューサアレイ12の一部又は全ての素子は、左受信開口13として指定することもできる。同様に、右トランスデューサアレイ14の一部又は全ての素子は、右受信開口15として指定することもできる。

【0082】

図3は、3アレイ多数開口超音波イメージングプローブ11の一実施態様を例示している。

50

2アレイプローブの左アレイ及び右アレイに加えて、3アレイプローブは、中心トランステューサアレイ16を備え、該トランステューサアレイ16は、「n」、「j」、及び「k」（本明細書では簡略化して参照符号Cn、Cj、及びCkで示すこともある）と付された3つ送信開口を備える。中心トランステューサアレイ16の一部又は全ての素子は、中心受信開口17として指定することもできる。他の実施態様では、任意の他の多数開口プローブ構造を、本明細書で説明されるシステム及び方法と共に使用することもできる。例えば、本出願者の先行出願は、いくつかの代替のプローブ構造、例えば、4つ又は5つ以上のアレイを備えたプローブ、1つ以上の調整可能なアレイを備えたプローブ、任意の数の開口に電子的に分割することができる1つ以上の大きいアレイを備えたプローブ、及び単一開口プローブを説明し、これら（又は他の）のいずれも、本明細書で説明されるシステム及び方法と共に使用することができる。10

#### 【0083】

一部の実施態様では、受信開口の幅は、平均音速が、散乱体から受信開口の各素子までの各経路でほぼ同じであるという仮定によって制限することができる。十分に狭い受信開口の場合は、この単純化する仮定は許容範囲である。しかしながら、受信開口の幅が増大すると、転換点に達し（本明細書では、「最大コヒーレント開口幅」又は「最大コヒーレント幅」と呼ばれる）、この点を超えると、エコー戻り経路が、本質的に異なる音速を有する異なるタイプの組織を通過する必要がある。この差異により、受信波面の位相シフトが180度に近づく、又は180度を超えると、最大コヒーレント受信開口幅を越えて延在する追加の受信素子が、実際には、画像を改善するのではなく画像を劣化させる。20

#### 【0084】

従って、最大コヒーレント開口幅よりも遙かに広い全開口幅を有する広幅プローブの固有の利点を実現するために、全プローブ幅は、物理的又は論理的に多数の開口に分割することができ、分割された各開口を、最大コヒーレント開口幅以下の有効幅に限定して、受信信号の位相相殺を回避する十分に小さい大きさにすることができます。最大コヒーレント幅は、患者によって、及び同じ患者でもプローブの位置によって異なり得る。一部の実施態様では、所与のプローブシステムに対して妥当な幅を決定することができる。他の実施態様では、多数開口超音波イメージング制御システムを、動的アルゴリズムを用いて構成して、多数開口の利用可能な素子を、著しく画像を劣化させる位相相殺を回避するために十分に小さい群にさらに分割することができる。30

#### 【0085】

一部の実施態様では、最大コヒーレント幅よりも狭い幅の開口に素子をグループ分けするときに、さらなるデザインの制約を満たすことが困難になる、又は不可能になるであろう。例えば、非常に狭い領域に対して物質の種類が多くなると、最大コヒーレント幅よりも十分に小さい開口を形成することは実現困難であろう。同様に、システムが、かなりの深さで非常に小さい標的を画像化するようにデザインされると、最大コヒーレント幅よりも幅の広い開口が必要になり得る。このような場合、最大コヒーレント幅よりの幅の広い受信開口は、異なる経路に沿った音速の差異を考慮するためにさらなる調整又は補正を行うことによって達成することができる。このような音速の調整の一部の例が本明細書で説明され、さらなる例が、米国特許出願公開第2010/0201933号（名称：「ユニバーサル多数開口医療用超音波プローブ（Universal Multiple Aperture Medical Ultrasound Probe）」）に記載されている。一部の実施態様では、最大コヒーレント幅は、最終的には患者によって、及びたとえ同じ患者であっても位置によって異なり得るため、イメージングセッション中又は保存された生エコードーティの後処理中に使用者が最大コヒーレント幅を選択的に増減できるように構成されたユーザーインターフェイス調整装置を設けることが望ましいであろう。調整された最大コヒーレント幅は、ビーム形成中に使用される受信開口（即ち、トランステューサ素子群）のサイズを相応に増加又は減少させることによって適用することができる。40

#### 【0086】

画像層の組み合わせ50

一部の実施態様では、一連の送信ピングを使用する多数開口イメージングは、第1の送信開口から点源ピングを送信して、2つ以上の受信開口の素子でエコーを受信することによって行うことができる。完全な画像は、ピングの送信とエコーの受信との間の遅延時間に基づいて散乱体の位置を三角測量することによって形成することができる。結果として、完全な画像は、各送信ピングのエコーから各受信開口で受信したデータを基に制御装置又は制御システムによって形成することができる。ピングと受信開口との異なる固有の組み合わせから得られる画像を、本明細書では画像層と呼ぶこともある。多数の画像層を組み合わせて、最終的な組み合わせ画像の全体の質を改善することができる。従って、一部の実施態様では、形成される画像層の合計数は、受信開口の数と送信開口の数との積とすることができる（この場合、「送信開口」は、1つの送信素子又は送信素子の群とすることができる）。

10

#### 【0087】

例えば、一部の実施態様では、1つの時間領域フレームは、1つの送信ピングからの、2つ以上の受信開口で受信されるエコーから形成される画像層を組み合わせることによって形成することができる。他の実施態様では、1つの時間領域フレームは、2つ以上の送信ピングからの、1つ以上の受信開口で受信されるエコーから形成される画像層を組み合わせることによって形成することができる。一部のこの実施態様では、多数の送信ピングは、異なる送信開口を起源とし得る。

#### 【0088】

例えば、図2に関連した一実施態様では、第1の画像層（格子20の全て点を表す、又は目的の特定の領域30に対してパンもしくはズームする場合は格子20の一部のみを表す）は、第1のピングを第1の送信開口Lnから送信し、そして左受信開口13で該第1のピングのエコーを受信することによって形成することができる。第2の画像層は、右受信開口15で受信する第1のピングのエコーから形成することができる。第3及び第4の画像層は、第2の送信開口Ljから第2のピングを送信し、そして左受信開口13及び右受信開口15で第2のピングのエコーを受信することによって形成することができる。一部の実施態様では、次いで、4つ全ての画像層を組み合わせて1つの時間領域画像フレームを形成することができる。他の実施態様では、1つの時間領域画像フレームは、任意の数の送信開口によって送信される任意の数のピングからの、任意の数の受信開口で受信するエコーから得ることができる。次いで、時間領域画像フレームを、連続動画としてディスプレイ画面上に連続的に表示することができる。静止画も、任意の上記の技術を用いて画像層を組み合わせることによって形成することができる。

20

#### 【0089】

ディスプレイ画面及び該ディスプレイ画面上に表示される画像は、一般に、画素の格子に分割することができる。場合によっては、画素は、ディスプレイ画面の最も小さい個々に制御可能な領域である。画像画素と表示画素との間の関係は、一般に、当分野で十分に理解されるため、本明細書では説明しない。ここでの説明のために、図面に示されている格子20の正方形のます目を画素と呼ぶことにする。本明細書の多くの実施態様では、画素の群をまとめて、共通の群として取り扱うことができる。従って、「画素」という語の使用は、どの特定のサイズにも限定されるものではなく、画像の離散セクションを説明するための便利な語として使用される。

30

#### 【0090】

モノクロ表示では、各画素は、1つの値：「強度」のみが指定され、この強度は、画素をどの程度の明るさで表示するべきかを定義するスカラー値である。カラー表示では、強度値に加えて、各画素は、多数の色成分値、例えば、赤、緑、及び青；又は青緑色、赤紫色、黄色、及び黒色に指定することができる。以下の説明は主に、多数の供給源からの画素の強度への様々な寄与に対して重み付け係数を適用することについて述べる。しかしながら、一部の実施態様では、一部又は全てのカラー値に、同じ技術又は関連する技術を用いて重みを付けることができる。

40

#### 【0091】

50

点源送信イメージング技術を用いる多数開口プローブでは、各画像画素は、受信素子毎に受信エコーデータをビーム形成し、多数の各受信開口内の多数の各受信素子で受信するエコーからの情報を組み合わせることによって構築することができる（このエコーは、多数の各送信開口内の多数の各送信機から送信されるピングから得られる）。点源送信を用いる多数開口イメージングの一部の実施態様では、受信ビーム形成は、検査される物体の散乱体から受信トランスデューサ素子に戻る時間遅延エコーを合計することによって再構成画像の画素を形成することを含む。各送信機で記録される散乱体のエコーの時間遅延は、画像化される媒体を通る音速の仮定値と組み合わせられたプローブ素子の固有のジオメトリの関数である。重要な検討事項は、加算がコヒーレント（位相感受性）であるか、又はインコヒーレント（加算信号の大きさのみであり、位相情報を考慮しない）であるかである。ピングベースビーム形成のさらなる詳細は、引用により本明細書中に組み込まれている本出願者の米国特許出願第13/029,907号に記載されている。

#### 【 0 0 9 2 】

多数の送信ピングから得られる画像層の加算又は平均化は、コヒーレント加算、インコヒーレント加算、又はこれらの組み合わせによって達成することができる。コヒーレント加算（画像層の加算の際に位相と大きさの情報の両方を含む）は、方位分解能を最大化する傾向にある一方、インコヒーレント加算（大きさのみを加算し、位相情報は省く）は、スペックルノイズを平均化し、画像化される媒体を通る音速のわずかな変動によって引き起こされ得る画像層の整合誤差の影響を最小化する傾向にある。各画像層がそれ自体の独立したスペックルパターンを形成する傾向にあるため、スペックルノイズは、インコヒーレント加算によって減少し、該パターンのインコヒーレントな加算は、これらのスペックルパターンを平均化する効果を有する。あるいは、パターンがコヒーレントに加算されると、該パターンが互いに強め合って、唯1つの強いスペックルパターンが生じる。インコヒーレント加算は、スペックルノイズを抑制する手段として以前から知られている瞬間合成イメージングに近いと考えることができる。

#### 【 0 0 9 3 】

音速の変動は、次のようにインコヒーレント加算によって許容され得る：波長の僅か半分の遅延（例えば、3 MHzのプローブでは約0.25 mm）をもたらす音速の変動を伴う2つの画素のコヒーレントな加算は、破壊的な位相相殺をもたらし、これにより著しい画像データの損失が起こる；画素がインコヒーレントに加算される場合は、同等又はそれ以上の遅延でも、画像層の空間的歪みがほんの僅かであり、画像データの損失はない。このような画像層のインコヒーレント加算は、最終画像のある程度の平滑化をもたらし得る（一部の実施態様では、このような平滑化は、画像をより見やすくするために意図的に加えることができる）。

#### 【 0 0 9 4 】

画像層の組み合わせを、コヒーレント加算かインコヒーレント加算かの決定を行うことができるように3つの画像層のレベルについて説明することができる。これらの3つのケースは、第1のレベルの画像層、第2のレベルの画像層、及び第3のレベルの画像層を含む。

（1）第1のレベルの画像層は、1つの送信開口からの1つのピングから得られる1つの受信開口で受信するエコーから形成することができる。1つのピングと1つの受信開口とのユニークな組み合わせの場合は、受信開口の全ての受信素子によって受信される遅延エコーを加算して、第1のレベルの画像層を得ることができる。（2）1つの受信開口で受信される多数の送信ピング（同じ又は異なる送信開口からの）のエコーから得られる多数の第1のレベルの画像層を一緒に加算して、第2のレベルの画像層を形成することができる。第2のレベルの画像層は、整合又は他の画像の特性を改善するためにさらに処理することができる。（3）第3のレベルの画像は、多数の受信開口からのデータで形成される第2のレベルの画像層を組み合わせることによって得ることができる。一部の実施態様では、第3のレベルの画像は、連続時間領域フレームとして表示して動画を形成することができる。

#### 【 0 0 9 5 】

3つ全ての画像層のレベルにおいて、プローブ素子のジオメトリが所望の精度であるこ

10

20

30

40

50

とが分かっていて、全ての経路に亘って一定の音速であるという仮定が有効である場合は、コヒーレント加算は、多数開口システムの最大の方位分解能を実現し得る。同様に、全ての画像層のレベルにおいて、インコヒーレント加算は、スペックルノイズの最適な平均化を実現し、かつ画像化される媒体を通る音速の僅かな変動を許容する。

#### 【0096】

一部の実施態様では、コヒーレント加算は、位相相殺が問題となる可能性が低い開口から得られる画像層を組み合わせるために使用することができ、一方、インコヒーレント加算は、位相相殺が問題を発生させる可能性が高い場合、例えば、ある閾値を超える距離によって離間された異なる受信開口で受信されるエコーから形成される画像を組み合わせる場合に使用することができる。

10

#### 【0097】

一部の実施態様では、全ての第1のレベルの画像は、使用される受信開口が最大コヒーレント開口幅よりも狭い幅を有するように選択されると仮定して、コヒーレント加算を用いることによって形成することができる。第2及び第3のレベルの画像層の場合は、コヒーレント加算とインコヒーレント加算の多数の組み合わせが可能である。例えば、一部の実施態様では、第2のレベル画像層は、寄与する第1のレベルの画像層のコヒーレント加算によって形成することができ、一方、第3のレベルの画像層は、寄与する第2のレベルの画像層のインコヒーレント加算によって形成することができる。

#### 【0098】

##### スペックルプリセット制御

20

他の実施態様では、コヒーレント加算とインコヒーレント加算の組み合わせを用いて様々なアルゴリズムのいずれかによって画像層を組み合わせることが望ましいであろう。一部の実施態様では、画像制御システムは、特定のイメージング用途用にデザインすることができる複数の選択可能な事前プログラム加算アルゴリズムを保存するように構成することができる。一部の実施態様では、保存された加算アルゴリズムは、例えば、手動ユーザーインターフェイス制御装置を操作することによって手動で選択可能とすることができる。あるいは、保存された加算アルゴリズムは、制御システムに利用可能な他のデータ又は情報に基づいて自動的に選択可能とすることができます。

#### 【0099】

例えば、一部の実施態様では、代替のアルゴリズムは、第2のレベル及び第3のレベルの画像層の全てを、コヒーレント加算によって形成することを含み得る。別の実施態様では、第2のレベル及び/又は第3のレベルの画像層の全てを、インコヒーレント加算によって形成することができる。さらなる実施態様では、第2のレベルの画像の選択された組み合わせのみをコヒーレント又はインコヒーレントに組み合わせて第3のレベルの画像を形成することができる。他の実施態様では、第1のレベルの画像層の選択された組み合わせのみをコヒーレントに組み合わせて第2のレベルの画像層を形成することができる。

30

#### 【0100】

一部の実施態様では、第1のレベル画像層は、各受信開口素子の同相及び直角位相のエコードデータを加算する（即ち、各エコーに4分の1波長遅延したエコーを加算する）ことによって形成することもできる。殆どの実施態様では、1つの受信開口の素子によって受信されるエコーは、典型的にはコヒーレントに組み合わせられる。一部の実施態様では、受信開口の数及び/又は各受信開口のサイズを、画質測定基準、例えば、方位分解能、音速の変動の許容範囲、スペックルノイズの低減などのある所望の組み合わせを最大にするために変更することができる。一部の実施態様では、このような代替の構成は、使用者によって選択可能であり得る。他の実施態様では、このような構成は、イメージングシステムによって自動的に選択又は形成することができる。

40

#### 【0101】

画像層がインコヒーレント加算によって形成されると、該画像層の全ての位相情報が消失する。従って、インコヒーレント加算によって形成された画像層を用いるどの後続の画像層も、それら自体がインコヒーレントに組み合わせる必要がある。従って、一部の実施

50

態様では、位相情報は、画像層組み合わせプロセスで望まれる限り保持することができる。

#### 【0102】

##### 音速の制御

上述のように、音速値は、典型的には、送信時間と受信時間との間の時間遅延に基づいてROI点の位置及び対応する画素を決定するためにビーム形成中に仮定する。人間の軟組織では、音速は、典型的には約1540 m/秒と仮定される。しかしながら、音速は、患者によって、及び同じ患者でも軟組織の種類によって10%以上も変動することが知られている。仮定の音速値と特定の散乱体の経路の実際の音速値との間の差異は、ビーム形成中に誤差を生じさせ、これにより画像にぼやけ又は空間変位の影響が起こり得る。従って、一部の実施態様では、多数開口超音波イメージングシステムは、一部又は全ての散乱体の経路に対する仮定の音速値の自動調整及び/又は手動調整を可能にするように構成することができる。

10

#### 【0103】

一部の実施態様では、多数開口イメージングシステムは、全ての散乱体の経路（即ち、送信開口と受信開口の全ての組み合わせ）のビーム形成に使用される仮定の音速値を増減させる「粗」音速調整装置を備えることができる。場合によっては、このような調整装置は、単一開口超音波イメージングシステムに設けることもできる。粗音速調整装置は、システムが使用者に許容可能な結果を出すまで超音波検査者又は他の使用者が仮定の音速値を直接増減できるように手動（例えば、ダイアル、スライダ、又は任意の他の物理的もしくは仮想上のユーザーインターフェイス装置）とすることができます。他の実施態様では、「粗」音速調整装置は、イメージング制御システムによって自動的に制御することができる。従って、粗音速調整装置は、全ての画像層に対して1回の調整を行うことができる。

20

#### 【0104】

「微」音速調整装置の様々実施態様も提供することができる。一部の実施態様では、微音速調整装置は、1つの受信開口に対して仮定の音速値を調整するように構成することができる。他の実施態様では、微音速調整装置は、1つの送信開口に対して仮定の音速値を調整するように構成することができる。さらなる実施態様では、微音速調整装置は、送信開口と受信開口の1つ以上の特定の組み合わせに対して仮定の音速値を調整するように構成することができる。従って、微音速制御装置は、特定の第1のレベル又は第2のレベルの画像層に対して効果的に調整を行うように構成することができる。粗音速調整装置と同様に、微音速調整装置は、手動、自動、又はこれらの組み合わせとすることができます。

30

#### 【0105】

一部の実施態様では、粗音速調整は、使用者が手動で行うことができ、微音速調整は、超音波イメージング制御システムによって自動的に行うことができる。他の実施態様では、粗音速調整及び微音速調整は共に、自動的に制御することができる。一部の実施態様では、超音波イメージング制御システムは、得られる画像（又は複数の画像）の所望の画質測定基準（例えば、縁又は点の鮮明さ、最大コントラスト、最大ダイナミックレンジなど）が閾値を超えるまで、様々な粗音速値及び/又は微音速値を試すように構成することができる。あるいは、任意の他の「自動焦点」アルゴリズムを適用して、画質測定基準が改善される、又は最適になるまで音速値を調整することができる。

40

#### 【0106】

ある場合には、送信開口と受信開口のそれぞれのユニークな対を、本明細書では「ビュー（view）」と呼ぶこともある。他の場合には、ビューは、1つの送信トランスデューサ素子と1つの受信トランスデューサ素子とのユニークな組み合わせを指すこともある。受信開口が複数のトランスデューサ素子を備える実施態様では、受信素子の群は、以下の説明のためにまとめて取り扱うことができる。あるいは、たとえ受信開口群の一部であっても、個々の受信素子を、一部の実施態様では個々に取り扱うことができる。例えば、多数開口イメージングシステムが、30の送信開口と3つの受信開口を利用する場合は、各画像画素は、90の異なるビューからの画像データの組み合わせによって形成される可能性があ

50

る。あるいは、個々の送信素子と個々の受信素子との組み合わせを各ビューとして取り扱い、48の送信素子と144の受信素子を備えたプローブについて考えてみると、各画素は、6,912の異なるビューからの画像データの組み合わせによって潜在的に形成され得る。このようなビューから得られる画像は、画像層の組み合わせによって統合して（例えば、上記説明されたように）、少数の画像又は画像フレームを形成することができる。

#### 【0107】

特段の記載がない限り、図2、図3、図6、図7、及び図9の格子20はどれも、表示画素の格子、及び画像化される物体の目的の領域（「ROI」）内の対応する点の格子を表している。「ROI点」という語は、本明細書では、プローブに対して固定位置でスキャン平面（又は3Dスキャン体積）内の点を説明するために使用される。以下の説明から明らかになるように、ROI点は、必ずしも常に画素位置に直接相關するものではない。例えば、画像が、小さい領域30を表すために「ズームイン」すると、表示画素の格子20は、目的の領域のズーム領域30内の点のみに対応することになる。しかしながら、どのズームレベルでも、所与の画像画素によって表されるROI点の物理的な位置を高精度で（プローブに対して）決定することができる。

10

#### 【0108】

一部の実施態様では、ビーム形成中に使用される音速値は、それぞれが既知の平均音速を有する多数の異なる物質を通る平均音速の計算に基づいても良い。例えば、人間の患者を画像化する場合は、超音波は、多数の異なる組織型を通り、該組織型から反射され得る。各組織型は、典型的には、僅かに異なる基本音速を有する。送信トランスデューサ素子と反射体との間及び該反射体と受信トランスデューサ素子との間を通る所与の音波が通過する全ての組織のおよその寸法を決定することにより、完全な音波経路に対する平均音速を計算することができる。一部の実施態様では、それぞれの物質に特有の音速値が画像平面の物質の厚さに比例する重み付け係数によって重み付けされる加重平均を使用することができる。一部の実施態様では、このような計算を行うことにより、一般的な平均音速値を使用して得られる結果と比較してビーム形成の質の結果を改善することができる、ビーム形成プロセス中に使用されるより正確な平均音速値を得ることができる。

20

#### 【0109】

一部の実施態様では、コンピュータ自動検出技術（例えば、様々な発見的モデル）を使用して、組織（複数可）の形状、位置、反射性、又は他の特性などの情報に基づいて、患者の1つ以上の組織型を自動的に識別することができる。あるいは、使用者は、該使用者自身の専門知識に基づいて、適切なユーザーインターフェイスの使用によって（例えば、仮定の音速値を用いるビーム形成によって得られる超音波画像における器官を線で囲むことによって）組織を識別することができる。

30

#### 【0110】

他の実施態様では、このような技術は、非医療イメージングの文脈、例えば、工業用非破壊試験に使用することができる。このような実施態様では、画像化される物体の寸法、構造、及び物質は、実質的に既知であり得る。従って、平均音速値は、物体の既知の構造及び該物体に対するトランスデューサの既知の位置に基づいて計算することができる。

40

#### 【0111】

##### 重み付け係数の導入

本明細書で説明される様々な実施態様のいずれでも、重み付け係数を、アナログエコー信号の受信から画像層の組み合わせによって最終画像フレームを形成する画像形成プロセス中に任意の適切な時点で適用することができる。例えば、一部の実施態様では、一部の重み付けは、アナログエコー信号がAFE（図1Bの212）によって受信されるとき、エコー信号のA/D変換器（図1Bの214）によるアナログデジタル変換の際、ビーム形成モジュール（図1Bの232）によって行われるビーム形成の際、又は画像層組み合わせモジュール（図1Bの234）によって行われる画像層の組み合わせの際に1つ以上のトランスデューサ素子から受信される信号に適用することができる。

#### 【0112】

50

一部の実施態様では、各画素が受信エコーから形成されるため、重み付け係数を、個々の画素値に対応する重み付け係数を乗じることによってビーム形成中に適用することができる。あるいは、例えば、重み付け係数が、識別された送信トランスデューサ素子又は受信トランスデューサ素子に関連する全ての画素に適用される場合は、1つの重み付け係数を、ビーム形成中に全画像の全ての画素に適用することができる。ビーム形成中の重み付け係数の適用は、殆どの基本画像層を重み付け係数を用いて改善できることを意味する。場合によっては、ビーム形成中の重み付け係数の適用は、後の画像層組み合わせプロセスで重み付け係数を適用するよりも計算集約的であり得るが、このような低レベルの画像層は、より初期の情報を保持し得る。一部の実施態様では、計算集約型は、特定のシステム用いる結果を最大にするために、画質に対してバランスを取る必要があり得る。 10

#### 【0113】

上記説明された3つのレベルのいずれの画像層の組み合わせの前にも、全ての画像層に、1つ以上の重み付けマスクを適用して、画像層の全体又は一部のみの最終組み合わせ画像への寄与を増減することによって調整することができる。一部の実施態様では、重み付けマスクの適用後及び/又は画像層の組み合わせ後に、最終画像（例えば、第3のレベルの画像）の全領域が一定の平均強度を有するようにするために、正規化ステップを適用することができる。

#### 【0114】

どのROI点及び対応する画素に対しても、一部のビューは、高品質の画像データを提供し、他のビューは、低品質のデータを画素に与え得る。一部の実施態様では、1つ以上の重み付け係数を使用して、表示された画素に対する高品質のビューの効果を増加させ、かつ/又は表示された画素に対する低品質のビューの影響を低減することができる。例えば、画像処理中に、任意の画素 $I_p$ の強度量を、寄与する各画像層からの画素強度値を1つ以上の対応する重み付け係数を乗じて、この積を加算することによって得ることができる。例えば、 $I_p = w * I_v$ 。式中、 $w$ は、重み付け係数であり、 $I_v$ は、特定のビュー（ $v$ ）によって得られる強度である。このような個々の重み付け係数を組み合わせて、画像層全体に適用されるマスクにする。 20

#### 【0115】

一部の実施態様では、重み付け係数は、画素とビューとの組み合わせ、ROI点とビューとの組み合わせ、送信開口と画素もしくはROI点との組み合わせ、又は受信開口（もしくは受信素子）と画素もしくはROI点との組み合わせの所与のセットに対して予め計算することができる。このような事前に計算された重み付け係数は、後の取り出しのために、例えば、イメージング中のテーブルルックアップ作業によって保存することができる。他の実施態様では、重み付け係数は、計算しても良いし、又はイメージング中に「その場で」決定しても良い。一部の実施態様では、それぞれのユニークな画素とビューとの対（及び/又はROI点とビューとの対）に対して異なる重み付け係数を得ることができる。一部の実施態様では、所与の画素/ROI点に関するビューによって提供される画像データの質を、複数の因子に関して評価することができ、この複数の因子の2つの例として、信号対雑音（S/N）比及び点広がり関数（PSF）が挙げられる。 30

#### 【0116】

##### S/N比に基づいた重み付け係数

本明細書で使用されるS/N比は、超音波信号が画像化される媒体を通過するときの該超音波信号の減衰の関数である。従って、一部の実施態様では、信号対雑音比S/Nは、経路長の関数として推定することができる。経路長とは、送信開口からROI点、そして該ROI点から受信開口までの総距離のことである。一般に、超音波信号は、媒体を通る各単位長さに対してほぼ一定の率で減衰する。減衰率は、当業者に十分理解されており、画像化する媒体、超音波周波数、送信素子及び受信素子の両方の表面と信号経路との間の角度、並びに他の因子の関数であり得る。 40

#### 【0117】

従って、その他は全て等しく、素子に近い物体からのエコーは、素子から遠く離れた物 50

体からのエコーよりも強い傾向にあり、優れた信号対雑音比を有する。従って、一部の実施態様では、送信開口及び/又は受信開口と表示画素に対応するROI点との間の総距離を決定することができ、重み付け係数の表も、このような総距離の関数として計算することができる。例えば、図4は、表示される画素に適用することができるS/N重み付け係数40（垂直軸）と総経路長42（水平軸）との間の関係の例を例示している。例えば、一部の実施態様では、S/N重み付け係数40は、経路長の関数として線形44に変化し得る。他の実施態様では、S/N重み付け係数40は、経路長42の関数として指數関数的46かつ幾何学的に、又は任意の他の伝達関数曲線、例えば、放物線関数、正規分布、対数正規分布、ガウス分布、カイザー・ベッセル分布などに従って変化し得る。一部の実施態様では、総経路距離と所望のS/N重み付け係数との間の関係は、1つ以上の伝達関数を用いて予め計算することができ、かつ、イメージング中にイメージングシステムが実質的に計算を行わなくても決定された経路長に基づいて重み付け係数をルックアップテーブルから調べることができるよう10に、該ルックアップテーブルに保存することができる。

#### 【0118】

一部の実施態様では、経路長は、ビューとROI点との各組み合わせに対して予め計算することができる。次いで、このような経路長及び/又は所望の重み付け係数を、イメージング中に重み付け係数を得るためにアクセスすることができるルックアップテーブルに保存することができる。他の実施態様では、経路長を、画像化される媒体の仮定の音速を用いて、ピングの送信とエコーの受信との間の時間遅延に基づいて推定又は計算することができる。従って、一部の実施態様では、重み付け係数は、ビーム形成中に決定される時間20遅延に基づいて動的に決定することができる。

#### 【0119】

##### 点広がりに基づいた重み付け係数

他の実施態様では、重み付け係数を使用して、イメージングシステムの全体の点広がり関数（又はインパルス応答）を改善することができる。点広がり関数（PSF）は、超音波イメージングの分野の技術者には周知である。PSFは、音、光、又は他の電磁放射線にかかわらず、任意のイメージングシステムの一般化「インパルス応答」である。言い換えれば、任意のイメージングシステムの性能指数は、検査フィールドの「点」（インパルス）が成分（画像層）及び/又は最終画像で不鮮明である程度である。ここでの説明のために、点広がりは、イメージングシステムが、点として現れるべき物体の表現を「不鮮明にする」又は「広げる」程度を指す。任意のROI点（又は表示される画素）の点広がり関数は、所与のROI点に対する送信角及び/又は受信角の関数として決定することができる。点広がりに影響を与える他の因子として、ROI点の深度、コヒーレンスの程度、総開口幅、個々の開口幅、超音波の周波数、及び他の因子を挙げることができる。30

#### 【0120】

超音波トランステューサ素子は、一般に、該素子の表面に対して垂直な方向（即ち、図5の線50に沿った）での超音波信号の送信及び受信が最も効果的である。トランステューサ素子の感度は、送信又は受信の角 $\theta$ が増大すると低下する傾向にある。ある角 $\theta$ では、素子から得られる画像データは、信号強度が弱すぎて有効ではない、かつ/又は有用な画像データを提供するには雑音もしくは点広がりが大きすぎる可能性がある。これは、送信角及び受信角の両方に当てはまる（送信角及び受信角は、本明細書では、総称して「ルック角（look angle）」と呼ばれることがある）。結果として、一部の実施態様では、所与の画素に対して、特定の送信開口、特定の受信開口、又は特定のビュー（即ち、送信開口と受信開口との特定の組み合わせ）からのデータは、該画素の画像を形成するのに有用であり得るが、該画素の画像に寄与し得る他の開口又はビューからのデータほど有用でないことが分かった。このような場合、小数の重み付け係数を、画像又は画像の1つ以上の画素へのその全寄与を低減するために、このような低品質の画像データに適用することができる。他の実施態様では、整数の重み付け係数を使用することもできる。40

#### 【0121】

場合によっては、送信角及び/又は受信角の理想の範囲は、因子、例えば、トランステ

10

20

30

40

50

ユーザアレイの材料、トランスデューサ素子のサイズもしくは形状、製造方法、素子の切断形状、アレイの寿命、送信される超音波周波数、超音波信号の送信中に加えられる電圧もしくは電力、又は他の因子によって決まり得る。場合によっては、重み付け係数は、送信角又は受信角が特定の閾値を超えているか否かに基づいて適用することができる。例えば、一部の実施態様では、超音波信号が、特定の閾値よりも大きい角で送信又は受信される場合、信号出力は、送信機からROI点、そして受信機に戻るまでのたとえ比較的短い総距離であっても、該信号がランダムノイズによって打ち消される点まで急激に低下し得る。このような場合、経路長減衰によるs/n比は非常に高いであろうが、閾値を超える送信角又は受信角でのトランスデューサの寄与によるs/n比は非常に低いであろう。一部の実施態様では、このような閾値角の値は、特定のトランスデューサのタイプについての実験によって決定することができる。他の実施態様では、閾値角の値は、1つ以上の動作パラメータ、例えば、送信周波数、送信出力、送信パルス形状、又は他の因子に部分的にに基づいて選択することができる。一部の実施態様では、一部のトランスデューサは、約60度、約75度、又は約80度の閾値角を有し得る。他のトランスデューサは、質の高い又は低い閾値角を有し得る。

#### 【0122】

一部の実施態様では、重み付け係数は、所与のROI点に対する送信角又は受信角が閾値を超えているか否かに基づいて2進法で適用することができる。例えば、一部の実施態様では、「1」の重み付け係数を、角<sub>TX</sub>もしくはRXが閾値角以下であるROI点とトランスデューサ素子との全ての組み合わせに使用することができ、「0」の重み付け係数は、角<sub>TX</sub>が閾値を超えるあらゆる組み合わせに使用することができる。他の実施態様では、このような影響は、角<sub>TX</sub>に比例する重み付け係数を用いて和らげることができる。他の実施態様では、このようなアプローチの組み合わせは、例えば、以下により詳細に説明される伝達関数を使用することによって使用することができる。

#### 【0123】

図6は、画素「A」に対する2つの送信角を例示している。例示されている例では、第1の送信角<sub>T1</sub>は、送信開口Ljと点「A」との間に示されている。第2の送信角<sub>T2</sub>は、送信開口Ljと点「A」との間に示されている。図示されているように、第1の送信角<sub>T1</sub>は、第2の送信角<sub>T2</sub>よりも相当大きい。送信角におけるこの差異の結果として、送信開口Lnからのピングによって形成される点「A」の画像は、送信角<sub>T2</sub>が送信角<sub>T1</sub>よりも小さいため、送信開口Ljからのピングによって形成される点「A」の画像よりも高品質となる。従って、この例を使用する一部の実施態様では、送信開口Lnからのピングによって形成される画像層は、開口Ljからのピングによって形成される画像層よりも大きい重み付け係数を点「A」に対して有し得る。一部の実施態様では、このような重み付け係数の実際の値及び相対値は、送信機能に基づいた適切な送信角の関数として決定することができる（この例は以下に説明される）。一部の実施態様では、送信角は、送信開口の中心に対して測定することができる。

#### 【0124】

同様の方式で、多数開口イメージングシステムの一部の実施態様は、受信角に基づいて重み付け係数を適用することができる。図7は、点「A」の反射体のエコーを受信する2つの異なる受信角を例示している。第1の受信角<sub>R1</sub>は、左トランスデューサアレイ12の素子と点「A」との間に示され、第2の受信角<sub>R2</sub>は、点「A」と中心トランスデューサアレイ17の素子との間に示されている。図示されているように、第1の受信角<sub>R1</sub>は、第2の受信角<sub>R2</sub>よりも相当小さい。受信角におけるこの差異の結果として、左受信開口13で受信されるエコーによって形成される点「A」の画像は、受信角<sub>R1</sub>が受信角<sub>R2</sub>よりも小さいため、中心受信開口17で受信されるエコーによって形成される点「A」の画像よりも高品質となる。

#### 【0125】

例示されている実施態様では、各受信開口は、複数の受信素子を備える相当な幅を有する。従って、例えば、点「A」と中心受信開口17の左端縁にある受信素子との間の受信角

10

20

30

40

50

は、同じ中心受信開口17の右端縁にある受信素子と点「A」との間の受信角よりも小さくなる。従って、一部の実施態様では、重み付け係数を受信角に基づいて決定する場合、受信角は、所与のROI点と受信開口の中心との間の角度として定義することができる。他の実施態様では、受信角は、開口内のトランステューサ素子の群で生じる最大受信角として定義することができる。同様に、これらの方はいずれも、2つ以上の送信トランステューサ素子を備える送信開口の送信角の選択にも使用することができる。

#### 【0126】

他の実施態様では、重み付け係数は、送信開口と受信開口との組み合わせ（即ち、「ビュー」）の補正に使用することができる。寄与が不十分なビューの影響を、いくつかの方法で軽減することができる。場合によっては、寄与が不十分なビューは、特定のビューから受信されるエコーデータを無視することによって、例えば、0の重み付け係数を使用することによって完全に排除することができる。例えば、一部の実施態様では、送信開口Ckと右受信開口15によって定義されるビュー（例えば、図3に示されている）は、Ck送信開口によって送信されるピングからの、右受信開口15によって受信されるエコーデータを使用しないことによって単純に無視することができる。あるいは、送信開口Ckに関連する全てのビューを無視するべきであると決定されたら、システムは、送信開口を循環する際に送信開口Ckを単純にスキップすることができる。あるいは、開口Ckによって送信されるピングからの、受信される全てのエコーデータは、0（又はほぼ0）の重み付け係数を受け取ることができる。

#### 【0127】

一部の実施態様では、送信角及び/又は受信角は、各ROI点に対して事前に決定することができ、このようなルックアップ角（lookup angle）は、メモリ装置に保存することができる。ズームのレベルが選択されたら、イメージングシステムは、画像画素に対応するROI点を確認し、次いで、対応する送信角又は受信角を決定することができる。特定の第1のレベルの画像層における所与のROI点に対する送信角又は受信角が分かったら、重み付け係数を、最終画素値に対する所与のビューの影響を増減するために、送信角及び受信角の一方又は両方の関数として決定することができる。

#### 【0128】

図8は、ビューとROI点との任意の組み合わせに対する特定のルック角62（送信角、受信角、又はこれらの2つのうちの最大のいずれか）に基づいた重み付け係数60（垂直軸）の決定に使用することができる伝達関数の例を例示している。ルック角62と重み付け係数60との間の関係は、様々なパターンのいずれにも該当し得る。一部の実施態様では、1つ以上の段階関数（例えば、閾値角で重みが段階的に増減する関数）を使用することができる。例えば、図8の曲線64に示されているように、重み付け係数は、ルック角の単調関数とすることができる、この場合、少なくとも1つのルック角が閾値角（例えば、例示されている例では約60度又は $\pi/3$ ラジアン）よりも大きい任意の画素とビューとの対に0の重み付け係数が与えることができる一方、両方のルック角が閾値角よりも小さい全ての画素とビューとの対は、1の重み有することができる。他の実施態様では、重み付け係数60は、ルック角の線形関数66であり、絶対ルック角62が増大するにつれて0から1に変化する。他の実施態様では、曲線65に示されているように、伝達関数は、閾値角（例えば、例示されている例では60度）以下の全てのルック角に対して1の重み付け係数を指定することができる、そして重み付け係数は、閾値角よりも大きいルック角に対して1から0に線形に変化し得る。さらなる実施態様では、重み付け係数は、指数関数的に、幾何学的に、又は限定されるものではないが、放物線関数、正規分布（例えば、曲線68に示されている）、対数正規分布、ガウス分布、カイザー・ベッセル分布などを含む任意の他の伝達関数曲線に従って変化し得る。一部の実施態様では、超音波イメージング制御システムは、使用者が手動で、又はイメージングシステムによって自動的に選択することができる複数の選択可能なルック角と重み付け係数の伝達関数を含むように構成することができる。

#### 【0129】

一部の実施態様では、このような伝達関数は、ルックアップテーブルを用いて実行する

10

20

30

40

50

ことができる。例えば、ルックアップテーブルは、選択された伝達関数を用いて作成することができ、重み付け係数は、適切な入力変数（例えば、TX角、RX角、経路長、又は時間遅延）のいくつかの可能な離散値に対して計算することができる。次いで、イメージング中に、イメージング制御システムが、入力変数量を単純に決定することができ、ルックアップテーブルの最も近い（又は補間）結果値に基づいて重み付け係数値を調べることができる。

#### 【0130】

一部の他の実施態様では、送信角及び/又は受信角から重み付け係数を決定するのではなく、各ビューによる画像画素に対応する任意のROI点の点広がりを、モデル化によって推定する、又はファントムを用いて経験的に決定することができる。一部の実施態様では、各ビューを、該各ビューが画質を改善する、又は画質を劣化させるかを決定するために所与の画素について試験することができる。各ビュー及び各画素位置についてこのプロセスを繰り返して、重み付け係数の表を作成することができる。例えば、図3を参照すると、画素「A」は、送信開口Lnから第1のピングを送信して中心受信開口17でエコーを受信し、そして送信開口Ljから第2のピングを送信して中心受信開口17でエコーを受信することによって試験することができる。次いで、2つのビューの結果を比較して、どちらのビューが画素Aの形成により高品質のデータを提供するかを決定することができる。一部の実施態様では、このような試験法は、所与のイメージングシステム及び所与の多数開口プローブの条件のモデル化によって自動的に行うことができる。

#### 【0131】

一部の実施態様では、ルックアップテーブルは、各画素に対する各ビューの試験結果を表すように作成することができる。例えば、ルックアップテーブルは、画素とビューとのユニークな各組み合わせ（本明細書では、画素とビューとの対と呼ばれる）に対する重み付け値を含み得る。一部の実施態様では、このような重み付け値は、各ビューからのデータが画素に寄与するか、又は無視されるように2値とすることができる。他の実施態様では、重み付け値は、各ビューが重み付け係数に比例して画素に寄与するように小数値としても良い（例えば、各ビューに必要なデータの0%～100%が所与の画素の表示値に寄与し得る）。一部の実施態様では、このような小数の重み付け係数は、予想される点広がりの程度に関連した任意の適切な変数に基づいた伝達関数を用いることによって決定することができる。

#### 【0132】

画素とビューとの各対に対する重み付け値のルックアップテーブルの維持における1つの課題は、超音波照射領域の異なる部分を表示するために画像を「ズーム」又は「パン」するときに、画素とビューとの関係が変化することである。例えば、画素格子20が、完全な超音波照射領域であり、そして超音波照射領域の特定の領域30に使用者が「ズームイン」したと仮定すると、ズームされた領域30内の情報が拡大されて、全表示画素格子20を占めることになる。この場合、表示される画素に対応するROI点は、完全にズームアウトされた画像と比較すると、プローブの送信開口及び受信開口に対して相当異なることになる。結果として、新たな各画素に対する各ビューの寄与は、元の「ズームされていない」画像での寄与とは相当異なり得る。例えば、選択されたズーム領域が、十分に小さくてプローブから十分に離れている場合は、重み付けマスクのどの値も、単純に1とすることができます。

#### 【0133】

一部の実施態様では、この課題は、複数の離散ズームレベル又はパン位置に対する画素とビューの重み付け値の計算及び保存によって対処することができる。このような実施態様では、それぞれの事前計算ズームレベルに対して別々の重み付け値表が必要であろう。一部の実施態様では、事前計算ズームレベル間でのズームレベルについての重み付け値は、補間でき、又は最も近いテーブルを使用できる。他の実施態様では、重み付け係数は、測定可能又は検出可能な可変量、例えば、上記説明された送信角又は受信角に基づいて重み付け係数を決定する伝達関数を用いてその場で決定することができる。

10

20

30

40

50

## 【0134】

## 重み付け係数の組み合わせ

一部の実施態様では、S/N重み付け係数を、点広がり重み付け係数、ルック角閾値重み付け係数、送信周波数重み付け係数、及び/又は任意の他のタイプの重み付け係数と組み合わせることができる。一部の実施態様では、多数の異なる重み付け係数を、単純算術平均によって組み合わせることができる。他の実施態様では、加重算術平均を使用して、1つのタイプの重み付け係数の1つ以上の他のタイプの重み付け係数に対する相対的な影響を増減することができる。上記説明されたように、任意の画素 $I_p$ の強度量は、 $I_p = w^* I_v$ によって得ることができる。式中、 $w$ は、重み付け係数であり、 $I_v$ は、特定のビュー( $v$ )によって得られる強度である。従って、一部の実施態様では、重み付け係数「 $w$ 」は、 $w = Aw_1 + Bw_2$ によって決定することができる。式中、 $A$ 及び $B$ は、加重平均係数であり、 $w_1$ 及び $w_2$ は、異なるタイプの重み付け係数である。例えば、係数 $A$ 及び $B$ が共に0.5である場合は、等しい重みが、重み付け係数 $w_1$ 及び $w_2$ に与えられることになる。他方、例えば、 $A$ が0.75で $B$ が0.25である場合は、 $w_1$ は、 $w_2$ の3倍の重みとなる。さらなる実施態様では、多数のタイプの重み付け係数は、因子、例えば、重み付け係数のタイプ、画素の位置、又は他の因子に基づき得るより複雑な正規化アルゴリズムによって組み合わせることができる。任意の他の組み合わせ又は正規化アルゴリズムも使用することができる。重み付け係数を組み合わせる上記の任意のアプローチを、重み付け係数の画素専用の表、アレイ専用の表、又はスカラー重み付け係数に適用することができる。

## 【0135】

10

他の実施態様では、共通の重み付け係数を、1つ以上の第1のレベルの画像層の全て又は任意の一部に適用することができる。例えば、所与の送信開口が低品質のイメージングデータを供給すると決定された場合は、全ての画素が、該送信開口から得られるデータ含む全てのビュー又は画像層に対して0の重み付け係数を有し得る。

## 【0136】

20

一部の実施態様では、超音波イメージングシステムは、開口による重み付け係数の手動又は自動調整を可能にする構成された手動又は自動制御装置を備えることができる。例えば、一部の実施態様では、超音波イメージングシステムは、スライダ(又は他の物理的もしくは仮想制御装置)のアレイを備えることができ、各送信開口に1つのスライダが設けられる。このようなスライダの調整は、全てのビューの特定の送信開口に対する重み付け係数を増減することができる。同様に、このような制御装置は、各受信開口に設けることができる。例えば、目的の領域を画像化している間、使用者が十分又は最適な画像が得られたと判断するまで所与の開口の表示される画像に対する寄与を増減するために、該使用者は、該開口の制御装置を調整することができる。

30

## 【0137】

さらなる実施態様では、多数開口イメージングシステムは、所望の画質測定基準が最適になるまで個々の送信開口もしくは素子及び/又は受信開口もしくは素子の重み付け係数を自動的に増減する構成することができる。一部の実施態様では、重み付け係数を調整することによって最適化することができる画質測定基準は、画像鮮鋭度、コントラスト、ダイナミックレンジ、点広がり、又は他の測定基準を含み得る。一部の実施態様では、最適化は、選択された画質の変数を最大にする重み付け係数の群を識別することを含み得る。他の実施態様では、最適化は、選択された画質の変数を最小にする重み付け係数の群を識別することを含み得る。なお他の実施態様では、最適化は、さらなる制約の範囲内のまま、画質の変数の群を最大又は最小にすることを含み得る。様々な実施態様では、重み付け係数をトランスデューサ素子(又は開口)の群に適用する場合は、1つのスカラーを、保存して重み付け係数の表に適用するのではなく、保存して全ての関連する画素に適用することができる。

40

## 【0138】

## 多数のピング周波数の送信

他の実施態様では、通常なら一部の送信素子又は受信素子に最終画像に歪みの影響を与

50

え得る他の因子の影響を正規化するために重み付け係数を作成することができる。例えば、場合によっては、超音波プローブは、他の送信（及び/又は受信）トランステューサ素子と比較して、異なる出力レベル、異なる基本周波数、異なるパルス形状、及び/又は異なるパルス長で超音波信号を送信するように構成された1つ以上の送信トランステューサ素子を備えることができる。このような場合、超音波プローブは、このようなトランステューサ素子からのエコーの最終組み合わせ画像に対する相対的な寄与を増減することが望ましいであろう。前の実施態様と同様に、このような送信素子及び/又は受信素子は、手動制御装置又は自動アルゴリズムに従って個々に又は群で重みを付けることができる。このような追加の重み付け係数は、上記説明された他のタイプの重み付け係数と組み合わせることもできる。

10

#### 【0139】

例えば、当業者に通常理解されるように、高周波数パルスは、高品質の画像を形成することができるが、体内の深くに到達することができない。他方、低周波数パルスは、深くまで達することができ、従って、高品質の深い組織の画像を形成することができるが、高周波数パルスと比較すると低品質の浅い組織の画像を形成する傾向にある。従って、一部の実施態様では、超音波イメージングシステムを、低周波数パルスを送受信して、画像フレームの深い領域を画像化するように構成することができる。同じシステムを、高周波数パルスを送受信して、画像フレームの比較的浅い領域を画像化するように構成することもできる。このようなシステムでは、低周波数画像層を高周波数画像層と組み合わせて、組み合わせ画像の全ての領域の質を改善することができる。一部の実施態様では、重み付け係数を使用して、低周波数画像層の深い領域の寄与を増加させ、高周波数画像層の浅い領域の寄与を増加させ、かつ深い領域と浅い領域との間の移行部をスムーズにすることができます。

20

#### 【0140】

同様の方式で、さらなる実施態様は、送信信号を調整して（例えば、送信パルスの周波数、形状、時間の長さなどを調整することによって）画像フレームの1つ以上の選択された領域を最適化するように構成することができ、得られる領域的に最適化された画像層を、異なる領域を最適化することができる他の画像層と組み合わせることができる。他の例では、領域的に最適化された画像層は、領域的に最適化されていない画像層と組みわせることができる。一部の実施態様では、重み付け係数を使用して、移行部をスムーズにする、又は他の方法で組み合わせ画像の質を改善することができる。例えば、重み付け係数を使用して、画像の最適化領域内の画素の寄与を増加させると共に、非最適化画像領域の寄与を減少させる。さらなる実施態様では、重み付け係数を使用して、ある画像層の最適化領域と他の画像層の隣接領域との間の移行部をスムーズにすることができます。

30

#### 【0141】

一部の実施態様では、任意の重み付けマスクを適用した後及び/又は画像層を組み合わせた後に、最終画像（例えば、第3のレベルの画像）の全ての領域が一定の平均強度を有するようにするために、正規化ステップを適用することができる。例えば、画素の強度を正規化しないと、最終画像の側面領域及び/又は角領域が、重み付け係数の適用により、画像の中心領域よりも相当暗くなり得る。従って、より一定の画像を提供するために、全画像における全ての画素の強度レベルを正規化して所望の範囲内に収めることができる。一部の実施態様では、このような正規化は、標準的な超音波イメージングシステムの側面利得制御（lateral gain control）によって利用される技術と同様の技術によって達成することができ、これにより、画像の側面縁における通常なら比較的「薄暗い」画素が明るくなる。

40

#### 【0142】

障害物を回避するための重み付け係数

図9は、多数開口プローブ11の一部の送信トランステューサが障害物70によって部分的に又は完全に妨げられている超音波イメージングのシナリオを例示している。一部の実施態様では、障害物70は、人間又は動物対象の肋骨又は他の骨であり得る。他の実施態様で

50

は、障害物は、画像化される周囲の物質よりも非常に速い又は非常に遅い固有の音速を有する物質であり得る。例えば、骨は、組織よりも速い固有の音速を有し、そして空気で満たされた器官、例えば、肺は、典型的には周囲組織よりも大幅に遅い音速を有する。あるいは、所望の画像と干渉する任意の他の構造は、障害物と解釈することができる。多数開口超音波イメージングシステムは、図9のシナリオで、変更されていない多数開口イメージング技術を用いて画像を形成することができるが、硬い障害物は、該障害物に向かって送信される超音波エネルギーの実質的に全てを反響させるため、障害物は、典型的には、近いフィールドに明るい「ハロー」効果をもたらし、かつ該障害物の先に影を生じさせる。対照的に、単一開口（及び特にフェーズドアレイ）イメージングシステムでは、いかなる障害物も、該障害物の先の画像データの相当な部分を完全に覆い隠す傾向にあり、覆い隠された領域に対する画像データのセットが0になる。従って、一部の実施態様では、障害物によって完全に又は部分的に妨げられている送信開口からの送信ピングの影響を無視又は軽減することが望ましいであろう。一部の実施態様では、障害物の妨害の程度を決定し、そして重み付け係数を、該妨害の程度の関数として選択することができる。10

#### 【0143】

一例として、障害物、例えば、肋骨の後の組織を画像化しようとする場合、ピング技術を用いるイメージングシステムは、深い組織から得られる信号を利用し、かつ妨害された信号をかなりの程度無視できるように構成することができる。しかしながら、ビームフォーマーが、妨害された送信の後に受信する信号を含む場合は、チャネル雑音が、典型的には画像に加算される。このため、妨害された送信機を検出して、殆どが雑音である対応する受信信号を使用しないようにするのが望ましい。20

#### 【0144】

一部の実施態様では、試行錯誤のプロセスを用いて、障害物によって妨げられていない送信開口を識別することができる。一部の実施態様では、所与の送信開口を、該送信開口からピングを送信して、1つ以上の受信開口で戻りエコーを聞くことによって試験することができる。比較的長い時間遅延の後に起こる、ある特定の閾値を超える大きさの受信エコーは、超音波信号が目的の領域内で相当な深度に達することを示すことができ、従って、該試験送信開口は、妨害障害物の影響を本質的に受けないと見なすことができる。一部の実施態様では、深いエコーを全く戻さない送信開口は、障害物によって完全に妨害されていると解釈することができる。しかしながら、これは、不完全な方法である。なぜなら、深いエコーの欠如は、解剖学的かつ音響的に非常に均一な物質、又は試験深度で有意な反射体を単純に全く含まないある種の他の物質も示唆し得るためである。30

#### 【0145】

他の実施態様では、妨害されていない送信開口を識別しようとするのではなく、妨害されている送信開口を直接識別するのが好ましいであろう。一部の実施態様では、送信開口は、ピングを送信して、例えば、皮膚表面又はそのすぐ上で発生すると予想される強いエコーによって生じる潜在的な疑陽性結果を排除する一時的なゲーティング機構又はウィンドウ機構を用いて近いフィールドの戻りエコーを評価することによって妨害について試験することができる。これは、トランスデューサとレンズとの境界面、レンズとゲルとの境界面、及びゲルと皮膚との境界面から受信される可能性が高い強いエコーが、妨害障害物として誤って解釈されないようにすることが重要であろう。従って、試験深度を、検査される戻りエコーの一時的な「開始点」を設定することによって制限することができ、そしてウィンドウの開始の前に到達するサンプルは、安全に無視することができる境界面エコーである可能性が高い。同様に、強い戻りエコーの一時的な「終点」を、目的の領域の下の深い構造が妨害障害物として分類されないように設定することができ；検出される全てのこののようなエコーも無視することができる。試験ピングから受信されるエコーが、適切に定義されたゲート又はウィンドウ内で発生する時間遅延を有する相当強いエコーである場合、硬い妨害障害物が、プローブと目的の領域との間に存在する可能性が高く、試験送信開口を、この障害物によって妨害される可能性があるとして分類することができる。試験ピングが、適切に定義された試験深度内で相当強いエコーを全く戻さない場合は、その4050

送信開口は、妨害障害物の影響を受けないと見なすことができる。一部の実施態様では、妨害の程度又は範囲は、多数の送信開口で発生する強力な浅いエコー及び深いエコーのパターンを解析することによって評価することができる。

#### 【 0 1 4 6 】

一部の実施態様では、障害物が予想される試験深度は、検査する体又は物体のばらつきによって異なり得る。例えば、肋骨の上の平らな層の厚さの患者間の相当なばらつきにより、イメージングシステムが障害物を識別するためにエコーを評価することができる試験深度に著しいばらつきが起こり得る。一部の実施態様では、可変ウィンドウ/深度制御装置を設けて、障害物を識別するための評価深度の手動又は自動調整を可能にすることができます。例えば、一部の実施態様では、試験深度制御装置は、プローブの下1mm～1cm（又はそれ以上）の深度でエコーを評価するように設定することができる。障害物の存在を示す強いエコーを戻す深度範囲を求めるために、このような制御装置を調整して、様々な深度でエコーを評価することができる。一部の実施態様では、このような試験ウィンドウの幅は、様々な深度でエコーを探しているときに一定に維持することができる。一部の実施態様では、システムが障害物を探すことができる深度範囲は、自動的に決定することができる。このような実施態様では、プローブを、既知の（又は予想される）障害物の上に配置することができ、そして、イメージング制御システムがピングを送信して特定の深度範囲内の強いエコーを「聞く」プロセスを開始することができる。

10

#### 【 0 1 4 7 】

一部の実施態様では、各送信開口が障害物によって妨げられる程度に基づいて、重み付け係数を送信開口に適用することができる。例えば、障害物によって完全に妨げられる送信開口は、0（又はほぼ0に近い値）の重み付け係数を受け取ることができる。全く影響を受けていない（即ち、障害物によって全く妨げられていない）送信開口は、1の（又はほぼ1に近い）重み付け係数を有し得る。一部の実施態様では、部分的に又は完全に妨害された送信開口は、全ての受信開口に適用される重み付け係数を有し得る。他の実施態様では、部分的に又は完全に妨害された送信開口は、一部の受信開口のみに適用される重み付け係数を有し得る。なお他の実施態様では、重み付け係数は、ROI点の位置に基づいて適用することができ、例えば、妨害障害物の下の（即ち、該障害物によって妨害されている）領域に対して該障害物の上の浅いROI領域に様々な重みを適用することができる。例えば、障害物の上のROI点は、約1の重み付け係数を受け取ることができ、一方、障害物の下のROI点は、約0の重みを受け取ることができる。

20

#### 【 0 1 4 8 】

一部の実施態様では、部分的にしか妨げられていない送信開口は、妨害の程度に比例して0～1の重み付け係数を有し得る。図9を参照すると、送信開口Ljは、該開口Ljによって送信されるエネルギーのほぼすべてが障害物70によって反射されることになるため、該障害物70によって完全に妨害されると解釈することができる。しかしながら、開口Lkは、障害物70によって部分的にしか妨害されておらず、該開口Lkによって送信されるエネルギーの相当な量が目的の領域を通過し、少なくとも中心開口17及び右受信開口15に反射されることになる。送信開口Lnは、一部の超音波エネルギーが障害物70の付近の目的の領域をなお通過するため、該障害物70によって部分的に妨害される。一部の実施態様では、重み付け係数は、検出された障害物の領域の画質を改善するために、送信開口のみに適用することができる。例えば、図9に例示されている状態では、全ての画像画素の重み付け係数は、次のようにすることができる：

30

#### 【 0 1 4 9 】

表1：妨害されたTX開口の重み付け係数

40

【表1】

	RX 左
TX Ln	0.3
TX Lj	0
TX Lk	.5
TX Cn	1
TX Cj	1
TX Ck	1
TX Rn	1
TX Rj	1
TX Rk	1

10

## 【0150】

他の実施態様では、個々の送信開口及び個々の受信開口は共に、検出された障害物に対処するために重みを付けることができる。例えば、図9に例示されている状態（及びLn、Lj、Lk、Cn、Cj、Ck、Rn、Rj、及びRkを受信素子としても使用できるものとする）では、全ての画像画素の重み付け係数表は、次のようにすることができる：

20

## 【0151】

表2：妨害されたTX開口のTX及びRX重み付け係数

【表2】

	RX Ln	RX Lj	RX Lk	RX Cn	RX Cj	RX Ck	RX Rn	RX Rj	RX Rk
TX Ln	0.3	0.0	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
TX Lj	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TX Lk	0.4	0.0	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
TX Cn	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Cj	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Ck	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Rn	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Rj	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Rk	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1

30

## 【0152】

一部の実施態様では、一般的な平滑化関数を、特定のタイプの障害物の予想されるジオメトリに基づいて適用することができる。例えば、予想される障害物が肋骨であることが分かっている場合は、検出される障害物のジオメトリ、例えば、予想される肋骨のサイズの範囲、肋骨間の間隔、肋骨を見つけることができる深度範囲に関して一定の仮定を行うことができる。一部の実施態様では、このような情報を使用して測定誤差を補正することができる。例えば、表面上は妨害されていない送信開口が2つ以上の近接した妨害された開口間に位置するという示唆は、誤りと安全に解釈することができる。結果として、表面上は妨害されていない送信開口は、無視することができ、「妨害されている」として取り扱うことができる。同様に、肋骨間の間隔が、既知の範囲内に収まると仮定すると、妨害

40

50

された送信開口が2つ以上の近接した影響を受けていない開口間に位置するという示唆も、誤りと解釈することができる。

#### 【0153】

他の実施態様では、目的の領域内の障害物のジオメトリについての既知又は仮定の情報を使用して、「妨害された」送信開口と「妨害されていない」送信開口との間の移行部をスムーズにことができる。例えば、Bモードイメージング中に、障害物の縁に位置する送信開口は、場合によっては、超音波信号の屈折及び/又は回折を受け得る。従って、一部の実施態様では、検出された障害物の縁に近接した送信開口には、段階的に0(妨害された開口に対して)から1(全く妨害されていない開口に対して)に増加する重み付け係数を割り当てることができ、従って、障害物にお近接し得る(かつ/又は障害物によって部分的に妨害され得る)送信開口の影響を最小限にする。他の実施態様では、部分的にしか妨害されていない送信開口、又は検出された障害物に近接し過ぎていると決定された送信開口を無視することができる。10

#### 【0154】

一部の実施態様では、Bモード超音波画像の質を改善するのに加えて、「影響を受けていない」送信開口の識別は、多数開口プローブを用いたドップラーイメージング又はエラストグラフィの実施に有利であり得る。ドップラーイメージング及びエラストグラフィの一部の実施態様は、極端に高いフレームレート(例えば、1秒に付き数百又は数千フレーム)で多数の画像を得るために1つの送信開口を利用する。このような実施態様では、上記の方法を使用して、どの検出された障害物によっても全く影響を受けていない1つ以上の適切な送信開口を識別することができる。例えば、2つの隣接した障害物(例えば、2本の隣接する肋骨)が確認された場合、イメージング制御システムは、2つの障害物間にある送信開口を選択することができる。一部の実施態様では、このような選択された送信開口は、両方の検出された障害物から等距離であり得る。20

#### 【0155】

どの前述の実施態様も、任意の所望の構造の多数開口イメージングプローブと組み合わせて使用することができる。多数開口超音波イメージングプローブの例として、現在は米国特許第8,007,439号である2007年10月1日出願の米国特許出願第11/865,501号(名称:「多数の開口を用いて超音波画像を形成する方法及び装置(Method And Apparatus To Produce Ultrasonic Images Using Multiple Apertures)」)；米国特許出願公開第2010/0262013号として公開されている2010年4月14日出願の米国特許出願第12/760,375号(名称:「ユニバーサル多数開口医療用超音波プローブ(Universal Multiple Aperture Medical Ultrasound Probe)」)；米国特許出願公開第2010/0268503号として公開されている2010年4月14日出願の米国特許出願第12/760,327号(名称:「多数開口超音波アレイアライメント取り付け具(Multiple Aperture Ultrasound Array Alignment Fixture)」)；米国特許出願公開第2012/0057428号として公開されている2011年10月21日出願の米国特許出願第13/279,110号(名称:「超音波プローブの校正(Calibration of Ultrasound Probes)」)；米国特許出願公開第2012/0095347号として公開されている2011年10月12日出願の米国特許出願第13/272,098号(名称:「多数開口プローブ内部装置及びケーブルアセンブリ(Multiple Aperture Probe Internal Apparatus and Cable Assemblies)」)；米国特許出願公開第2012/0095343号として公開されている2011年10月12日出願の米国特許出願第13/272,105号(名称:「凹状超音波トランステューサ及び3Dアレイ(Concave Ultrasound Transducers and 3D Arrays)」)；米国特許出願公開第2011/0201933号として公開されている2011年2月17日出願の米国特許出願第13/029,907号(名称:「多数開口超音波イメージングを用いた点源送信及び音速の補正(Point Source Transmission And Speed-Of-Sound Correction Using Multi-Aperture Ultrasound Imaging)」)；が挙げられる。これらの特許及び特許出願の全開示内容は、引用により本明細書中に組み込まれている。30

#### 【0156】

上記説明されたシステム及び方法の実施態様は、点源送信パルス(ピング)ではなく集束フェーズドアレイ送信パルスを利用する多数開口超音波イメージングシステムに有利に4050

適用することもできる。同様に、上記説明されたシステム及び方法の実施態様は、ピング送信に多数のサブ開口を用いる単一開口イメージングシステムにも有利に適用することができる。なおさらなる実施態様では、上記説明された方法は、単一開口プローブからのフェーズドアレイ送信を用いる従来の超音波システムにも適用することができる。

#### 【0157】

本発明は、特定の好ましい実施態様及び例の文脈で開示されているが、当業者であれば、本発明が、特別に開示された実施態様だけではなく他の代替の実施態様並びに/又は本発明及びその明らかな変更形態や等価物の使用にまで拡大されることを理解されよう。上記実施態様の様々な変更形態は、当業者には容易に明らかであり、本明細書で定義される一般原理を、本発明の概念又は範囲から逸脱することなく他の実施態様に適用することができる。従って、本明細書で開示される本発明の範囲は、上記の特定の開示された実施態様によって限定されるべきものではなく、以下の特許請求の範囲の正しい解釈によってのみ限定されるべきものである。

10

#### 【0158】

特に、材料及び製造技術は、当業者のレベルの範囲内で利用することができる。さらに、単数のアイテムの言及は、同じアイテムが複数存在する可能性があることを含む。より具体的には、本明細書及び添付の特許請求の範囲で使用される単数形「1つの(a)」、「及び(and)」、「前記(said)」、及び「その(the)」は、文脈上他の意味に解釈するべき場合を除き、複数の指示対象を含む。特段の記載がない限り、本明細書で使用される「又は」という語は、提示される全ての代替物を含み、一般的に使用される句「及び/又は」と本質的に同じ意味である。特許請求の範囲は、任意選択の要素を全て排除するよう20に起草できることにさらに留意されたい。従って、この文章は、クレームの構成要素の記述に関連した「だけ(solely)」及び「のみ(only)」などの排他的な語の使用、又は「負の」限定の使用のための先行詞として役立たせることを目的とする。本明細書に特段の記載がない限り、本明細書で使用される全ての科学技術用語は、本発明の属する分野の一般的な技術者が一般に理解する意味と同じ意味を有する。

20

本件出願は、以下の構成の発明を提供する。

#### (構成1)

超音波画像を形成する方法であつて：

第1の非集束円形波面超音波信号を第1の送信開口から目的の領域に送信して、該第1の円形波面超音波信号のエコーを第1の受信開口で受信して第1の画像層を形成するステップ；

30

第2の非集束円形波面超音波信号を第2の送信開口から目的の領域に送信して、該第2の円形波面超音波信号のエコーを該第1の受信開口で受信して第2の画像層を形成するステップ；

重み付け係数を該第1の画像層の少なくとも1つの画素に適用して、修正された第1の画像層を得るステップ；及び

該修正された第1の画像層を該第2の画像層と組み合わせて組み合わせ画像を形成するステップ；を含む、前記方法。

40

#### (構成2)

重み付け係数を前記第2の画像層の少なくとも1つの画素に適用して、修正された第2の画像層を得るステップをさらに含む、構成1記載の方法。

#### (構成3)

前記重み付け係数を適用するステップの前に、前記少なくとも1つの画素によって表される点と前記第1の送信開口との間の角度を決定することによって、前記重み付け係数の値を決定するステップ、及び該重み付け係数の値を該決定された角度の数学的関数として決定するステップをさらに含む、構成1記載の方法。

#### (構成4)

前記重み付け係数を適用するステップの前に、前記少なくとも1つの画素によって表される点と前記第1の受信開口との間の角度を決定することによって、前記重み付け係数の

50

値を決定するステップ、及び該重み付け係数を該決定された角度の数学的関数として決定するステップをさらに含む、構成1記載の方法。

(構成5)

前記重み付け係数の値を決定するステップが、前記角度が閾値を超えていいるか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えていいる場合に前記重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む、構成3記載の方法。

(構成6)

前記重み付け係数の値を決定するステップが、前記角度が閾値を超えていいるか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えていいる場合に前記重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む、構成4記載の方法。

10

(構成7)

前記重み付け係数を適用するステップの前に：

前記第1の送信開口又は前記第2の送信開口の一方から前記少なくとも1つの画素によって表される点までの第1の距離を決定すること；

該点から前記第1の受信開口までの第2の距離を決定すること；

該第1の距離と該第2の距離を合計して全経路長を得ること；及び

前記重み付け係数を、該全経路長の数学的関数として決定すること；によって該重み付け係数の値を決定するステップをさらに含む、構成1記載の方法。

20

(構成8)

前記重み付け係数を適用するステップが、前記重み付け係数に前記少なくとも1つの画素の画素強度値を乗じることを含む、構成1記載の方法。

(構成9)

前記重み付け係数を適用するステップが、閾値レベルの雑音を超える雑音を含む可能性が高いと識別される画素の値を減少させる、構成1記載の方法。

(構成10)

前記第1の円形波面を第1の周波数で送信するステップ、前記第2の円形波面を第2の周波数で送信するステップであって、該第1の周波数が該第2の周波数よりも高い、該ステップ、及び該第1の周波数と該第2の周波数との間の差異に基づいて前記第2の画像の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用するステップをさらに含む、構成1記載の方法。

30

(構成11)

前記数学的関数が、単調関数、線形関数、正規分布、放物線関数、幾何学的関数、指數関数、ガウス分布、及びカイザー・ベッセル分布からなる群から選択される、構成4記載の方法。

(構成12)

前記重み付け係数を適用するステップの前に、前記第1の送信開口及び前記第1の受信開口の点広がり関数の質を評価することによって前記重み付け係数の値を決定するステップ、該第1の送信開口及び該第1の受信開口を用いて得られる画素画像が画質を改善することになるかを決定するステップ、及び該重み付け係数に0ではない正の値を割り当てるステップをさらに含む、構成1記載の方法。

40

(構成13)

前記重み付け係数を適用するステップの前に、前記第1の送信開口及び前記第1の受信開口の点広がり関数の質を評価することによって前記重み付け係数の値を決定するステップ、該第1の送信開口及び該第1の受信開口を用いて得られる画素画像が画質を劣化させることになるかを決定するステップ、及び該重み付け係数に0の値を割り当てるステップをさらに含む、構成1記載の方法。

(構成14)

前記目的の領域の異なる部分にズーム又はパンすることによって画像ウィンドウを変更するステップ、該変更された画像ウィンドウに基づいて新たな重み付け係数の値を決定す

50

るステップをさらに含む、構成1記載の方法。

(構成15)

障害物によって妨害されていない送信素子を識別する方法であって：

第1の非集束円形波面超音波信号を第1の送信開口から送信して、該第1の円形波面超音波信号のエコーを第1の受信開口で受信するステップ；

目的の領域内からの深いエコーの戻りが受信されたかを、該受信エコーに関連する時間遅延が閾値を超えているかを確認することによって決定するステップ；及び

深いエコーの戻りが受信された場合に、該第1の送信開口を障害物の影響を受けていないとして識別するステップ；を含む、前記方法。

(構成16)

10

障害物によって妨害されたトランスデューサ素子を識別する方法であって：

第1の非集束円形波面超音波信号を第1の送信開口から送信して、該第1の円形波面超音波信号のエコーを第1の受信開口で受信するステップ；

強い浅いエコーの戻りが受信されたかを、閾値強度よりも高い強度値を有し、かつ閾値時間遅延未満の時間遅延を有する複数のエコーの戻りを確認することによって決定するステップ；及び

強い浅いエコーの戻りが受信された場合に、該第1の送信開口を障害物によって妨害されているとして識別するステップを；含む、前記方法。

(構成17)

20

超音波イメージングシステムであって：

非集束超音波信号を目的の領域に送信するように構成された超音波送信機；

該目的の領域にある反射体によって戻される超音波エコー信号を受信するように構成された超音波受信機；

該反射体の画像をディスプレイに表示するために該目的の領域内の該反射体の位置を決定するように構成されたビーム形成モジュール；

該超音波送信機及び該超音波受信機の複数の送信開口及び受信開口から指定開口を選択するように構成された第1の使用者が調整可能な制御装置；及び

該ビーム形成モジュールによって使用される音速値を増減して、該指定開口で検出される該反射体の位置を決定するように構成された第2の使用者が調整可能な制御装置；を備える、前記システム。

(構成18)

30

前記指定開口が送信開口である、構成17記載のシステム。

(構成19)

前記指定開口が受信開口である、構成17記載のシステム。

(構成20)

超音波イメージングシステムであって：

第1及び第2の非集束円形波面超音波信号を目的の領域に送信するように構成された第1の送信開口；

該第1及び該第2の円形波面超音波信号のエコーを受信するように構成された第1の受信開口；及び

該第1の円形波面超音波信号の該受信エコーから第1の画像層を形成するように構成され、かつ該第2の円形波面超音波信号の該受信エコーから第2の画像層を形成するように構成された制御装置であって、該第1の画像層の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用して修正された第1の画像層を得て、該修正された第1の画像層を該第2の画像層と組み合わせて組み合わせ画像を形成するようにさらに構成されている、該制御装置；を備える、前記システム。

(構成21)

40

前記制御装置が、前記第2の画像層の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用して修正された第2の画像層を得るように構成されている、構成20記載のシステム。

(構成22)

50

前記制御装置が、前記少なくとも1つの画素によって表される点と前記第1の送信開口との間の角度を決定することによって前記重み付け係数の値を決定するように構成され、かつ該重み付け係数の値を該決定した角度の数学的関数として決定するようにさらに構成されている、構成20記載のシステム。

(構成23)

前記制御装置が、前記少なくとも1つの画素によって表される点と前記第1の受信開口との間の角度を決定することによって前記重み付け係数の値を決定するように構成され、かつ該重み付け係数を該決定した角度の数学的関数として決定するようにさらに構成されている、構成20記載のシステム。

(構成24)

10

前記重み付け係数の値を決定することが、前記角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に前記重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む、構成23記載のシステム。

(構成25)

前記重み付け係数の値を決定することが、前記角度が閾値を超えているか否かを決定すること、該角度が該閾値を超えている場合に前記重み付け係数に第1の値を選択すること、及び該角度が該閾値を超えていない場合に該重み付け係数に第2の値を選択することを含む、構成22記載のシステム。

(構成26)

20

前記制御装置が：

前記第1の送信開口又は前記第2の送信開口の一方から、前記少なくとも1つの画素によって表される点までの第1の距離を決定すること；

該点から前記第1の受信開口までの第2の距離を決定すること；

該第1の距離と該第2の距離を合計して全経路長を得ること；及び

前記重み付け係数を、該全経路長の数学的関数として決定すること；によって該重み付け係数の値を決定するように構成されている、構成20記載のシステム。

(構成27)

前記重み付け係数の適用が、前記重み付け係数に前記少なくとも1つの画素の画素強度値を乗じることを含む、構成20記載のシステム。

(構成28)

30

前記重み付け係数の適用が、閾値レベルの雑音を超える雑音を含む可能性が高いとして識別される画素の値を減少させる、構成20記載のシステム。

(構成29)

前記第1の送信開口が、前記第1の円形波面を第1の周波数で送信し、前記第2の円形波面を第2の周波数で送信するように構成され、該第1の周波数が該第2の周波数よりも高く、前記制御装置が、該第1の周波数と該第2の周波数との間の差異に基づいて前記第2の画像の少なくとも1つの画素に重み付け係数を適用するように構成されている、構成20記載のシステム。

(構成30)

40

前記数学的関数が、単調関数、線形関数、正規分布、放物線関数、幾何学的関数、指數関数、ガウス分布、及びカイザー・ベッセル分布からなる群から選択される、構成23記載のシステム。

(構成31)

前記制御装置が、前記重み付け係数の適用の前に、前記第1の送信開口及び前記第1の受信開口の点広がり関数の質を評価することによって該重み付け係数の値を決定するように構成され、該第1の送信開口及び該第1の受信開口を用いて得られる画素が画質を改善することになるかを決定するように構成され、かつ該重み付け係数に0ではない正の値を割り当てるようにさらに構成されている、構成20記載のシステム。

(構成32)

50

前記制御装置が、前記第1の送信開口及び前記第1の受信開口の点広がり関数の質を評価することによって前記重み付け係数の値を決定するように構成され、該第1の送信開口及び該第1の受信開口を用いて得られる画素が画質を劣化することになるかを決定するように構成され、かつ該重み付け係数に0の値を割り当てるようにさらに構成されている、構成20記載のシステム。

(構成 33)

前記制御装置が、前記目的の領域の異なる部分にズーム又はパンすることによって画像ウィンドウを変更するようにさらに構成され、かつ該変更された画像ウィンドウに基づいて新たな重み付け係数の値を決定するようにさらに構成されている、構成20記載のシステム。

10

【図1A】

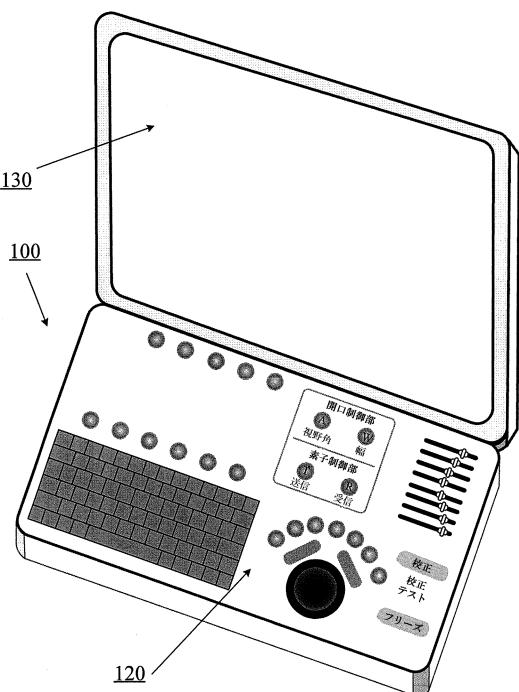


図1A

【図1B】

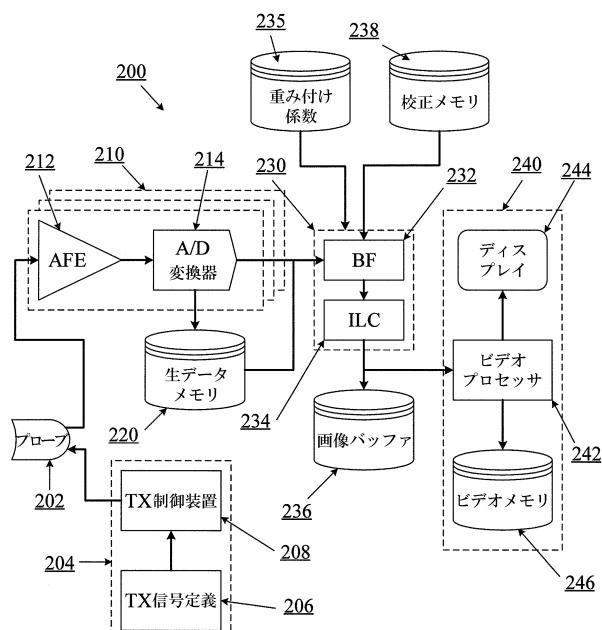


図1B

【図2】

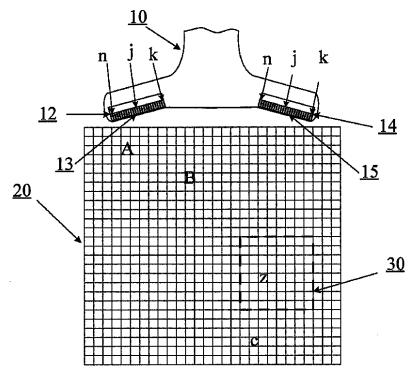


FIG. 2

【図3】

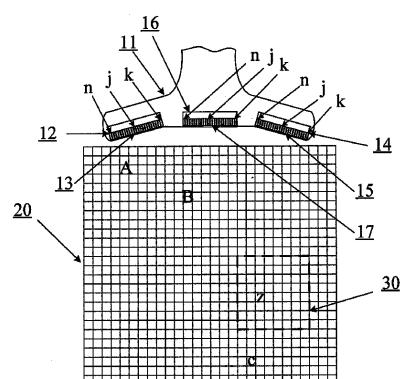


FIG. 3

【図4】

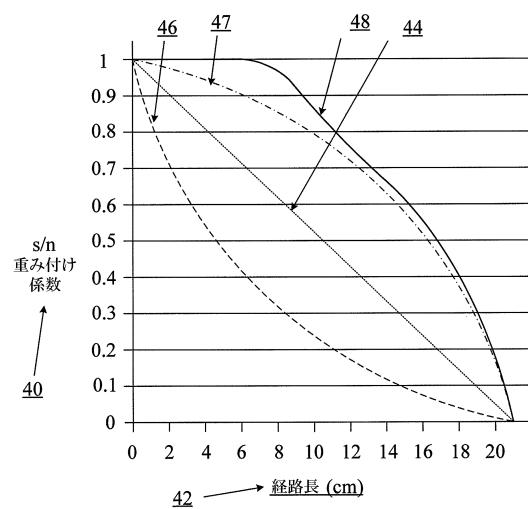


図4

【図5】

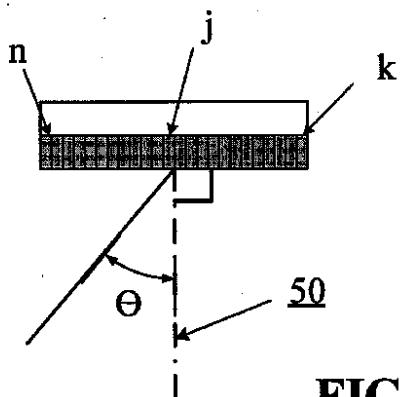


FIG. 5

【図6】

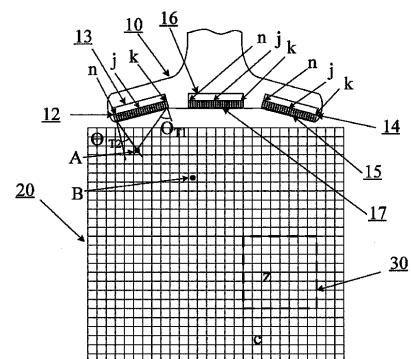


FIG. 6

【図7】

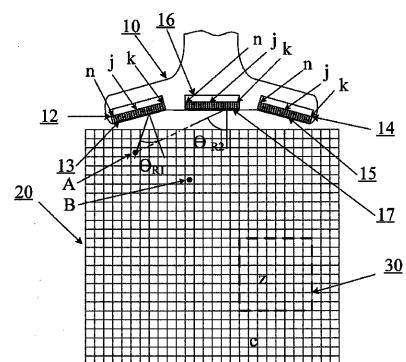


FIG. 7

【図8】

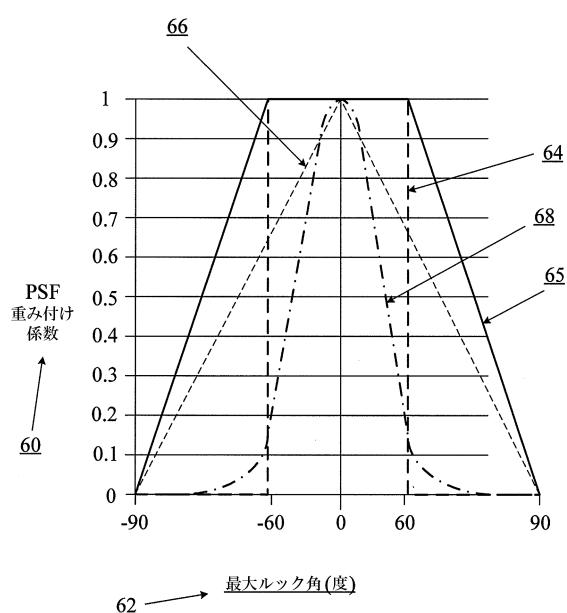


図8

【図9】

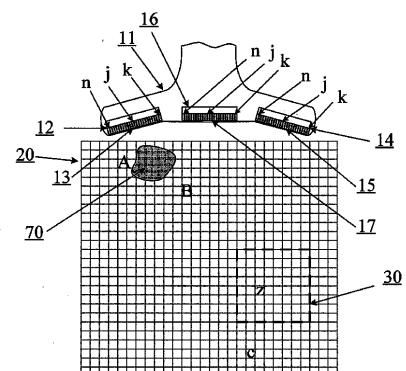


FIG. 9

---

フロントページの続き

(72)発明者 ドナルド エフ.スペクフト

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94089 スンシップアルエ スイテ 107 ギブラー  
タル ドライブ 256

(72)発明者 ケンネットフ ディー.ブレウエル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94089 スンシップアルエ スイテ 107 ギブラー  
タル ドライブ 256

審査官 富永 昌彦

(56)参考文献 特開2007-152127(JP, A)

特開2006-051356(JP, A)

米国特許出願公開第2008/0125656(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8/00 - 8/15