

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5689315号
(P5689315)

(45) 発行日 平成27年3月25日 (2015. 3. 25)

(24) 登録日 平成27年2月6日 (2015. 2. 6)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 8/08 (2006. 01)	A 6 1 B 8/08
A 6 1 B 8/14 (2006. 01)	A 6 1 B 8/14

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2010-522070 (P2010-522070)	(73) 特許権者	507339788
(86) (22) 出願日	平成20年8月22日 (2008. 8. 22)		ヴェラゾニックス, インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2010-536502 (P2010-536502A)		アメリカ合衆国 98053 ワシントン
(43) 公表日	平成22年12月2日 (2010. 12. 2)		州, レッドモンド, エヌイー 62エヌデ
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/074055		ィー プレイス 22222
(87) 国際公開番号	W02009/026534	(74) 代理人	100091096
(87) 国際公開日	平成21年2月26日 (2009. 2. 26)		弁理士 平木 祐輔
審査請求日	平成23年8月18日 (2011. 8. 18)	(74) 代理人	100105463
(31) 優先権主張番号	60/957, 600		弁理士 関谷 三男
(32) 優先日	平成19年8月23日 (2007. 8. 23)	(74) 代理人	100102576
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 渡辺 敏章
		(74) 代理人	100101063
			弁理士 松丸 秀和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 局所媒体動作の検出処理に基づく適応的超音波画像再構成

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の表示画素を有する画像ディスプレイのために超音波を処理する方法であって、
振動子で音信号を生成する工程、
前記音信号から少なくとも1つのエコーを受信し、そこからエコー信号データを収集し、
前記画像ディスプレイの各画素での媒体と前記振動子との相対的な動作を検出する工程、
複数の各受信エレメントから収集したエコー信号データを記憶する工程、
前記収集したエコー信号データを記憶した領域へ、前記画像ディスプレイの与えられた画素をマッピングする工程、
前記収集したエコー信号データを記憶した領域をマッピングしたものを与えられた画素についてのアレイへ組織化する工程、
前記相対的な動作が限界を超えるか否かを決定し、前記媒体と前記振動子との前記相対的な動作が前記限界を超える場合は収集データの部分集合を使用して前記画像ディスプレイの各画素についてのアレイを処理し、それ以外の場合である前記媒体と前記振動子との前記相対的な動作が各画素について前記限界を超えない場合は全ての収集データを使用して前記画像ディスプレイの各画素についてのアレイを処理し、前記複数の表示画素で形成された前記画像ディスプレイを生成する工程、
を備える方法。

【請求項 2】

前記収集データの部分集合を使用して画素についてのアレイを処理する工程では、前記相対的な動作が前記限界を超える場合および第 1 の閾値を下回る場合は前記収集データの第 1 の部分集合を使用し、前記相対的な動作が前記第 1 の閾値を超える場合は前記収集データの第 2 の部分集合を使用する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記画素についてのアレイを処理する工程では、前記相対的な動作が前記限界を超える場合および第 1 の閾値未満になる場合は前記収集データの第 1 の部分集合を使用し、前記相対的な動作が前記第 1 の閾値以上になる場合および第 2 の閾値未満になる場合は前記収集データの第 2 の部分集合を使用し、前記相対的な動作が第 3 の閾値以上になる場合は前記収集データの第 3 の部分集合を使用する、請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 4】

前記相対的な動作を検出する工程では、1 以上の画像点での前記媒体と前記振動子の前記相対的な動作の速度を決定し、

前記処理する工程では、前記速度を利用して、前記画素の領域についてのアレイを処理し、少なくとも画像の一部を生成する、
請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

前記相対的な動作の前記速度を使用して、画像点についての再構成周期の長さを制御する、請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

20

画像点についての前記速度が低い場合、より長い再構成周期が使用され、かつより多くの収集データが使用される、請求項 5 記載の方法。

【請求項 7】

前記収集データは、異なる空間情報および周波数情報を含む、請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

超音波振動子から収集されたデータを使用して、媒体画像の複数の画素ディスプレイを形成する画像再構成方法であって、該方法は、

前記媒体と前記振動子における位置間の相対的な動作を各画素について検出する工程、

前記検出した相対的な動作から相対媒体速度を決定する工程、

前記決定した速度に基づき各画素についての再構成周期を設定する工程、

30

前記再構成周期の設定に基づく再構成周期の間、収集データ量を決定し、各画素のために使用する工程、

画像の前記複数の画素ディスプレイのために、前記決定した収集データ量を使用して、各画素を再構成する工程、
備える方法。

【請求項 9】

媒体画像の複数の画素ディスプレイを形成する画像再構成システムであって、該システムは、

前記媒体からのデータを収集し、前記媒体と振動子における位置間の相対的な動作を前記画素ディスプレイの各画素について検出するように構成されたデータ収集システム、

40

前記検出した相対的な動作から相対媒体速度を決定し、前記決定した速度に基づき前記画素ディスプレイの各画素についての再構成周期を設定し、前記再構成周期の設定に基づく再構成周期の間、収集データ量を決定し、前記画素ディスプレイの各画素のために使用するように構成された処理装置、

前記媒体画像の前記複数の画素ディスプレイを表示処理する前記処理装置と接続された装置、

を備えるシステム。

【請求項 10】

前記処理装置は、ディスプレイ用に、前記決定した収集データ量を使用し、前記画素ディスプレイの各画素での画像を再構成するように構成された請求項 9 記載のシステム。

50

【請求項 11】

前記データ収集システムは、超振動子を備える請求項9記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超音波画像を生成するシステムおよび処理に関し、特に、収集データを利用できる周期を調整することで、媒体と振動子との相対的な動作量に関する画像再構成を最適化し、再構成の品質を改良する。

【背景技術】

【0002】

従来の超音波画像処理システムは、異なる収集方法を使用し、画質と時間動作分解能とをトレードオフしている。例えば、媒体内の動きが小さい場合、超音波診断者は手持ちプローブの動作を最小に保つことができ、複数のデータ集合を合成する収集および画像再構成方法を使用して、複数の送信区画のフォーカス処理、周波数合成処理、および空間合成処理のような、機能を実行することができる。これらの機能は、改良空間分解能およびコントラストの詳細を与えることで、画質を改良するものである。オペレータが振動子をすばやく動かす場合、または媒体内に動きがある場合、例えば医療的応用に関して呼吸または心臓血管の脈拍によって起こる動きがある場合は、より長い収集周期にわたる信号位相の変化および画像レジストレーションの問題のため、これらの画像を改良する機能は効果を発揮しにくい。これら収集および再構成方法は画像空間全体にわたって演算を行うため、超音波診断者は走査処理を実行する前に、診断に適用した場合における媒体動作量に適した方法を選択しなければならない。これにより、最高超音波画質は、媒体動作量が最少量で、オペレータが正しい走査処理を適切に選択した適用に限定される。

【0003】

上述の画質改良に関する収集および再構成方法に加えて、複数の受信アパーチャが合成される合成アパーチャ技術があり、よりよい画像再構成を生成する。この方法の例は“理想的な”再構成であり、全振動子エレメントで受信しながら、アパーチャ内の各個々の振動子エレメントで送信が実行される。これら全ての送受信収集からのデータを合成することにより、送信及び受信の両方について、全点で完璧にフォーカスされた状態という画像再構成が可能になる。理想的な再構成は、一定の振動子から最も実現可能な画像再構成を提供するが、従来の超音波画像処理システムではほとんど利用されていない。これは各画像フレームあたりの長い収集時間に起因し、その時間中は、複数の収集が合成できるように、帰還超音波エコーに含まれる位相情報をほぼ不変に保たなければならないからである。収集フェーズの間、振動子または媒体のあらゆる動きは位相情報を変化させ、また画像再構成を低下させる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の超音波画像再構成は、しばしば、空間分解能およびコントラスト分解能のような画質因子と、フレームレートに等しい収集時間とのトレードオフを伴う。画像再構成処理中、媒体が動いている場合は、収集時間は短くし、動作詳細を十分に捕らえ、またエコー位相情報を保たなければならない。局所媒体動作を予め決定しておくことで、画像における複数の個々の空間点で、画像再構成を最適化する画像再構成の適用法が開発されている。各画像点では、画像面の局所空間速度を予測した後、その画像点について再構成周期の長さを設定するのに使用する。媒体動作が小さいときの画像点については、再構成へ寄与するために投げられる追加的な収集空間情報および周波数情報とともに、より長い再構成周期を使用することができる。得られる画像フレームは動作詳細分解能を犠牲にすることなく、全体的な画質を改良することができる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一つの実施形態によれば、超音波振動子を使用して画像処理データを収集する媒体の超音波画像処理方法が提供される。この方法は、超音波振動子から媒体の超音波画像データを収集する工程、媒体と超音波振動子との相対的な動作を決定する工程、前記収集データを処理し、ディスプレイ用の媒体画像を生成する工程であって、前記媒体と前記振動子との相対的な動作がより大きいレベルにある領域の収集データよりも、前記媒体と前記振動子との相対的な動作がより小さいレベルにある画像領域の収集データを多く使用し、画像生成処理する工程、を含む。

【 0 0 0 6 】

前述した実施形態の別の側面によれば、画像領域について収集データを処理する工程では、画像領域の相対的な動作が相対動作限界よりも大きくなる場合は収集データのうち少なくとも1つの部分集合を使用して収集データを処理し、それ以外の場合は収集データのすべてを使用して収集データを処理する。

10

【 0 0 0 7 】

前述した実施形態の別の側面によれば、画像領域について収集データを処理する工程では、画像領域の相対的な動作が相対動作限界よりも大きくなる場合は収集データのうち少なくとも1つの部分集合を使用して収集データを処理し、相対的な動作が1つ以上の下降動作限界を下回る場合は少なくとも1つの追加的な収集データの部分集合を使用して収集データを処理する。

【 0 0 0 8 】

前述した実施形態の別の側面によれば、超音波画像データを収集する工程は、音信号を生成する工程、複数の受信エレメントで少なくとも1つの音信号のエコーを受信し、そこからエコー信号を得る工程、各複数の受信エレメントから各エコー信号を記憶する工程、記憶したエコー信号の領域へ与えられた画素をマッピングする工程、記憶したエコー信号の領域をマッピングしたものを与えられた画素についてのアレイへ組織化する工程、を含み、収集データを処理する工程は、アレイを処理し、与えられた画素についての反応を生成する工程、反応を使用し、与えられた画素についての音情報を得る工程、を含む。

20

【 0 0 0 9 】

本開示の別の実施形態によれば、超音波を処理する方法が提供され、該方法は、振動子で音信号を生成する工程、音信号から少なくとも1つのエコーを受信し、そこからエコー信号データを収集し、画像構成点での媒体と振動子との相対的な動作を検出する工程、各複数の受信エレメントから収集したエコー信号データを記憶する工程、収集したエコー信号データを記憶した領域へ与えられた画素をマッピングする工程、収集したエコー信号データを記憶した領域をマッピングしたものを与えられた画素についてのアレイへ組織化する工程、媒体と振動子との相対的な動作が限界を超える場合は収集データの部分集合を使用して各画素についてのアレイを処理し、それ以外の場合である媒体と振動子との相対的な動作が限界を超えない場合は全ての収集データを使用して各画素についてのアレイを処理する工程、を含む。

30

【 0 0 1 0 】

超音波振動子から収集されたデータを使用して媒体画像を形成する画像再構成方法が提供され、該方法は、媒体と振動子における位置間の相対的な動作を検出する工程、検出した相対的な動作から相対媒体速度を決定する工程、決定した速度に基づき画像点についての再構成周期を設定する工程、再構成周期の設定に基づく再構成周期の間、収集データ量を決定し、使用する工程、決定した収集データ量を使用し、画像点を再構成する工程、を含む。

40

【 0 0 1 1 】

本開示の別の側面によれば、ここで開示される処理方法の出力を一般的に使用して、モニタもしくはプロジェクタのような表示装置に表示する画像またはプリンタで印刷する画像、または後処理用、ディスプレイ用もしくは別の装置の動作用に別の装置への送信するための画像、またはこれらの組合せ、を生成する。

【 0 0 1 2 】

50

本開示の別の実施形態によれば、媒体画像の再構成に関するシステムであって、媒体からデータを収集し、媒体と振動子における位置の相対的な動作を検出するように構成されたデータ収集システム、検出した相対的な動作から相対媒体速度を決定し、決定した速度に基づき画像点についての再構成周期を設定し、再構成周期の設定に基づく再構成周期の間、収集データ量を決定し、使用するように構成された処理装置、媒体画像を表示処理する処理装置と接続された装置、を含むシステムが提供される。

【0013】

本システムの別の側面に関し、処理装置は、画素指向処理に用いられるように設定され、画像データを生成する。

【図面の簡単な説明】

10

【0014】

【図1】図1は、媒体速度予測を用いて適応的画像再構成の図である。

【図2】図2は、合成アパーチャ理想的再構成についての送受信収集の図である。

【図3】図3は、理想的再構成についての送受信収集グループの図である。

【図4】図4は、本開示の処理についてのシステム構造の高レベル表現を図示したものである。

【図5】図5は、本発明の1つの実施形態におけるソフトウェアベースの構造を表現した略図である。

【図6】図6は、本発明の1つの実施形態に関して形成された、プラグインモジュールの略図である。

20

【図7】図7は、本発明に関して形成された128個の振動子エレメント線形アレイについて収集データを表現した略図である。

【図8】図8は、本発明の逆マッピング処理の図である。

【図9A】図9Aは、代替処理方法を図示したものである。

【図9B】図9Bは、代替処理方法を図示したものである。

【図9C】図9Cは、代替処理方法を図示したものである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下の説明では、関連技術の当業者であれば、明細書中で説明された1つ以上の詳細情報を用いずとも、または別の方法、部品、材料などを用いても、実施形態を実行すると理解できるだろう。別の例では、良く知られた構成は示されていないか、または不必要な実施形態のあいまいな説明を避けるために詳細を説明していない。

30

【0016】

文中で特段の場合を記載している場合を除き、以下の明細書および請求項を通じて、「構成」という文言、および「構成する」「構成している」などのそのバリエーション、「含む」という文言、「含まれている」および「含まれる」などのそのバリエーションは、限定的でなく、包括的な意味として解釈される。つまり、「含むものであるが、制限するものではない」。

【0017】

本明細書における「1つの実施形態」または「ある実施形態」を通じた文献は、実施形態に関連して説明される特定の特徵、構成または特性は、少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。すなわち、本明細書を通じたいろいろな箇所における表現「1つの実施形態」または「ある実施形態」において、それらは必ずしも全て同じ実施形態を指すわけではない。さらに、特定の特徵、構成または特性は、1つ以上の実施形態においていかなる適切な方法によっても組み合わせ得る。

40

【0018】

本明細書および添付請求項で用いられるように、単数形「ある」および「前記」は、特段に記載している場合を除き、複数の指示対象を含む。また、特段に記載している場合を除き、用語「または」は、「または／および」を含むその意味として、一般的に用いられる。

50

【 0 0 1 9 】

理解を明確かつ容易にする目的で、画素指向処理のような用語は、超音波データの処理方法を示すために用いられることができるが、発明の見解を制限する意図で用いられるものではない。参照を容易かつ記述的にする目的で、発明者による先行米国特許出願番号11/911,633、発明の名称ULTRASOUND IMAGING SYSTEM WITH PIXEL ORIENTED PROCESSING、の処理環境を用いることができるが、限定して解釈すべきでない。また、上記文献は、その全てがここで併合される。

【 0 0 2 0 】

< 適応的再構成 >

ソフトウェアベースの処理方法、特に画素指向画像再構成方法を用いて、同じ画像フレーム内の個々の画素上で異なる再構成の方式を組み合わせることが可能である。適切な収集シーケンスを用いれば、媒体における動作量についての各画像点で再構成の最適化が可能となる。画素点での媒体動作が小さくなるほど、収集データが使用できる周期が長くなり、画素点の再構成品質が改良される。

10

【 0 0 2 1 】

一般的に、適応的再構成方法は以下のように実行される。1) 所望の実時間フレームレートに相当する時間周期で実行可能である画像処理への適用について、複数の送受信収集シーケンスが選択される。一般的な適用については、収集シーケンスに換算すると、毎秒20 - 30フレーム程度のフレームレートならたいてい十分であり、そのフレームレートは50 - 33 msの長さである。2) 各画像収集シーケンスの前処理が追加され、それは画像の各再構成点で媒体動作の検出を可能にする。3) 動作検出を用いて、再構成処理で全収集シーケンスのどの位が採用可能かを特定し、各画像点で画像が再構成される。

20

【 0 0 2 2 】

< 合成アパーチャの適応的再構成 >

適応的再構成技術の1つの実施形態では、収集フェーズは、各画像フレームについての一連の合成アパーチャ収集を構成する。例として、上述の「理想的」再構成方法を考えよう。図2に示すように、各収集フレームについて、振動子の各エレメントに対して、送受信サイクルが実行される。よって、128個の振動子エレメントは、アレイの振動子エレメントにわたってそれぞれ配置された1個のエレメント送信器を用いて、128回の送受信サイクルを要する。受信時は、アレイにある全振動子エレメントが使用され、後処理のために各サイクルにつき全128個の振動子エレメントからのデータがメモリシステムに記憶される。データのフレーム全体を収集するのに、128回の送受信周期を要し、その周期長は画像深度によって決定される。人体内では超音波は1540 m / 秒で移動するので、一般的な画像深度10 cmでは、約130マイクロ秒の受信周期を要し、それは振動子から最大深度まで行って戻ってくるまでの超音波パルスの往復移動時間である。この一般的な場合では、ほとんどの適用に対して十分なフレームレート以上のものを与えれば、「理想的な」再構成フレームについての128回の送受信サイクルは、約17 msを要する。

30

【 0 0 2 3 】

媒体に何の動きもない場合は、上記の例において、全17ミリ秒周期にわたって収集された個々の振動子エレメントの受信データを合成し、理想的な再構成を行うことができるので、振動子アパーチャについての最高画像を提供する。しかしながら、一般的な画像処理の場合は、全データの合成を妨げる媒体動作または振動子動作がある可能性がある。媒体内の再構成点で超音波信号の位相が、17ミリ秒周期にわたって超音波パルスの波長の約1/8以上変化すると、再構成は損なわれ、分解能は低下する。つまり、一般的な超音波パルス周波数3 MHz (波長0.5 mm) では、媒体における動きを17ミリ秒で ($1/8 * 0.5$) = 0.0625 mm未満、つまり3.7 mm / 秒にしなければならないことを意味する。これは、かなり低速であり、プローブ動作または体内で呼吸または心臓血管の脈拍によって起こり得る内部動作により、容易に上回る可能性がある。したがって、収集データの全17ミリ秒だけが、プローブ動作または媒体動作の最良な環境下で、使用

40

50

可能である。

【 0 0 2 4 】

画像フィールド内の各画素点で振動子プローブに関する媒体速度が既知の場合、この情報を使用し、その点での画像再構成のために合成することが可能な収集データ量を決定することができる。媒体速度情報を得るには、ドップラー技術が使用できるが、その技術では数パルス送信のみを使用して、画像内の全点の組織速度を予測する。その一技術は、振動子アパーチャ全体にわたって均一波面を有する送信パルスを利用し、画像領域全体に超音波を一回当てるものである。点における速度は位相の変換レートと同一にできるので、あるパルスから次のパルスまでの各画像点で再構成された超音波信号の位相変換を比べることで、プローブの方向における媒体速度が予測できる。位相シフトを得るには、カサイアルゴリズムまたは相互相関の2つのアルゴリズムのうち1つが一般的に使用される。これら方法および別の方法は当業者に知られているので、ここでは詳細に説明しない。

10

【 0 0 2 5 】

再構成点での媒体動作の予測が上で計算された3.7 mm / 秒の限界を超える場合、収集データの部分集合を使用し、画像点を再構成することができる。(プローブに向かうまたはプローブから離れた)媒体動作の上限を、60 mm / 秒(この限界は適用次第で上昇又は下降し得る)と仮定すると、上で使用される1/8波長基準によれば、収集周期が1.04ミリ秒程度に制限される。例えば130マイクロ秒周期について、送受信周期の数は、およそ8回に制限される。理想的再構成の場合、最初の8事象がアレイのアパーチャにわたって等間隔に配置された送信エレメントを使用するように、送受信事象を順序付けることができる。その後の事象は、最初の8送信エレメントの間を徐々に埋めていき、全エレメントが利用される(図3参照)。そして、この順序付けは、全アパーチャをカバーする、8収集の16グループそれぞれに適用される。そして、再構成点での速度予測を用いて、最大速度60 mm / 秒の1集合から、3.7 mm / 秒以下の全16集合まで、これら集合をいくつか合成することができるかを決定する。

20

【 0 0 2 6 】

図3に示される方法以外に、数グループを利用するだけでさらなる光学画像再構成が得られるような収集の順序付け処理と収集のグループ形成処理の別の方法があることがわかる。図3の方式は8収集の各グループにおけるアパーチャサイズを最大化しようと試みており、数グループを再構成で利用するだけで、水平分解能を改良する。しかしながら、各グループにおけるアパーチャのわずかなサンプリングは、誤った再構成結果を増加させ、コントラスト分解能を低下させる。別の収集シーケンスを用いて、空間分解能とコントラスト分解能とのこのトレードオフ上で、試験、改良することができる。例えば、グループの8収集における送信エレメントを等間隔にする代わりに、(与えられたエレメントで送信を繰り返すことなく)各グループにおけるよりランダムな間隔が利用可能であり、それを用いれば再構成結果を分散させやすくなる。

30

【 0 0 2 7 】

別の可能な収集シーケンスでは、送信エレメントは、左から右に連続的な順序でアパーチャにわたって単に並べることができる。各画像再構成点については、再構成点を通過する振動子面の法線に最も近い送信器の収集を選択することで、再構成についての収集がある程度選択される。再構成で利用される送受信収集数は、媒体動作によって決定され、アパーチャは法線の外へ拡大する。収集点で媒体動作が動作限界(上の例では3.7 mm / 秒)よりも小さい場合、再構成(全128送受信事象)のために全アパーチャを使用することができる。数収集だけを利用する場合は、水平分解能を犠牲にすることで、この方式はコントラスト分解能を最大化する。

40

【 0 0 2 8 】

上述の方法で、個々の画像点または画素の再構成がその画像点での媒体動作量に適応化される。オペレータが変換プローブを動かさずに持っている場合、各画像点の再構成に投入される情報量は単に媒体動作によって決定され、ほとんど動かない又は全く動かない領域においては、再構成の品質は、より動作量の大きい領域よりもかなり改良され得る。同

50

様に、オペレータが対象領域を観察するためにプローブをすばやく動かしていると、再構成周期が減少され、それによってプローブ動作のすばやい追跡が可能になる。オペレータが特別な領域に狙いを定めるときや、プローブを動かさずに持っているとき、再構成周期は延長し、高画質画像を提供する。

【0029】

上述の適応的再構成方法を利用することができる、合成アパーチャ収集には、多くの組合せが可能である。別の例は、媒体内の速度を検出する、考えられる仕組みとして上述した均一波面送信方式に基づくものである。高フレームレートで均一波面送信方法を使用し、画像を生成することができる。これは、1つの送信パルスだけを使用して画像全体を生成することができるからである。しかしながら、送信時のフォーカス不足が原因で、単一パルス画像は水平分解能の低下に悩まされる。改良した画像再構成では、様々な方法で代替される複数の均一波面送信パルスからの受信データを合成し、追加的なエコー位相および振幅情報を提供することができる。例として、線形振動子アレイの場合を考えてみよう。ここでは、均一波面送信波形は収集データ集合に対して多くの角にわたって操作されることができるものとする。位相および振幅について空間再構成データが合成されるとき、得られる画像では空間分解能およびコントラスト分解能がかなり改善される。

【0030】

線形アレイ均一波面画像処理方法を具体的に実行する場合、21回の送信および受信収集のそれぞれは、1度増加するごとに、-20度から+20度までの異なる均一波面ステアリング角を利用可能である。動きが少ない再構成点は、全収集を利用でき、振幅と位相の両方における受信データを合成し、最良の再構成を提供する。媒体動作が検出される再構成点については、収集の部分集合を使用できるので、ステアリング角の範囲に広げることができる。再び、使用される収集数は、動作によって低下されない位相情報という基準に基づき選択される。この適応的再構成を用いれば、動きの大きい領域においては時間動作分解能を損なうことなく、画像フィールドの動きの小さい領域についてかなり改良された画質を提供する。

【0031】

<別の適応的再構成方法>

合成アパーチャ収集の多くの組合せに加えて、周波数合成処理および空間合成処理のような、別の超音波画像処理技術を用いて動作する適応的再構成方法がある。従来の周波数合成処理を用いた画像処理では、送信および受信処理の両方について異なる超音波中心周波数を用いて複数の収集がなされる。結果が合成されると、画像中のスペックルアーティファクトが減少する。空間合成処理を用いて、送信ビームが複数の角にわたって誘導され、複数の方向から対象物に超音波を当てる。得られる画像は、振幅情報の乗法平均を用いて一般的に合成される。これらの方法は全画像フレームを一般的に合成するので、フレームレートの減少を犠牲にすることで画質が改良される。

【0032】

図4は、本開示の処理を実行する、高レベルシステム構成70を表示したシステムレベルブロック図である。これは、1つの代表的な実施形態にすぎないことは理解されよう。また、図示された構成70は、本開示の全実施形態について要求されるものではない。

【0033】

構成70は、PCIエクスプレス74を介して多チャンネル送受信機およびデータ収集システム76に接続されたホストコンピュータ72を含む。ホストコンピュータ72は、ユーザインタフェースおよび制御78、ディスプレイ80、を有し、それら両方は画素ベースのアプリケーション処理ソフトウェア84を利用する処理装置82に接続される。多チャンネル送受信機及びデータ収集システム76ハードウェアは、モニター、プロジェクターのようなディスプレイ80への表示用、表示、装置の動作、もしくはその両方を行う別の装置への送信用として、音媒体90における領域88を画像化するのに使用される超音波振動子86に接続される。これらの部品は直ちに市販入手可能であるから、ここでは詳細に説明しない。

10

20

30

40

50

【0034】

画素指向処理を使用すると、周波数合成処理および/または空間合成処理の様々な側面を合体する適応的再構成が可能になる。この方法では、比較的高フレームレートを提供する収集方法を使用して、複数の画像データのフレームが収集される。画像点で媒体速度を決定する周期的な収集シーケンスは、通常のフレーム収集と交互に実行される。媒体速度予測の好適な方法は、冒頭で述べた均一波面送信方法であり、数回の送受信サイクルだけで全画像点の媒体速度を予測できる。画像点で予測した媒体速度は、その後、いくつかの画像データのフレームが合成可能かを決定するのに使用される。各収集フレームにおける、画像点に対応する画像データは合成され、一般的には演算または乗法平均を用いて、表示される画像値を生成する。

10

【0035】

本開示の1つの実施形態によれば、ソフトウェアベースの方法およびシステム構成は、ソフトウェアにおいて全実時間処理機能を実装する。提案した構成は、図5に概略的に表示される。

【0036】

ソフトウェアベースのシステムにおいて、唯一の慣行ハードウェア部品は、パルス生成と信号収集電気回路、および信号データを記憶するために使用される増設メモリの大ブロックを含むコンピュータの延長バスへのプラグインモジュールである。信号収集処理は、送信パルスに続いて各振動子エレメントから帰還した信号を増幅処理およびデジタル化処理する構成である。一般的に、デジタル化処理前の信号フィルタ処理だけ、つまり振動子自体によって当然に行われるバンドパスフィルタリング以外は、ローパスであり、A/D変換のためのアンチエイリアシングフィルタリングである。信号は、含まれる周波数と一致する定レートでサンプリングされ、デジタル化されたデータは、最小限の処理でメモリに記憶される。信号収集の単純なデザインにすれば、比較的小さなボード領域でも、在庫部品を用いて回路を実装することができる。

20

【0037】

プラグインモジュールのより詳細な外観を、図6に示す。複数の収集チャンネルが表示され、それぞれのチャンネルは送信器、受信器、プリアンプ、A/D変換器、およびメモリブロックで構成される。受信中、振動子信号は直接デジタル化され、個々のメモリブロックへ記録される。メモリブロックはデュアルポートであり、これは収集データがA/D変換器側から記録されると同時にコンピュータ側からそれらを読み出すことができることを意味する。メモリブロックは、システムCPUへの通常の増設メモリとして登場する。システムは、望ましくはカスタム筐体に設置されるので、プラグインモジュールのサイズは、一般的なコンピュータ増設カードの通常サイズに限定されないことに注意すべきである。また、複数のプラグインモジュールを使用すれば、各モジュールが振動子アパーチャの部分集合を処理する、多数の振動子エレメントを収容できる。

30

【0038】

アンプ、A/D変換器および関連するインタフェース回路を含むプラグインモジュールのための部品、および送信パルス生成と信号収集のための必要な部品は、直ちに市販入手可能な部品であり、ここでは詳細に説明しない。受信エコーから得たエコー信号のRFデータ記憶に必要とされるメモリブロックは、デジタル化された信号データを記録するための第二のダイレクトメモリアクセスポートを追加すると、市販入手可能なプラグイン増設メモリカードと基本的に同じ回路である。(受信エコー信号データは、振動子によって生成された高周波電気発振で構成されるので、一般的にRFデータと呼ぶ。)メモリは中央処理装置のアドレススペースへマッピングされ、コンピュータマザーボード上にある別のCPUメモリへアクセスするのと同様の方法でアクセスすることができる。メモリのサイズは、最大256回またはそれ以上の別個の送受信サイクルまでの間の、個々のチャンネル受信データを収容できる程度とする。体内での超音波パルスの往復移動について、最大となる実際の侵入深度は、約500波長であるので、中央周波数の4倍である一般的なサンプリングレートは、個々の振動子エレメントから4000サンプルもの記憶領域を要する。16

40

50

ビットで128個の振動子チャンネルのサンプリング精度については、受信データ収集の最大深度は、各送受信事象についておよそ1メガバイトの記憶領域を要する。そのため、256事象を記憶するには256メガバイトの記憶領域を要し、つまり全トータルで、128チャンネルシステムは数プラグインカード上で構築されうる。

【0039】

別のソフトウェアベースの超音波システムの側面は、コンピュータマザーボードおよびその関連部品である。必要な処理能力を得るために、提案するデザインに関するマザーボードは、マルチプロセッサCPU構造を好適にサポートするはずである。電源、メモリ、ハードディスク記憶装置、DVD/CD-RWドライブ、およびモニターを備える完全なマルチプロセッサコンピュータシステムは、これらの当業者に良く知られており、直ちに市販購入できるので、特に詳細に説明しない。

10

【0040】

<画素指向処理>

別の処理方法を使用して上述の適応的再構成方法を実行することができる一方、好適な処理方法は画素指向処理を使用する。超音波画像は、周波数およびアレイ方向のような収集システムの物理的なパラメータに依存する基本的な分解能を有し、エコー振幅またはいくつかの別の組織の（音）特性をエンコードする画素値の長方形アレイとして表すことができる。この長方形画素アレイの密集は、画像分解能の十分な空間サンプリングを提供するはずである。（表示画像は、画素の長方形アレイだけでなく、異なる幾何学的な図形を表す任意の画素集合から構成されると理解されよう。）

20

【0041】

次のステップは、この画像アレイにおける画素の1つから始め、RFデータ集合におけるどのサンプル点がこの画素の強度を計算するのに寄与するかを考慮し、それらにアクセスし処理する最も効率的な方法を決定する。この方法は、流入方式を使用する既存の超音波システムによって利用される方法とは完全に異なる方法である。なぜなら、ディスプレイ上の画素へ寄与する情報だけを処理すればよいからである。この方式では、ディスプレイ画像領域上の小領域は、大画像領域よりも、全体的な処理時間が少ない。なぜなら、小領域は画素をほとんど含まないからである。逆に、流入処理方法は、画像領域サイズとは独立に、最大データストリーム帯域幅を扱うようにデザインされなければならない。

【0042】

超音波画像を十分に表示するために必要となる画素アレイ処理の後、アレイは、表示用に適切なサイズでコンピュータディスプレイへレンダリングすることができる。コンピュータの図形処理装置は、追加的なCPU処理を必要とせず、通常単なるスケーリング処理および補間処理で構成されるこの演算で実行することができる。

30

【0043】

超音波画像の単一画素について処理方法を、次に考える。この議論では、対象物は、振動子アレイについて画素の対応する空間位置のエコー強度を得ることを前提とする。別の音パラメータは、同様に得られる。第一のステップは、エコー強度計算に寄与するサンプルを含む収集RFデータの領域を求めることである。図7の走査方法についてこれを達成するため、交差している画素位置に最も接近する収集走査列を、まず求めなければならない、その後対応する個々の振動子エレメントデータアレイを使用する。図8は、超音波画像において、ある画素についてこのマッピング処理をしたものである。

40

【0044】

図8において、表示された画素は、走査の最も接近する収集列へマッピングする。図の場合は、走査列4とし、そのRFデータは第四の個々の振動子エレメントRFデータアレイに属する（それは第4の送受信事象から集められたデータを表示する）。RFデータアレイの1つ以上が画素信号へ寄与するように選択されるが、この例については単一データアレイだけを考える。

【0045】

次のステップは、画素の強度計算へ寄与するサンプルを含んだ個々の振動子エレメント

50

アレイの領域を作成することである。このマッピング処理はかなり複雑で、いくつかの因子に依存する。振動子エレメントそれぞれは、画像フィールド内の特定点からの帰還信号にどう反応するかを決定する感度領域を有する。ある画像点について考えたとき、感度が低すぎる場合、振動子エレメントは画素品質へ有用情報として寄与しないので、上記で予め決定した閾値の感度を有する振動子エレメントだけを考慮すればよい。感度閾値は、次に振動子エレメントデータ列数を決定し、マッピング領域に含む。図 8 に示すように、振動子の遠い右手側にある振動子エレメントは、マッピングデータ領域には含まれない。

【 0 0 4 6 】

マッピングデータ領域の初期深度は、各個々の振動子エレメントで帰還してくるエコーの到着時間により決定される。図 8 に示すように、画像点からかなり離れた振動子エレメントの画像点信号は遅れてキャプチャされるため、そのデータ集合の初期点はメモリのより深い場所となる。結論として、マッピングデータ領域について必要な深度範囲は、生成された送信パルス幅に依存する。より長い送信パルスは、より長い周期で画像点を発生させるので、RFメモリのより広い深度範囲にわたって広がるエコー信号を生成する。

【 0 0 4 7 】

幸い、マッピングされたデータ領域の決定処理を担う因子の多くは、与えられた画素格子について予め計算しておくことができる。この理由は、この格子は実時間画像シーケンスの複数のフレーム上では変化しないからである。予め計算された因子を使用することで、与えられた画素についてマッピングされたデータ領域を迅速かつ効率的に決定できるため、実時間画像処理中のかなりの計算を省略できる。

【 0 0 4 8 】

逆画素マッピングされたRFデータを選択した後は、それを以下に示す行列RFPnmへ組織化できる。

【 数 1 】

$$RFP_{nm} = \begin{bmatrix} a_{11}a_{12}.....a_{1k} \\ a_{21} \\ \\ \\ a_{j1}.....a_{jk} \end{bmatrix}$$

【 0 0 4 9 】

表記 'Pnm' は、行 n、列 m における画素とする。行列の列は図 8 の縦線であり、各縦線に含まれるサンプル数 j は等しいとする。サンプル数 j は、送信パルスによって生成された信号を捕らえるために必要な時間において、RFデータの範囲に依存する。インデックス k は、画像点に対して十分な信号強度を有する、RFデータアレイにおけるチャンネル数であり、強度計算に用いるものである。

【 0 0 5 0 】

画素Pnmの信号強度値を計算する処理は、最終的に一つの値を導く一連の行列演算を構成する。計算がこの方法で構築されるとき、いくつかの行列演算は代数的に合成されうことは直ちに理解され、コンピュータ演算をより少なくすることができる。特別な細目を実行しなくても、個々の振動子エレメントの正確な遅延値を求めるためのサンプル補間演算、バンドパスフィルタ処理、直角位相検出のためのヒルベルト変換フィルタ処理、および最後の加算処理は、単一行列の掛け算で実行でき、得られる行列を追跡する（行列の追跡は、主対角線に沿った振動子エレメントの合計である。行列の掛け算の結果のうち主対角線だけでよいので、掛け算はかなり単純化できる）。

【 0 0 5 1 】

これらの演算に必要な行列の多くは、画素位置とは独立であるので、実時間演算に先立って予め計算をしておくことができる。行列の処理は、予め計算した振動子エレメントと

10

20

30

40

50

、画素位置により動的に変化する振動子エレメント（補間パラメータなど）とを合成することで形成できる。補間ステップで修正した数を用いれば、予め計算したベクトルの集まりから処理行列の行を選択することでさえ可能である。本方法には不可欠ではないが、処理行列を形成するために予め計算されたデータを用いれば、実時間演算にかかる処理時間を大幅に削減できる。

【0052】

画素指向処理から得られた信号値は、一般的に複合信号値であり、直角位相サンプルIおよびQによって表現できる。画像点でのエコー強度を得るためには、単純に直角位相サンプルを二乗して加算したものの平方根を用いて、信号の大きさを計算する。（ドップラー検出についての追加的処理として）位相情報が必要ならば、複合信号表現のまま維持してもよい。

10

【0053】

このコンピュータによる方法を用いれば、画素の再構成信号値を計算するのに必要な処理ステップ数は、流入方式よりかなり減少する。サンプル計算から得られる予測は、一般的な画像サイズの場合、圧倒的な演算の削減、つまり完全に一桁分の削減が可能になることを意味する。さらに、近年の処理装置のベクトル処理能力を用いれば、必要な行列演算は実行可能であり、単一命令を使用して複数データを演算できる（これらの命令は‘SIMD’命令と呼ばれ、SIMDはsingle instruction、multiple dataの略である。例えば、パワーPCのアルティベック処理ユニットは、1つのクロックサイクルで、8個の16ビットサンプルをそれぞれ含み、2つのベクトルの掛け算および累算を実行できる）。これらの因子は、1つ以上の汎用処理装置を使用して、超音波画像データの実時間処理を実行することを実現可能にする。

20

【0054】

一般的な画像処理走査では、画素指向処理方法は中間データ集合を生成しないことに注目することが重要である。その処理方法は、分割しマッピングした収集データ上で単純な一連の行列演算を行い、RFデータを収集した未処理の収集から画素強度へ直接進む。出力画像の各画素は、各自固有の収集データ領域へマッピングし、各自の処理行列を持つので、生の収集データから所望の音信号予測へ直接変換することが可能である。これは、一般的に、送受信光線列に沿ってビーム形成されたRFサンプルへ個々のチャンネルRFデータを一般的に処理した後、ディスプレイ用に走査変換される検出振幅データ集合を生成する従来の流入方式にはないものである。画素指向処理方法では、セクター型走査の場合に極座標から直角座標への変換を伴う走査変換処理でさえ、単一処理演算に含まれる。

30

【0055】

画像データの規格外な形については、レンダリングする画素の収集は画素集合とみなすのが適切である。ユーザへ提示された実際のディスプレイは、ディスプレイフレームとして処理およびレンダリングされた複数の画素集合を構成することができる。この概念は、ドップラー画像処理と合成された2D画像処理、時間動作画像処理（Mモード）と合成された2D画像処理、またはスペクトルドップラーディスプレイと合成された2D画像処理のような、超音波走査処理の様々な通常モードと同様に、複合走査型を実行するのに有用である。時間動作画像処理およびスペクトルドップラーの場合、画素集合は、単一画素行を構成し、ディスプレイと交差して連続移動する。

40

【0056】

新たなソフトウエアベースの超音波方式の柔軟性は、通常の流入方式を上回る、別の利点を提供する。あらかじめ、どのように新たな画素指向処理方法を使用して、通常の超音波画像処理収集モードを実行できるかを上述した。個々のチャンネルRFデータがメモリで捕らえられるので、超音波画像処理の代替モードもサポートできる。重要な例は、しばしば‘均一照射画像処理方法’または‘点減送信方法’と呼ばれる。この方法では、画像フィールド全体を、単一の、未フォーカス送信パルスを用いて一回で調査し、その後振動子アレイに含まれる各個々の振動子エレメントからメモリバッファーに至る帰還エコー信号の収集が行われる。個々の振動子エレメントデータの適切な処理を用いれば、さらなる送

50

信パルスが必要とせず、画像面全体が再構成できる。したがって、点滅送信技術は、従来
の方法を使用して、単一走査列の収集に要する時間と同じ時間で、全画像を収集できるの
で、一般的な走査よりも128倍高く理論上のフレームレートを提供する。

【0057】

図9A-9Cは、上述の画素指向処理方法におけるバリエーションをまとめている。図9Aは
、受信エコー信号と記憶アレイにあらかじめ記憶された信号との合成を表す。これにより
、複数の送受信収集の信号平均化のような機能は、受信信号のSN比およびダイナミックレ
ンジを向上、改良することが可能となる。図9Bは、複数の送受信収集からの処理画素信号
を合成し、画素信号のある側面を向上させる方法を示す。上記において、この方法は各画
素についての送受信収集数の変化からデータ合成のために使用されていたもので、送受信
収集数は、画素位置での振動子に対する媒体動作の計算に基づく。

10

【0058】

最後に、図9Cは、画素データ集合または収集処理からの画像フレームを処理し、分離し
た図である。ここでは、画像を生成するのに要する収集信号は、1つ以上の収集信号アレ
イを構成する、データ集合へグループ化される。記憶領域は十分に大きく作成され、輪状
に書き込むことができる多くのこれらデータ集合を記憶する。この方法では、画素信号処
理をディスプレイに適する低レートで実行してもよく、エコー信号データの収集を音速の
考慮によってのみ制限される高レートで実行してもよい。収集が終了したとき、全デー
タ集合は低レートで処理でき、スローモーション表示を提供する。

【0059】

20

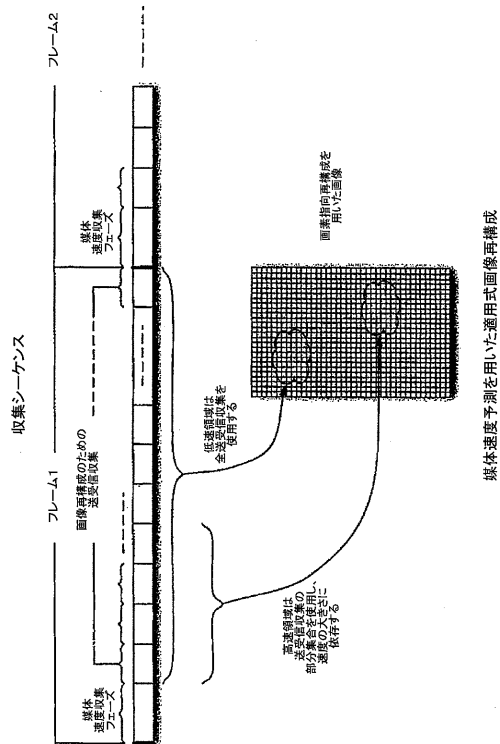
上述の様々な実施形態は、組み合わせることができ、さらなる実施形態を提供する。こ
の明細書で参照された、および/またはアプリケーションデータシートに掲載されたすべ
てのUS特許、US特許公報、US特許出願、外国特許、外国特許出願および非特許公報は、参
照によってそのままここで包括される。もし様々な特許、出願及び公報の概念を取り入れ
る必要があるならば、実施形態の側面は変更することができ、更なる実施形態を提供する
。

【0060】

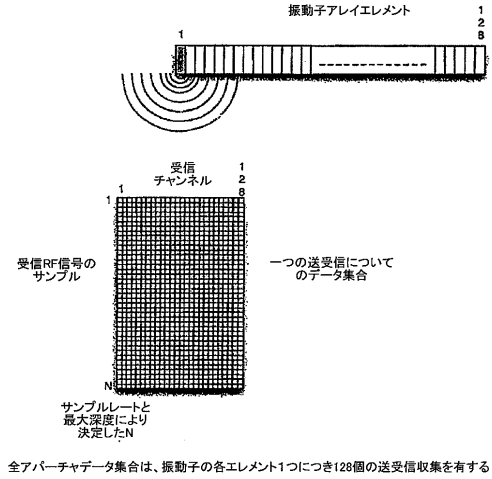
上記の発明の詳細な説明を考慮すると、これらおよび別の変更は実施形態へ適用できる
。一般的に、以下の請求項で用いられる用語が、明細書および請求項で開示された特定の
実施形態に請求項を制限するものと解釈すべきでなく、均等物の全範囲に沿った全ての可
能な実施形態を含むと解釈すべきであり、そのような請求項が与えられる。従って、請求
項は本開示によって制限すべきでない。

30

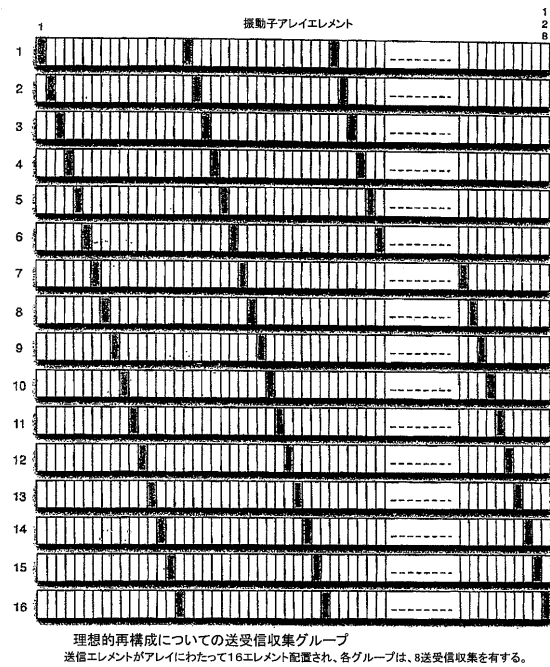
【 図 1 】



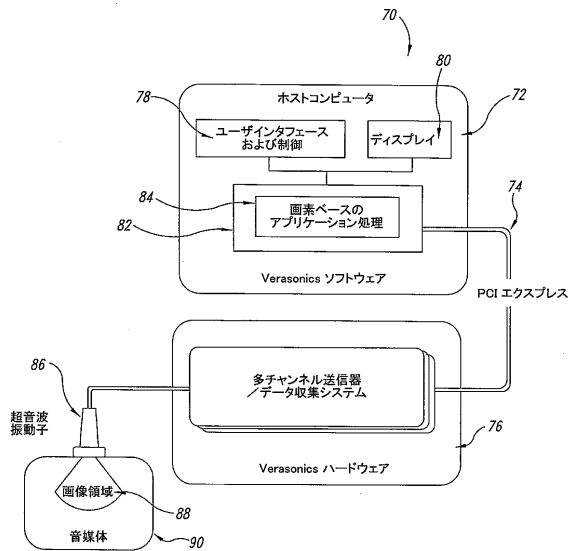
【 図 2 】



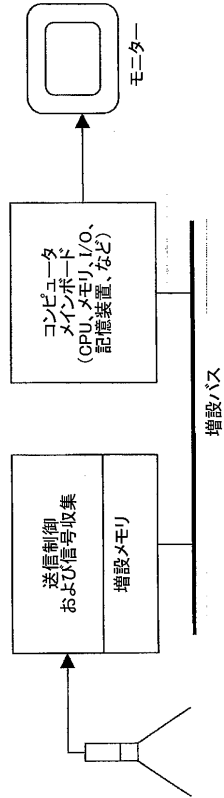
【 図 3 】



【 図 4 】

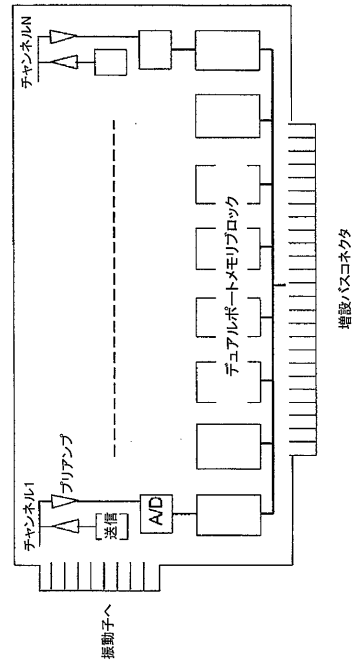


【図 5】



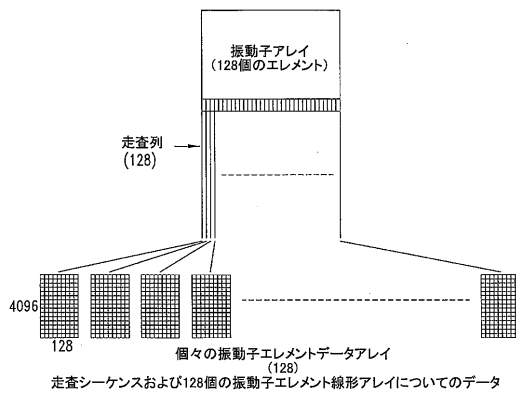
ソフトウェアベースのシステム方式

【図 6】

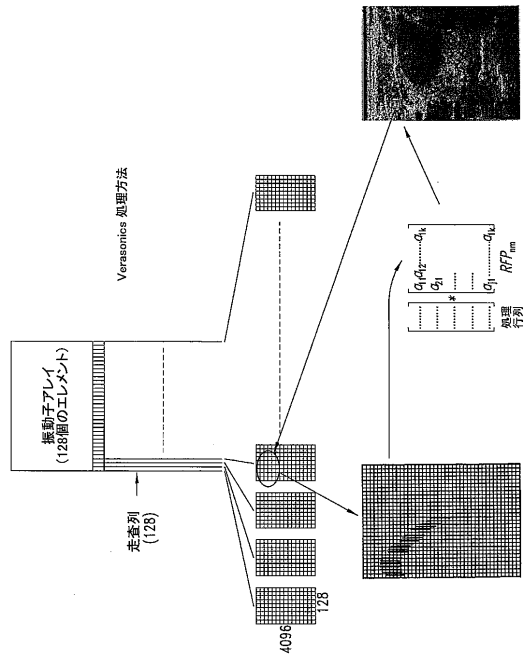


収集回路を含むプラグインモジュールの略図

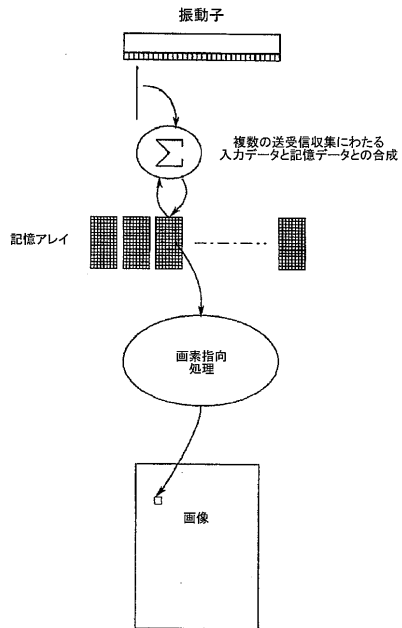
【図 7】



【図 8】

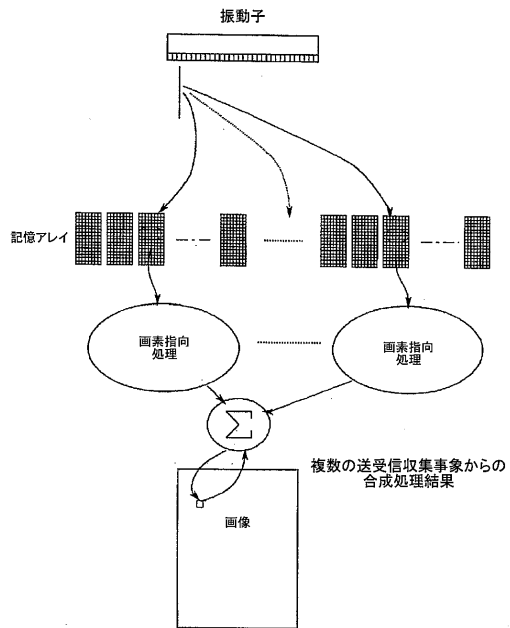


【図 9 A】



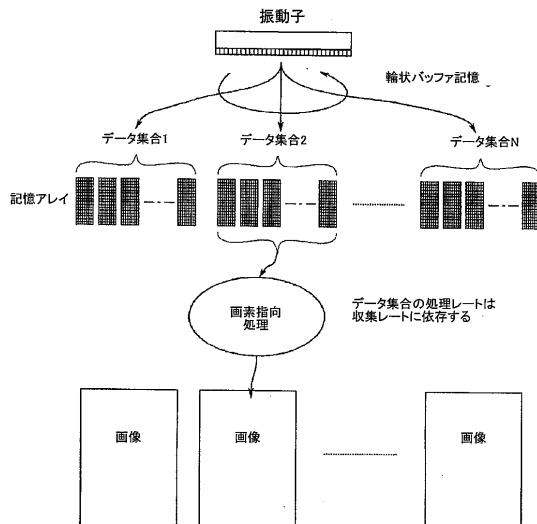
新たな収集データは記憶装置内のデータと合成可能であり、
入力信号の品質を改良する

【図 9 B】



複数の収集からの処理結果は合成可能であり、
出力画素信号を改良する

【図 9 C】



出力画像フレームの処理は収集レートとは
異なるレートで実行可能である

フロントページの続き

(72)発明者 デイグル, ロナルド, エルヴィン
アメリカ合衆国 98053 ワシントン州, レッドモンド, ノースイースト 62エヌディー
ブレイス 22126

審査官 後藤 順也

(56)参考文献 特開2003-220059(JP, A)
特開平10-286256(JP, A)
国際公開第2006/113445(WO, A1)
特表2007-513726(JP, A)
特表2008-536578(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	基于局部媒体运动检测处理的自适应超声图像重建		
公开(公告)号	JP5689315B2	公开(公告)日	2015-03-25
申请号	JP2010522070	申请日	2008-08-22
[标]申请(专利权)人(译)	维拉声学公司		
申请(专利权)人(译)	维拉区尼克斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	维拉区尼克斯公司		
[标]发明人	デイグルロナルドエルヴィン		
发明人	デイグル,ロナルド,エルヴィン		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/14		
CPC分类号	G01S7/5205 A61B8/00 A61B8/5276 G01S7/52034 G01S7/52046 G01S15/8997		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
代理人(译)	渡辺 敏章		
优先权	60/957600 2007-08-23 US		
其他公开文献	JP2010536502A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种用于使用从超声换能器获取的数据形成介质图像的图像重建系统方法，该方法包括检测介质中的位置与换能器之间的相对运动的步骤；从检测相对运动确定相对介质速度；基于所确定的速度设置图像点的重建周期；根据重建期确定在重建期间使用的获取数据量；并使用所确定的获取数据量来重建用于显示的图像点。该系统包括数据采集系统，配置成处理数据的处理器，以及用于显示图像的图像显示设备。