

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02013/038847

発行日 平成27年3月26日 (2015. 3. 26)

(43) 国際公開日 平成25年3月21日 (2013. 3. 21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00 4 C 6 0 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 33 頁)

出願番号	特願2013-533575 (P2013-533575)	(71) 出願人	000153498 株式会社日立メディコ 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2012/070113	(74) 代理人	110000888 特許業務法人 山王坂特許事務所
(22) 国際出願日	平成24年8月7日 (2012. 8. 7)	(72) 発明者	池田 貞一郎 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(31) 優先権主張番号	特願2011-202342 (P2011-202342)	(72) 発明者	東 隆 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(32) 優先日	平成23年9月15日 (2011. 9. 15)	(72) 発明者	鱒沢 裕 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

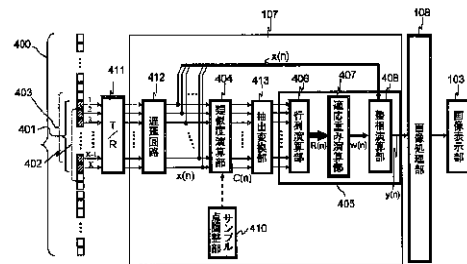
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波撮像装置

(57) 【要約】

超音波撮像装置の受信信号の整相処理に用いる重み値を、適応信号処理の手法でありながら、少ない演算量で精度よく求める。

被検体からの超音波信号を複数の素子401で受信し、受信信号 $x(n)$ 間の類似度を類似度演算部404により求める。類似度演算部404の求めた受信信号間の類似度 $C(n)$ を用いて、類似度に対応した適応重み $w(n)$ を適応重み演算部407により求める。適応重み $w(n)$ と受信信号 $x(n)$ とを用いて整相出力を整相演算部408により生成する。整相出力を用いて画像データを画像処理部108が作成する。例えば、類似度演算部404は、時間方向について類似度の演算を行う。



- 103 Image display unit
- 108 Image processing unit
- 404 Degree-of-similarity computation unit
- 406 Matrix computation unit
- 407 Adaptive weight computation unit
- 408 Phasing computation unit
- 410 Sample point adjustment unit
- 411 T/R
- 412 Delay circuit

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検体からの超音波信号を受信する複数の素子と、前記複数の素子の受信信号間の類似度を求める類似度演算部と、前記類似度演算部の求めた前記受信信号間の類似度を用いて、前記類似度に対応した適応重みを求める適応重み演算部と、前記適応重みと前記受信信号とを用いて整相出力を生成する整相演算部と、前記整相出力を用いて画像データを生成する画像処理部とを有することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記類似度演算部は、時間方向について前記類似度の演算を行うことを特徴とする超音波撮像装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記適応重み演算部は、前記類似度演算部の求めた前記類似度を用いて適応信号処理を行うことにより前記適応重みを求めることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記複数の素子と前記類似度演算部との間には、前記超音波信号の焦点位置に応じて前記複数の素子が受信した受信信号をそれぞれ遅延させて波面をそろえる遅延部をさらに有し、

前記類似度演算部は、前記遅延部が遅延させた前記受信信号の類似度を求めることを特徴とする超音波撮像装置。

20

【請求項 5】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記類似度演算部と前記適応重み演算部との間には、前記類似度の特徴を示す所定の指標値を抽出する抽出部が配置され、前記適応重み演算部は、前記抽出部が抽出した指標値を前記類似度として用いることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 6】

請求項 3 に記載の超音波撮像装置において、前記適応重み演算部は、前記受信信号間の前記類似度から空間共分散行列を生成し、適応信号処理を行うことにより前記適応重みを求めることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記複数の素子は並べて配置され、前記類似度演算部は、前記複数の素子のうち所定の数だけ離れた 2 つの素子の受信信号間の類似度を求めることを特徴とする超音波撮像装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記適応重み演算部が求めた前記適応重みの数が前記受信信号の数よりも少ない場合、前記整相演算部は、前記適応重みの数に合わせて前記複数の受信信号を縮退させる演算を行い、縮退させた受信信号と前記適応重みを用いて前記整相出力を生成することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記適応重み演算部は、類似度の分布と重み値との組み合わせが予め複数種類格納された重みメモリ部と、前記類似度演算部から受け取った複数の類似度の分布に基づき、前記重みメモリ部内に格納された前記類似度の分布と重み値との組み合わせを選択することにより、前記類似度演算部から受け取った複数の類似度に対応する重み値を選択する重み推定部とを有することを特徴とする超音波撮像装置。

40

【請求項 10】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記適応重み演算部は、第 1 演算部と、第 2 演算部とを有し、

前記第 1 演算部は、前記類似度演算部の求めた前記類似度を用いて適応信号処理を行って前記適応重みを演算し、

50

前記第2演算部は、類似度の分布と重み値との組み合わせが予め複数種類格納された重みメモリ部と、前記類似度演算部から受け取った複数の類似度の分布に基づき、前記重みメモリ部内に格納された前記類似度の分布と重み値との組み合わせを選択することにより、前記類似度演算部から受け取った複数の類似度に対応する重み値を選択する重み推定部とを備えることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項11】

請求項10に記載の超音波撮像装置において、前記第1演算部の演算結果と、第2演算部の演算結果との差分を求める差分部と、前記差分部の求めた差分に応じて、前記第2演算部の重みメモリ部内に格納された重み値を変更する重み変更部とをさらに有することを特徴とする超音波撮像装置。

10

【請求項12】

請求項10に記載の超音波撮像装置において、前記適応重み演算部は、前記第1演算部または第2演算部を選択的に駆動させる駆動切り替え部、および、前記第1演算部および第2演算部の出力の一方を選択的に前記画像処理部に受け渡す出力切り替え部の少なくとも一方を有することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項13】

請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記駆動切り替え部および前記出力切り替え部の切り替えタイミングを制御するタイミング制御部を有することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項14】

請求項2に記載の超音波撮像装置において、前記受信信号の時間方向について、任意の長さの窓を設定する窓長さ調整部をさらに有し、

20

前記類似度演算部は、前記窓長さ調整部によって設定された前記窓内の受信信号について、前記受信信号間の類似度を求めることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項15】

請求項5に記載の超音波撮像装置において、前記類似度は関数であり、前記類似度の特徴を示す所定の前記指標値は、振幅、位相、前記振幅と前記位相を用いた複素数、前記複素数の実部のみ、および、前記複素数の虚部のみ、のうちの1以上であることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項16】

30

請求項5に記載の超音波撮像装置において、前記抽出部は、前記類似度の特徴を示す前記指標値として、振幅、位相、前記振幅と前記位相を用いた複素数、前記複素数の実部のみ、および、前記複素数の虚部のみ、のうちの1以上を任意に切り替えて抽出させる指標切り替え部を有することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項17】

請求項1に記載の超音波撮像装置において、前記類似度演算部は、求めた前記類似度を時間方向に間引いて出力するデシメート演算部を有することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項18】

被検体からの超音波信号を受信する複数の素子と、前記複数の素子の受信信号間の類似度を求める類似度演算部と、前記類似度演算部の求めた前記受信信号間の類似度を用いて適応重みを求める適応重み演算部と、前記適応重みと前記受信信号とを用いて整相出力を生成する整相演算部と、前記整相出力を用いて画像データを生成する画像処理部とを有することを特徴とする超音波撮像装置。

40

【請求項19】

請求項18に記載の超音波撮像装置において、前記類似度演算部と前記適応重み演算部との間には、前記類似度の特徴を示す所定の指標値を抽出する抽出部と、前記抽出部で抽出された指標値に基づいて前記複数の素子の受信信号をそれぞれ遅延させて波面をそろえる遅延部が配置され、前記適応重み演算部は、前記遅延部が遅延させた前記受信信号を用いて前記適応重みを求めることを特徴とする超音波撮像装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて被検体内の画像を撮像する超音波撮像技術に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波撮像技術とは、超音波（聞くことを意図しない音波、一般的には20kHz以上の高周波数の音波）を用いて人体をはじめとする被検体の内部を非侵襲的に画像化する技術である。一つの例として、医用超音波撮像装置について簡単に説明する。超音波探触子は、超音波を患者の体内に向けて送信し、患者体内から反射されるエコー信号を受信する。受信信号は、超音波探触子および超音波撮像装置本体の一方またはその双方において信号処理を施された後、画像表示部に受け渡され、超音波画像が表示される。より詳しく説明すると、例えば超音波撮像装置本体中の送信ビームフォーマにおいて送信ビームの信号が生成され、送受信分離回路を経た後に、超音波探触子に送られる。超音波探触子は、超音波を発信する。超音波探触子は、体内からのエコー信号を受信した後、撮像装置本体に信号を伝達する。撮像装置本体中で、受信信号は送受信分離回路および受信ビームフォーマを通り、画像処理部に伝達される。画像処理部では、各種フィルタ、スキャンコンバータなど様々な画像処理が実行される。最終的に画像表示部に超音波画像が表示される。

10

【0003】

このように一般的な超音波診断装置は、送信ビームフォーミング、受信ビームフォーミングおよびバックエンドの画像処理の3つの技術によって構成されている。特に送信時および受信時のビームフォーマは、RF（高周波）レベルでの信号処理を行うため、ビームフォーマのアルゴリズムや実装アーキテクチャが超音波画像の基本画質を決定する。このため、ビームフォーマは、装置の基幹部である。

20

【0004】

受信ビームフォーマは、超音波探触子を構成する複数素子の各受信信号（受信データ）に対して、焦点位置と素子の位置との関係に応じて凹面型に遅延量が分布する遅延時間を与え、仮想的に空間のある一点に焦点（フォーカス）をあわせた後、受信信号データを加算する。この方法は、遅延加算方式による整相と呼ばれている。この遅延加算方式では、超音波診断装置の複数素子で受信された受信データと診断装置に蓄えられた固定の重みベクトルとを乗算するという処理手段によって遅延を実現している。これは受信ビームフォーマのみならず、送信ビームフォーマでも同様である。

30

【0005】

一方、超音波撮像装置の基本的な問題として方位方向分解能の制約があることが知られている。超音波の送受信は、有限の開口径を持つアレイによって行われるため、開口部エッジの回折の影響が発生する。無限に長いアレイを用意すれば深さ方向と同様に無限の分解能向上の可能性があるが、現実的には送受アレイの長さ、という装置設計上の物理的な制約があるため、方位方向の分解能向上が妨げられてきた。近年になって、ビームフォーマの遅延加算時に遅延のために用いる前述の固定の重みベクトルを、時系列の送受信データの一つ一つに対して適応的に変化させることにより、より高精細な超音波画像を得る試みが注目を集めている。これにより、ビームフォーミング技術における本質的な課題の一つ方位方向の分解能が格段に向上する可能性がある。

40

【0006】

特に近年では、移動体通信の分野で発達してきたMVD R法（Minimum Variance Distortionless Response; Capon法）をはじめとした適応信号処理の技術を、超音波画像処理に利用することが例えば特許文献1に開示されている。適応的手法を用いることにより、従来、固定値であった重みベクトルを受信信号の時間方向のサンプル点ごとに求め、これを受信信号に乗算することにより遅延させることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第 1 0 / 6 7 6 7 7 7 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

超音波診断装置において、MVD法をはじめとした適応信号処理の技術をビームフォーマに適用する技術（アダプティブビームフォーマ）において、時間方向に推定を行わずに、空間方向の相関行列を逐次（毎サンプル・毎チャンネル）計算をすると、時間方向に分散してしまったエネルギーの誤差を収束させることが困難になる。このため、画像中の点像が時間方向（深さ方向）へぼやけ、各種雑音に対する処理の不安定さが生じ、画像ノイズ・エラーの原因となる。

10

【 0 0 0 9 】

一方、時間方向の推定と空間方向の推定の双方を適応信号処理で行った場合、莫大な処理負荷になり、実装コストが増大する。これらの、処理能力と推定処理負荷のトレードオフは、実装への大きな障壁となる。

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、超音波撮像装置の受信信号の整相処理に用いる重み値を、適応信号処理の手法でありながら、少ない演算量で精度よく求めることにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するために、本発明によれば以下のような超音波撮像装置が提供される。すなわち、被検体からの超音波信号を受信する複数の素子と、複数の素子の受信信号間の類似度を求める類似度演算部と、類似度演算部の求めた受信信号間の類似度を用いて、当該類似度に対応した適応重みを求める適応重み演算部と、適応重みと受信信号とを用いて整相出力を生成する整相演算部と、整相出力を用いて画像データを生成する画像処理部とを有する超音波撮像装置である。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 1 2 】

本発明では、あらかじめ受信信号について類似度演算処理を行い、求めた類似度を用いて適応重みを演算することにより、演算量を低減し、正確な点像の推定を行うことができる。例えば、時間方向の類似度演算処理を行うことにより、比較的少ない演算量で時間方向のずれを補正し、より正確な点像の推定を行うことができる。これにより、時間方向（深さ方向）の画像のぼけを修正し、径の小さい点像が得られるとともに、偽像や雑音も低減した超音波画像を安定的に得ることができる。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 (a) 本実施形態の超音波撮像装置の概略構成を示す斜視図、(b) ブロック図。

【 図 2 】 第 1 の実施形態の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

【 図 3 】 第 1 の実施形態の受信ビームフォーマの信号処理を示すフローチャート。

40

【 図 4 】 第 1 の実施形態の受信ビームフォーマの動作を示す説明図。

【 図 5 】 (a) 第 1 の実施形態の遅延回路 4 1 2 の処理により波面がそろった受信信号 2 0 8 を示す説明図、(b) 類似度演算部 4 0 4 により求められた類似度関数と、抽出変換部 4 1 3 の抽出する指標値の例を示す説明図、(c) 波面がそろった受信信号のサンプル時間 n における出力の、チャンネル方向の分布を示すグラフ、(d) 類似度関数のサンプル時間 n における指標 () の、チャンネル方向の分布を示すグラフ。

【 図 6 】 比較例の受信ビームフォーマの動作を示す説明図。

【 図 7 】 第 2 の実施形態の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

【 図 8 】 第 2 の実施形態の受信ビームフォーマの信号処理を示すフローチャート。

【 図 9 】 第 3 の実施形態の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

50

【図10】第4の実施形態の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

【図11】第5の実施形態の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

【図12】(a)第6の実施形態の受信ビームフォーマの一部構成を示すブロック図、(b)デシメート演算処理を示す説明図。

【図13】本実施形態の超音波撮像装置のコンソールの斜視図。

【図14】(a)第1の実施形態の超音波撮像装置で得た画像、(b)従来型の遅延加算方式(類似度演算処理と適応整相エンジン405なし)で得た比較例の画像、(c)適応整相エンジンのみを用い、時間方向平均化処理して得た比較例の画像、(d)適応整相エンジンのみを用い、時間方向平均化を行わずに得た比較例の画像。

【図15】(a)図14(a)~(d)の超音波画像の最大輝度点が位置する深さの輝度をチャンネル方向に沿ってプロファイルしたグラフ、(b)図14(a)~(d)の超音波画像の最大輝度点が位置するチャンネルの輝度を深さ方向にプロファイルしたグラフ。

【図16】第7の実施形態の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

【図17】第7の実施形態の受信ビームフォーマの信号処理を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の第1の態様によれば以下のような超音波撮像装置が提供される。すなわち、被検体からの超音波信号を受信する複数の素子と、複数の素子の受信信号間の類似度を求める類似度演算部と、類似度演算部の求めた受信信号間の類似度を用いて、当該類似度に対応した適応重みを求める適応重み演算部と、適応重みと受信信号とを用いて整相出力を生成する整相演算部と、整相出力を用いて画像データを生成する画像処理部とを有する超音波撮像装置である。このような構成とすることにより、超音波撮像装置の受信信号の整相処理に用いる重み値を、適応信号処理の手法を用いながら、少ない演算量で精度よく求めることができる。

【0015】

類似度演算部が類似度演算を行う方向は、時間方向であることが好ましい。

【0016】

適応重み演算部は、例えば、類似度演算部の求めた類似度を用いて適応信号処理を行うことにより適応重みを求める構成とする。

【0017】

複数の素子と類似度演算部との間には、超音波信号の焦点位置に応じて複数の素子が受信した受信信号をそれぞれ遅延させて波面をそろえる遅延部がさらに配置されていることが好ましい。これにより類似度演算部は、この遅延部が遅延させた受信信号の類似度を求めることができる。

【0018】

また、例えば、類似度演算部と適応重み演算部との間に、類似度の特徴を示す所定の指標の値を抽出する抽出部を配置し、適応重み演算部は、抽出部が抽出した指標値を類似度として用いる構成とする。

【0019】

適応重み演算部は、例えば、受信信号間の類似度から空間共分散行列を生成し、適応信号処理を行い、適応重みを求める構成とする。

【0020】

超音波信号を受信する複数の素子は、並べて配置することができる。この場合、類似度演算部は、複数の素子のうち所定の数だけ離れた2つの素子の受信信号間の類似度を求める構成とする。

【0021】

適応重み演算部が求めた適応重みの数が受信信号の数よりも少ない場合には、整相演算部が、適応重みの数に合わせて複数の受信信号を縮退させる演算を行って、縮退させた受信信号と適応重みを用いて整相出力を生成してもよい。

【0022】

10

20

30

40

50

本発明の第2の態様によれば、以下のような超音波撮像装置が提供される。すなわち、被検体からの超音波信号を受信する複数の素子と、複数の素子の受信信号間の類似度を求める類似度演算部と、類似度演算部の求めた受信信号間の類似度を用いて適応重みを求める適応重み演算部と、適応重みと受信信号とを用いて整相出力を生成する整相演算部と、整相出力を用いて画像データを生成する画像処理部とを有する超音波撮像装置である。このような態様の超音波撮像装置は、超音波撮像装置の受信信号の整相処理に用いる重み値を、適応信号処理の手法を用いながら、少ない演算量で精度よく求めることができる。

【0023】

上記第2の態様において、類似度演算部と前記適応重み演算部との間には、類似度の特徴を示す所定の指標値を抽出する抽出部と、抽出部で抽出された指標値に基づいて複数の素子の受信信号をそれぞれ遅延させて波面をそろえる遅延部を配置することができる。この場合、適応重み演算部は、遅延部が遅延させた受信信号を用いて適応重みを求めることができる。

10

【0024】

このように、本発明では、あらかじめ受信信号について類似度演算処理を行い、求めた類似度もしくは、求めた類似度により遅延させた受信信号を用いて適応重みを演算することにより、演算量を低減し、正確な点像の推定を行うことができる。例えば、時間方向の類似度演算処理を行うことによって、比較的少ない演算量で時間方向のずれを補正し、より正確な点像の推定を行うことができる。これにより、時間方向（深さ方向）の画像のぼけを修正し、径の小さい点像が得られるとともに、偽像や雑音も低減した超音波画像を安定的に得ることができる。

20

【0025】

本発明の一実施形態の具体例について説明する。

【0026】

（第1の実施形態）

上述した本発明の第1の態様の超音波撮像装置を第1の実施形態として具体的に説明する。

【0027】

まず、図1(a)、(b)を用いて超音波撮像装置の全体構成について説明する。図1(a)は装置の斜視図、図1(b)は内部の概略構成を示すブロック図である。

30

【0028】

図1(a)のように、超音波撮像装置は、超音波探触子101と装置本体102と画像表示部103とを備えている。装置本体102内には、図1(b)のように送信ビームフォーマ104と、送受信分離回路411と、受信ビームフォーマ107と、画像処理部108が配置されている。

【0029】

送信ビームフォーマ104において送信ビーム用の信号が生成され、送受信分離回路411を経て、超音波探触子101に受け渡される。超音波探触子101は、超音波を被検体100の体内に向けて送信し、体内で反射されたエコー信号を超音波探触子101で受信する。受信信号は、送受信分離回路411を経て受信ビームフォーマ107において整相演算処理等が施される。整相演算処理後の受信信号は、画像処理部108に受け渡され、各種フィルタ、スキャンコンバータなど様々な画像処理が実行され、超音波画像が生成される。超音波画像は、画像表示部103に受け渡され、表示される。

40

【0030】

図2は、受信ビームフォーマ107の構成を示すブロック図である。この受信ビームフォーマは、適応信号処理の技術をビームフォーマに適用するアダプティブビームフォーマである。図2のように、受信ビームフォーマ107は、遅延回路412と、類似度演算部404と、サンプル数調整部410と、抽出部変換部413と、適応整相エンジン405とを含む。これら受信ビームフォーマ107の各部は、それぞれを独立した回路で構成することも可能であるし、予めプログラムを格納したメモリと、そのプログラムを読み込ん

50

で実行するCPUやGPUにより各部の動作を実現する構成にすることも可能である。

【0031】

類似度演算部404は、超音波探触子101を構成する複数の素子の受信データ（以下、受信データともいう）同士の時間方向の類似度を演算により求め、演算結果に基づいて計算された情報を適応整相エンジン405の入力とする。あらかじめ時間方向の類似度演算処理を行うことによって、適応整相エンジン405では、比較的少ない演算量で時間方向のずれを補正でき、より正確な点像の推定を行うことができる。なお、類似度演算部404の前段として、遅延回路412を配置し、超音波探触子を構成する複数素子の各受信信号に対して、素子の位置に応じて遅延時間を与え、仮想的に空間のある一点に焦点（フォーカス）をあわせる処理を行う。

10

【0032】

超音波探触子101は、アレイ状に配列した複数の素子（超音波振動子）400を備えている。本実施形態では、アクティブチャンネル技術を採用しており、1本の送信超音波ビームに対する受信エコーを受信した超音波探触子101のうち、素子400の中の一部の領域の素子をアクティブチャンネル401とし、アクティブチャンネル401の受信信号を用いて超音波伝搬方向の1本の画像データ（1ラスタ）を生成する。図2のように、素子の位置を少しずつずらしながら複数のアクティブチャンネル402、401、403と順次構成し、それぞれのアクティブチャンネル402、401、403についてラスタを生成し、その結果を並べたものが超音波画像となる。

20

【0033】

以下の説明では、1回の送受信に対応した1つのアクティブチャンネル401の各素子の受信データを適応整相処理することにより、1ラスタを生成する際の各部の動作を説明する。図3は、その際の受信ビームフォーマの処理を示すフローである。

【0034】

アクティブチャンネル401で受信された複数の受信データは、送受信分離回路411を通して、受信ビームフォーマ107の遅延回路412に入力される。

【0035】

ステップ31において、遅延回路412は、図4に示すように、アクティブチャンネル401を構成する複数素子400の各受信信号（受信データ）に対して、空間内の一点201を中心に凹面型205に遅延量が分布する遅延時間を、素子の位置に応じて与え、仮想的に焦点201に焦点（フォーカス）をあわせる（ステップ31）。凹面型205の形状を例えば凹面型206、207に変えることにより、点202、203にそれぞれ焦点を合わせることができる。これにより、所望の焦点に合わせて、各素子400の受信信号204を遅延させ、波面1000のそろった受信信号（受信データ）208を得ることができる。

30

【0036】

図5(a)のように、アクティブチャンネル401を構成する素子数（チャンネル数）がK個であれば、あるサンプル時刻nにおけるK個の受信データ208は下記式(1)のベクトル $x(n)$ として表すことができる。

【0037】

【数1】

$$\mathbf{x}(n) = [x_1(n), x_2(n), \dots, x_K(n)]^T \quad \dots (1)$$

40

【0038】

ステップ32において、遅延回路412の後段に配置された類似度演算部404は、遅延回路412からK個の受信データからなるベクトル $x(n)$ を入力信号として受けとり、異なるチャンネル（素子）の受信信号間の類似度演算を行う。具体的には、類似度演算部404では、アクティブチャンネル（総数K）のチャンネル間での類似度関数を計算し、その結果を出力する。類似度関数としてはマハラノビス距離、ピアソン類似度関数、相互相関関数などの複数の信号ベクトル間の類似度を出力するいかなる関数を用いてもよい。

50

【 0 0 3 9 】

ここでは類似度演算の一例として、相互相関関数を用いた演算について説明する。相互相関関数は、ある信号と他の信号との類似度を表す手法の一つであり、一般的に次の式(2)の関数 $C_p(n)$ で表される。式(2)のように、相互相関関数 $C_p(n)$ は、あるチャンネル p の受信データ $x_p(n)$ と、チャンネル p から q チャンネル分離れたチャンネル $p+q$ の受信データ $x_{p+q}(n)$ を時間方向にだけフリップして共役をとった信号 $x_{p+q}^*(n+r)$ とのたたみ込みで表される。ここで、チャンネル p とチャンネル $p+q$ とがいくつ離れているように設定するかは任意であり、 q は式(3)を満たしていればどのような値でもよい。たとえば $q=1$ であれば、 $C_p(n)$ は隣接チャンネル間の相互相関関数となる。総チャンネル数が K である時に、式(4)で表されるように、 $K-q$ 個の相互相関関数 $C_1(n) \sim C_{K-q}(n)$ が出力される。たとえば、 $q=3$ では3チャンネル離れたチャンネルとの相関を取ることになり、(ch.1, ch.4), (ch2, ch5) ... (ch.K-3, ch.K) の全部で $(K-3)$ 組の相互相関関数 $C_1(n) \sim C_{K-q}(n)$ が出力される。また、式(2)において、積分区間 $-r$ から r は、図5(a)に示す相互相関窓 1003 の区間を示し、相互相関窓 1003 内のサンプル時刻ごとの受信データ $x(n)$ について式(2)の演算を行う。

10

【 0 0 4 0 】

【 数 2 】

$$C_p(n) = \int_{-r}^r x_p(n) x_{p+q}^*(n+\tau) d\tau \quad \dots (2)$$

20

【 数 3 】

$$1 \leq q \leq K-2 \quad \dots (3)$$

【 数 4 】

$$1 \leq p \leq K-q \quad \dots (4)$$

【 0 0 4 1 】

式(2)により求めた相互相関関数 $C_1(n) \sim C_{K-q}(n)$ を図5(b)に示す。ただし、図5(b)では、 $q=1$ の場合を例示している。

【 0 0 4 2 】

30

なお、相互相関窓 1003 の大きさは、予め定めた固定値であってもよいし、サンプル点調整部 410 が、操作者の指示に応じて任意の大きさに設定する構成とすることも可能である。具体的には、式(2)において、積分区間 r の大きさを変化させることにより相互相関窓 1003 の大きさを変更することができる。すなわち、サンプル点調整部 410 は、受信信号の時間方向について、任意の長さの窓を設定する窓長さ調整部として機能する。

【 0 0 4 3 】

式(2)により演算された $K-q$ 個の相互相関関数 $C_1(n) \sim C_{K-q}(n)$ は、抽出変換部 413 に受け渡される。ステップ 33 において、抽出変換部 413 は、式(5)および式(6)のように、相互相関関数 $C_p(n)$ の特徴を示す所定の1以上の指標(パラメータ)の値を抽出する。パラメータ値は、 $K-q$ 個の相互相関関数 $C_1(n) \sim C_{K-q}(n)$ ごとに抽出する。パラメータとしては、 $C_p(n)$ の時間方向の最大値(ピーク振幅) a_p 、最大値 a_p を取る時刻の基準時刻 t_0 からのずれ分 $t_p(n)$ 、 $t_p(n)$ を位相に変換した $\phi_p(n)$ 、式(7)で示す最大値 a_p と $\phi_p(n)$ で表した複素数(複素データ) $\tilde{C}_p(n)$ 、式(8)で示す複素成分 I_p と Q_p の組、および、複素成分の実部のみまたは虚部のみ、のうちの所定の1以上のパラメータを用いる。

40

【 0 0 4 4 】

抽出変換部 413 が抽出した所定のパラメータの値は、適応整相エンジン 405 の入力とする。パラメータとして複素データを用いた場合、位相 $\phi_p(n)$ と振幅 a_p の双方を利用することにより、適応整相エンジン 405 において精度の高い相互相関推定を行うこ

50

とができる。なお、式(7)におけるTは超音波の周期を表す。

【0045】

【数5】

$$a_p(n) = \sqrt{\max[C_p(n)]} \quad \dots (5)$$

【数6】

$$\Delta t_p(n) = t_{@ \max[C_p(n)]} - t_0 \quad \dots (6)$$

【数7】

$$\xi_p(n) = a_p(n) \exp(j\phi_p), \quad \phi_p = 2\pi \frac{\Delta t_p}{T} \quad \dots (7)$$

【数8】

$$I_p = a_p \cos \phi_p(n), \quad Q_p = a_p \sin \phi_p(n) \quad \dots (8)$$

【0046】

図2に示すように、抽出変換部413の後段には、適応整相エンジン405が配置されている。適応整相エンジン405は、複数の入力信号に基づき整相出力を生成するブロックであり、アダプティブビームフォーマ(受信ビームフォーマ)107の主演算部となっている。図2のように適応整相エンジン405は、行列演算部406、適応重み演算部407および整相演算部408を備えている。本実施形態では、適応重み演算部407のアルゴリズムとして、MVDアルゴリズムを用いる場合を例に、適応整相エンジン405の処理について説明する。

【0047】

ステップ34において、行列演算部406は、式(9)により空間共分散行列R(n)を計算する。R(n)は、抽出変換部413の抽出した a_p 、 $t_p(n)$ 、 $\phi_p(n)$ 、 I_p 、および、 Q_p の組、のうちの所定の1以上の値を用いて演算する。ここでは、複素データ ξ_p を用いて、式(9)の空間共分散行列R(n)を求める場合を例に説明する。式(9)のようにR(n)は、式(10)であらわされる複素ベクトル $\xi(n)$ と、その複素転置ベクトル $\xi^H(n)$ との積のアンサンブル平均をとったものである。

【0048】

【数9】

$$R(n) = E[\xi(n)\xi^H(n)] = E \left\{ \begin{pmatrix} \xi_1(n)\xi_1^*(n) & \xi_1(n)\xi_2^*(n) & \dots & \xi_1(n)\xi_{K-q}^*(n) \\ \xi_2(n)\xi_1^*(n) & \xi_2(n)\xi_2^*(n) & \dots & \xi_2(n)\xi_{K-q}^*(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \xi_{K-q}(n)\xi_1^*(n) & \xi_{K-q}(n)\xi_2^*(n) & \dots & \xi_{K-q}(n)\xi_{K-q}^*(n) \end{pmatrix} \right\}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{s=-S}^S \xi(n-s) \xi^H(n-s) \quad \dots (9)$$

【数10】

$$\xi(n) = [\xi_1(n), \xi_2(n), \dots, \xi_{K-q}(n)]^T \quad \dots (10)$$

【0049】

本発明は、式(9)のR(n)の入力(要素)として、類似度演算部404により演算した類似度を利用することに特徴がある。類似度を用いるため、受信のアクティブアレイ401の大きさをKとすると、空間共分散行列R(n)は、(K-q)×(K-q)の正方行

10

20

30

40

50

列となる。従来のアダプティブビームフォーマであれば、空間共分散行列への入力は、式(1)の $x(n)$ を用いるため、共分散行列は、 $K \times K$ の正方行列となる。

【0050】

なお、式(9)において、アンサンブル平均数 N は、対象サンプル点 (n) の前後 S サンプルずつの合計 $N=2S+1$ 点として、式(9)の最右辺のように一様平均とする。

【0051】

ステップ35において、空間共分散行列 $R(n)$ を受け取った適応重み演算部407では、MVD R法を用いて重みベクトル $w(n)$ を計算する。MVD R法による重みベクトルは、ここでは式(11)により求める。

【0052】

【数11】

$$w(n) = \frac{R^{-1}(n)}{a^H R^{-1}(n) a} \quad \dots (11)$$

【0053】

式(11)において $R(n)$ は、式(9)により生成した、時間方向のあるサンプル点 n における相関行列であり、 a はモードベクトルである。

【0054】

例えば、MVD R法をリニアスキャンのある1時刻の受信信号サンプルに対して適用する場合、到来方向 $q = 0^\circ$ を関心方向として得られた複素重みベクトル $w(n)$ は、関心方向以外の方向の応答を最小化する適応フィルタであり、方位方向の分解能向上が期待できる。本実施形態では、上述のように遅延回路412において遅延処理を施しているため、入力信号は $q = 0^\circ$ 方向に波面1000が揃ったデータとなっている。このため、式(9)において、モードベクトル a は、簡単に $a=[1, 1, \dots, 1]^T$ とすることができる。

【0055】

ステップ36において、整相演算部408は、適応重み演算部407で求めた複素重みベクトル $w(n)$ を受け取り、遅延回路412からバイパスさせて受け取った受信データベクトル $x(n)$ と、式(12)~式(14)のように演算する。これにより、整相演算部408は、アクティブチャンネル401に対応した1ラスタの整相出力 $y(n)$ を得る。

【0056】

式(12)、式(13)は、遅延回路412からバイパス入力した時点では K 個の成分であった受信データのベクトル $x(n)$ を、相互相関関数の個数 $K-q$ の要素で構成されるベクトル $z(n)$ に縮退させる台形重み処理である。この K 要素から $K-q$ 要素への変換においては、 K 要素から $K-q$ に縮退させることができればどのような演算であってもよい。よって、式(12)、式(13)の台形重み処理とは異なる線形演算を用いることも可能である。

【0057】

【数12】

$$x'_p(n) = [x_p(n), x_{p+1}(n), \dots, x_{p+K-q-1}(n)]^T \quad \dots (12)$$

【数13】

$$z(n) = \sum_{p=1}^{q+1} x'_p(n) = [z_1(n), z_2(n), \dots, z_{K-q}(n)]^T \quad \dots (13)$$

【数14】

$$y(n) = w^H(n) z(n) \quad \dots (14)$$

【0058】

式(14)によって得られた1ラスタの整相出力 $y(n)$ は、アクティブチャンネル4

10

20

30

40

50

01からアクティブチャンネル402、403へと受信アレイ上をシフトしていくに伴って、1ラスタごとに画像処理部108に受け渡される。画像処理部108においては、スキャンコンバータにより、全ラスタを並べ2次元画像として生成する。また、各種フィルタ処理等の様々なバックエンド画像処理がなされる。最終的に、画像表示部103に超音波画像が表示される。

【0059】

このように、本実施形態では、適応的手法では、受信信号 $x(n)$ の時間方向のサンプル点ごとに、受信信号を用いて演算により重みベクトル $w(n)$ を求め、この $w(n)$ と $x(n)$ と演算処理することにより整相出力 $y(n)$ に得ることができる。よって、比較例として図6に示すように、固定値の重みベクトル w を用いる場合と比較して、適応的に重みベクトルを変化させることができるため、高精細な超音波画像を得ることができる。

10

【0060】

しかも、本実施形態では、あらかじめ時間方向の類似度演算処理を行うため、適応整相エンジン405では、比較的少ない演算量で時間方向のずれを補正し、より正確な点像の推定を行うことができる。これにより、時間方向(深さ方向)の画像のぼけを修正し、より締まった点像を得ることができる。また偽像や雑音が少ない超音波画像を安定的に得ることができる。

【0061】

類似度演算処理を行う効果について、図5(c)、(d)を用いてさらに説明する。図5(c)は、あるサンプル時刻 n における、図5(a)の遅延回路412の出力 $x(n)$ を縦軸に、チャンネル番号を横軸にプロットしたものである。図5(d)は、あるサンプル時刻 n における、類似度演算部404の演算結果 C_p の出力の特徴(パラメータ： a_p 、 $t_p(n)$ 、 $\rho_p(n)$ 、 $\phi_p(n)$)もしくは、複素成分 I_p と Q_p の組のいずれか、ここでは一例として $\rho_p(n)$)を抽出変換部413で抽出した値を縦軸に、チャンネル番号を横軸にプロットしたものである。

20

【0062】

図5(c)のように、受信信号のチャンネル方向のプロファイルは、音波のRF信号(受信信号)をそのまま並べたものであるためノイズが多く、微小散乱体やノイズの影響でプロファイルに飛び1009が生じる場合もある。時間方向に平均をとることによって飛び1009の影響を鈍らせることはできるものの、限界がある。よって、図5(a)のようなRF信号をそのまま、もしくは時間方向に算術平均をとった上で、適応整相エンジンに入力する場合、得られる重み $w(n)$ は、ノイズや飛び1009の影響を受ける。特に、MVD法などの適応ビームフォーミングをRF信号に適用した場合、データの飛び1009にフォーカスをあわせるように重み $w(n)$ が生成されるため、本来は物体が存在しない場合に、飛び1009の位置に偽像をつくってしまう。例えば、類似度演算を行わない場合(すなわち時間方向推定を行っていない場合)に、適応整相エンジンの推定に用いる位相は、図5(d)に示した実際の位相1010とはほとんど一致しない固定位相1016を用いざるを得ないため、時間方向の推定精度が低下し、最終的な超音波画像の画質が低下する。

30

【0063】

一方、本実施形態では、類似度演算部404が行う類似度演算処理は、波を一つの PACKET と見なして式(2)のマッチフィルタ処理を行うため、図5(b)に示すように、時間方向への平均化作用が得られ、ノイズを低減したチャンネル方向プロファイル1010を得ることができる。例えば、類似度演算部404の演算結果から抽出変換部413で抽出した位相1010を用いることにより、時間方向により精度の高い推定を行うことができ、最終的な超音波画像の点像を時間方向(超音波伝搬方向)のスポット径の小さい引き締まった像とすることに効果がある。

40

【0064】

なお、上述した行列演算部406における演算アルゴリズムの別の手法の一つとして、サブアレイ行列を用いた空間平均演算を行うことも可能である。サブアレイ行列は、式(

50

15)、式(16)で表される。

【0065】

【数15】

$$\mathbf{R}_l^{\sim}(n) = \xi_l^{\sim}(n)\xi_l^{\sim H}(n) \quad \dots (15)$$

【数16】

$$\xi_l^{\sim}(n) = [\xi_l(n), \xi_{l+1}(n), \dots, \xi_{l+L-1}(n)]^T \quad \dots (16)$$

【0066】

10

サブアレイ行列の主対角成分を相関行列R(n)の主対角成分に一致させて1サンプルずつずらしてゆくと、(K-q)-L+1個のサブアレイ行列の空間平均処理となり、式(17)の相関行列R^(n)が得られる。この相関行列R^(n)を適応重み演算部406で演算する際に、上記式(11)のR(n)と置き換えて用いることにより、重みw^(n)を演算することができる。整相演算部408では、式(18)、式(19)を用いて整相出力y(n)を出力する。

【0067】

【数17】

$$\mathbf{R}^{\wedge}(n) = \frac{1}{N(K-q-L+1)} \sum_{s=-S}^S \sum_{l=1}^{K-q-L+1} \mathbf{R}_l^{\sim}(n-s) \quad \dots (17)$$

20

【数18】

$$\mathbf{z}_l^{\sim}(n) = [z_l(n), z_{l+1}(n), \dots, z_{l+L-1}(n)]^T \quad \dots (18)$$

【数19】

$$\mathbf{y}(n) = \mathbf{w}^{\wedge H}(n) \sum_{l=1}^{K-q-L+1} \mathbf{z}_l^{\sim}(n) \quad \dots (19)$$

30

【0068】

このように、行列演算部406において、サブアレイ行列の空間平均処理を行うことにより、超音波受信信号の相関性の雑音を抑制する効果が得られる。また、空間平均法のひとつとして、例えば非特許文献2に開示されている公知の前向き/後向き空間平均処理を行うことも可能である。

【0069】

上述してきた本実施形態では、類似度演算部404においてq個離れたチャンネルの受信信号間での類似度を求める例について説明を行った。例えば、q=1の隣接チャンネル間で受信信号の類似度を求めるケースの場合には、K-1個の相互相関関数が類似度演算部404から出力されるため、適応整相エンジン405において演算する式(10)、式(11)のベクトルの要素数もK-1個となる。そのため、受信データベクトルx(n)と、複素重みベクトルw(n)を演算処理する前に、式(12)および式(13)により、受信データのベクトルx(n)を、相互相関関数の個数K-1の要素で構成されるベクトルz(n)に縮退させる必要があった。そこで、式(12)、(13)の演算を避けるために、類似度演算部404において、式(20)のように、Kチャンネル目の入力データx_K(n)の自己相関関数を求め、類似度q=1のときにK個目の相互相関関数として、これをC_K(n)として用いることも可能である。

40

【0070】

これにより、式(21)、式(22)のように、チャンネル数Kを保持したまま式(10)以降のベクトルを用意することが可能になり、バイパス入力の受信信号x(n)を縮

50

退させることなく用いることができる。最終的には、式(23)により整相出力が得ることができる。

【0071】

【数20】

$$C_K(n) = \int_{-\tau}^{\tau} x_K(n)x_K(n+\tau)d\tau \quad \dots (20)$$

【数21】

$$\xi(n) = [\xi_1(n), \xi_2(n), \dots, \xi_K(n)]^T \quad \dots (21)$$

10

【数22】

$$\mathbf{z}(n) = \mathbf{x}(n) = [x_1(n), x_2(n), \dots, x_K(n)]^T \quad \dots (22)$$

【数23】

$$\mathbf{y}(n) = \mathbf{w}^H(n)\mathbf{x}(n) \quad \dots (23)$$

【0072】

上述してきたように、本実施形態では、アダプティブビームフォーミングのアルゴリズムとして、受信アレイの複数の素子からの受信信号の類似度演算を行い、その演算結果を用いて空間共分散行列 $R(n)$ を生成することに特徴がある。よって、適応重み演算部407で、空間共分散行列 $R(n)$ に基づいたビームフォーミングを行うアルゴリズムは、どのようなアルゴリズムであってもよい。すなわち、MVD R法のみならず、例えばMUSIC (Multiple Signal Classification) 法、APES (Amplitude and Phase Estimation) 法、ESPRIT (Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques) 法、MEM法 (Maximum Entropy Method) などを用いることができる。

20

【0073】

(第2の実施形態)

図7を用いて、本発明の第2の実施形態の超音波撮像装置について説明する。図7は、第2の実施形態の受信ビームフォーマ107のブロック図である。図8は、受信ビームフォーマ107の各部の動作を示すフローチャートである。

30

【0074】

第2の実施形態では、適応重み演算部は、類似度の分布と重み値との組み合わせが予め複数種類格納された重みメモリ部と、重み推定部を有する構成とする。重み推定部は、類似度演算部から受け取った複数の類似度の分布に基づき、重みメモリ部内に格納された類似度の分布と重み値との組み合わせを選択することにより、類似度演算部から受け取った複数の類似度に対応する重み値を選択する構成とする。

【0075】

具体的には、図7に示すように、第2の実施形態の受信ビームフォーマ107は、第1の実施形態の図4の受信ビームフォーマ107とは適応整相エンジン501の構成が異なっている。他の構成は、第1の実施形態と同様であるので説明を省略する。

40

【0076】

第2の実施形態では、図7のように、適応整相エンジン501は、重み推定部502と重みメモリ部503、整相演算部504とを備えて構成される。第1の実施形態の図4の適応整相エンジン405においては、受信データ $x(n)$ の時間方向の1サンプルごと(もしくは数点ずつ間引いて)に、類似度演算と適応重み演算を行い、逐次適応整相を行う構成であったが、第2の実施形態では、サンプルごとに重み演算を行わないことに特徴がある。第2の実施形態では、重みメモリ部503 (Look Up Table: LUT) には、予め想定した類似度抽出値と、その想定した類似度抽出値ごとの重みベクトル $w(n)$ とが対応付けて予め格納されている。重み推定部502は、重みメモリ部503の重みベクトル w

50

(n) から重みを推定する。

【0077】

具体的には、重みメモリ部503には、予め想定した、受信信号 $x(n)$ の類似度の所定パラメータ(a_p 、 $t_p(n)$ 、 $p(n)$ 、 $p(n)$ 、および、複素成分 I_p と Q_p の組、のうちの所定の1以上)の値(例えば、 $p(n)$)のチャンネル方向の分布(例えば $n=1\sim(K-q)$)が、事前のオフライン処理によって格納されている。また、重みメモリ部503には、上記パラメータ値の分布ごとに、予め演算により求めた重みベクトル $w(n)$ が、パラメータ値の分布と対応付けて予め格納されている。この重みベクトル $w(n)$ の演算は、第1の実施形態の行列演算部406および適応重み演算部407によるアダプティブビームフォーマのアルゴリズムで求めたものである。

10

【0078】

本実施形態の受信ビームフォーマ107の動作を説明する。図8のステップ31~33において、送受信分離回路411、遅延回路412、類似度演算部404および抽出変換部413は、第1の実施形態の図3のステップ31~33と同様に、遅延処理により波面をそろえた受信信号 $x(n)$ について類似度を演算し、類似度から所定のパラメータ(例えば $p(n)$ 、 $n=1\sim(k-q)$)を抽出する。この所定のパラメータは、重みメモリ部503にチャンネル方向の分布が格納されているパラメータと同じパラメータである。

【0079】

ステップ44において、重み推定部502は、抽出変換部413から受け取った、類似度を示す所定のパラメータのチャンネル方向の分布を、重みメモリ部503に格納されているデータと比較し、パラメータのチャンネル方向の分布がもっとも近い格納データを選択する。パラメータのチャンネル方向の分布が最も近い格納データを選択する際には、最尤推定、最小2乗法、多項式近似による再帰的フィッティングアルゴリズムなど既存のカーブフィッティングアルゴリズムを用いることが可能である。重み推定部502は、選択したパラメータのチャンネル方向の分布の格納データに対応して格納されている重みベクトル $w(n)$ を、推定重みベクトルとして整相演算部504に受け渡す。

20

【0080】

ステップ45において、整相演算部504は、推定重みベクトル $w(n)$ と、遅延回路412からバイパスして受け取った受信信号 $x(n)$ とを式(14)、式(19)、式(23)のいずれかを用いて演算し、アクティブチャンネル401に対応した1ラスタの整相出力 $y(n)$ を得る。

30

【0081】

第2の実施形態の構成では、図7の適応整相エンジン501を用いることで、逐次重みを計算しないため、図4の適応整相エンジン405を用いる場合と比べて格段の演算コストの低減を図ることができる。

【0082】

本実施形態では、受信信号に類似度演算を施した信号を適応整相エンジン501に入力する構成である。第1の実施形態において図5(d)を用いて説明したように、予め類似度演算を施した信号は、チャンネル方向プロファイルに雑音が少なく、信号の安定性が高い。このため、第2の実施形態において適応整相エンジンとして、LUT型の適応整相エンジン501を用いた場合であっても、精度の高い重み推定を行うことができる。例えば、図5(b)のように、雑音や飛びの多いチャンネル分布1006を用いて、LUT型の適応整相エンジン501を用いた場合、重み推定の精度は低いものとなるが、本実施形態のように類似度演算部404において相互相関処理を行った分布を利用することによって、重み推定部502においてより正確な近似、例えば多項式近似を行うこと可能になり、重みメモリ部503を利用した、チャンネル重み推定の精度が高まる。

40

【0083】

(第3の実施形態)

第3の実施形態では、適応重み演算部が、第1演算部と第2演算部とを有する構成とする。第1演算部は、類似度演算部の求めた類似度を用いて適応信号処理を行って適応重み

50

を演算する。第2演算部は、類似度の分布と重み値との組み合わせが予め複数種類格納された重みメモリ部と、重み推定部とを備える。重み推定部は、重みメモリ部内に格納された、類似度の分布と重み値との組み合わせを選択することにより、類似度演算部から受け取った複数の類似度に対応する重み値を選択するようにする。また、適応重み演算部は、第1演算部または第2演算部を選択的に駆動させる駆動切り替え部、および、第1演算部および第2演算部の出力の一方を選択的に画像処理部に受け渡す出力切り替え部、の少なくとも一方を備えるようにする。

【0084】

以下、図9を用いて、本発明の第3の実施形態の超音波撮像装置について具体的に説明する。図9は、第3の実施形態の受信ビームフォーマの一部を示すブロック図である。第3の実施形態の受信ビームフォーマは、図9のように、適応整相エンジンとして、第1の実施形態の適応整相エンジン405と、第2の実施形態の整相エンジン501の両方を備えたデュアル型整相エンジンの受信ビームフォーマである。第1の実施形態の適応整相エンジン405を逐次型適応整相エンジンと呼び、第2の実施形態の適応整相エンジン501を、LUT型適応整相エンジンと呼ぶ。

10

【0085】

第3の実施形態においては、2種類の整相エンジン501、405のいずれかに選択的に動作させるための切り替え部603と、切り替え部603を制御する制御部601とを備えている。切り替え部603は、抽出変換部413の出力を2種類の整相エンジン501、405のいずれかに受け渡すスイッチ602を備える。

20

【0086】

整相エンジン501、405のそれぞれの構成及び動作は、第1および第2の実施形態で説明したものと同一であるので、ここでは説明を省略する。

【0087】

第3の実施形態の構成においては、超音波撮像装置の術者が、被検体の超音波画像のコントラスト比の大小や、超音波画像の時間的/空間的な変動の大小から、整相エンジンの切り替えを判断し、制御部601に2種類の整相エンジン501、405のいずれを用いるかを指示することができる。これにより、被検体の状態に適した整相エンジンを選択的に用いて超音波画像を提供することが可能となる。

30

【0088】

(第4の実施形態)

第4の実施形態では、第3の実施形態における第1演算部の演算結果と、第2演算部の演算結果との差分を差分部が求め、差分部の求めた差分に応じて、第2演算部の重みメモリ部内に格納された重み値を重み変更部によって変更するように構成する。

【0089】

以下図10を用いて、本発明の第4の実施形態の超音波撮像装置について具体的に説明する。図10は、第4の実施形態の受信ビームフォーマ107のブロック図である。

【0090】

第4の実施形態の受信ビームフォーマ107は、図10のように、第3の実施形態の図9のデュアル型整相エンジン501、405にさらにフィードバックループを付加したものとなっている。具体的には、LUT型整相エンジン501の整相出力 $y(n)$ と、逐次型整相エンジン405の整相出力 $y(n)$ の差分を計算する差分部701が備えられている。差分部701の差分出力は、重みメモリ部503に入力される。重みメモリ部503には、重み変更部703が配置され、差分部701からの差分出力に基づいて重みメモリ部503に予め格納されている重み $w(n)$ の値を変更する。具体的には、重み変更部703は、予め定められたアルゴリズムに従って演算することにより、差分部701の差分出力を誤差として、誤差が最小になるように、重みメモリ部503内に予め格納されている重み $w(n)$ の値を変更する。

40

【0091】

重み変更部703の演算アルゴリズムは、誤差を最小にするアルゴリズムであればいか

50

なるものであっても良いが、例えば M M S E (Minimum Mean Square Error: 最小誤差 2 乗法) に類するアルゴリズムを利用することが好ましい。M M S E のアルゴリズムとしては、最急降下法に基づく L M S (Least-Mean Squares)、サンプル値の直接解法 S M I (Sample Matrix Inversion)、カルマンフィルタに類する R L S (Recursive Least Square: 再帰的最小 2 乗法) などの手法のうちいずれかを用いることができる。

【0092】

このように第 4 の実施形態では、L U T 型適応整相エンジン 5 0 1 による重み推定で求められる重み値 $w(n)$ を、逐次型適応整相エンジン 4 0 5 で演算される重み値 $w(n)$ に近づけるキャリブレーションを行うことができる。したがって、撮像開始時には、L U T 型適応整相エンジン 5 0 1 と逐次型適応整相エンジン 4 0 5 の両方を動作させ、差分部 7 0 1 によりフィードバックして、L U T 型適応整相エンジン 5 0 1 による重みメモリ部 5 0 3 内の重み値を最適化する。最適化したならば、逐次型適応整相エンジン 4 0 5 と差分部 7 0 1 を停止させ、L U T 型適応整相エンジン 5 0 1 のみによる重み推定を行うことにより、逐次型適応整相エンジン 4 0 5 と同様の重み $w(n)$ を、L U T 型適応整相エンジン 5 0 1 で推定して整相演算することができる。

【0093】

これにより、第 2 の実施形態と比較して、計算負荷は多少上昇するものの、L U T 型適応整相エンジン 5 0 1 の重みメモリ部 5 0 3 の重み値を最適な重み値 $w(n)$ に変更することができるため、より被検体の状態に適した超音波画像を提供することが可能となる。

【0094】

本実施形態では、受信信号に類似度演算を施した、雑音が少なく安定性が高い信号を適応整相エンジン 4 0 5、5 0 1 に入力することができる。これにより、第 2 の実施形態でも述べたように L U T 型の適応整相エンジン 5 0 1 を用いた場合であっても、チャンネル重み推定の精度が高い。このため、本実施形態において、フィードバックループを利用したデュアル型の適応整相エンジンの構成において、誤差量として利用する差分部の出力の摂動が小さくなり、フィードバック処理を安定して行うことができる。さらに、重み変更部 7 0 3 において、M M S E 等により誤差を最小にする重み値に変更する演算処理を行う際に、反復計算回数の低減を図ることができ、ひいては、演算コストを低減できる。

【0095】

(第 5 の実施形態)

図 1 1 を用いて、本発明の第 5 の実施形態の超音波撮像装置について説明する。図 1 1 は、第 5 の実施形態の受信ビームフォーマ 1 0 7 の一部を示すブロック図である。

【0096】

図 1 1 の受信ビームフォーマ 1 0 7 は、第 4 の実施形態と同様に差分部 7 0 1 によるフィードバックループをもつデュアル型整相エンジン 5 0 1、4 0 5 に、整相エンジンの切り替え部 8 0 1、8 0 2、8 0 3 を付加した構成である。また、切り替え部 8 0 1、8 0 2、8 0 3 の切り替え動作を制御する切り替え制御部 8 0 6 と、切り替え制御部 8 0 6 に切り替えタイミングを指示するタイミング制御部 8 0 8 とが配置されている。

【0097】

図 1 1 の構成では、切り替え制御部 8 0 6 からの制御信号に応じて、切り替え部 8 0 1 のスイッチ 8 0 4、8 0 5 および切り替え部 8 0 2、8 0 3 を切り替えることにより、逐次型整相エンジン 4 0 5 の整相出力、L U T 型整相エンジン 5 0 1 の整相出力、または、差分部 7 0 1 によるフィードバックループを経た L U T 型整相エンジン 5 0 1 からの整相出力、を選択的に画像処理部 1 0 8 に伝達することができる。

【0098】

また、図 1 1 の構成では、切り替え制御部 8 0 6 の切り替えタイミングをタイミング制御部 8 0 8 により制御することができる。これにより、例えば術中の被検体(患者)の動きが大きい場合などは、差分部 7 0 1 によるフィードバックループを回し、重みメモリ部 5 0 3 中の重み値の更新回数を多くして動きに追従する。一方、被検体の動きが少ない場合には、差分部 7 0 1 によるフィードバックループは回さずに、計算負荷を低減し、画像

10

20

30

40

50

処理部 108 における他の画像処理アルゴリズムに計算コストを振り分ける、などのアダプティブな超音波画像の演算スキームや様々なアプリケーションへの柔軟な対応が可能になる。

【0099】

(第6の実施形態)

本発明の第6の実施形態について図12(a)、(b)を用いて説明する。図12(a)は、本実施形態の類似度演算部404、および抽出変換部413のブロック図を説明する図である。図12(b)は、図12(a)のデシメート演算部の処理を示す説明図である。

【0100】

図12(a)のように、本実施形態では、類似度演算部404内に切替部902を備えている。切替部902は、遅延回路403から類似度演算部404に入力した信号を、第1の実施形態等と同様に類似度演算処理するか、類似度演算することなくそのまま抽出変換部413に受け渡すかの切り替えを行う。

【0101】

また、抽出変換部413は、第1の実施形態等と同様に所定パラメータの抽出演算を行う抽出演算部905と、デシメート演算部904を備えている。抽出演算部905内には、類似度演算部の演算結果 $C_p(n)$ から抽出するパラメータの種類を切り替える切替部(パラメータ(指標)切り替え部)903が配置されている。デシメート演算部904は、抽出演算部903の出力を間引き処理して、整相エンジン405、501に出力する。

【0102】

また、切替部902、903には、これらの動作を制御する抽出パラメータ変更部901が接続されている。

【0103】

抽出パラメータ変更部901が、切替部902を操作者(術者)の指示に従って切り替えることにより、類似度演算部404へ入力した遅延回路403からの信号をそのまま抽出演算部905に受け渡すか、類似度演算した結果を受け渡すかのいずれかを選択できる。また、切替部903を切り替えることにより、類似度演算部404から受け取った信号からどのパラメータを抽出演算部905が抽出するかを変更できる。すなわち、ピーク振幅 $a_p(n)$ とするか、ピークの時刻ずれ $t_p(n)$ とするか、位相とするか、複素信号($p(n)$ 、 $I_p(n)$ 、 $Q_p(n)$)とするか、を選択して切り替えることができる。

【0104】

デシメート演算部904は、抽出演算部905から受け取った類似度演算結果または遅延回路403の出力を時間方向に間引いて出力する。具体的には、デシメート演算部904は、図12(b)のように、抽出演算部905の出力を、所定の間隔で間引いて出力する。すなわち、サンプル時刻 n からサンプル時刻 $n+4$ までの期間1014は、サンプル時刻 n の抽出演算部905の出力とサンプル時刻 $n+5$ の出力の平均を出力し続け、サンプル時刻 $n+5$ から $n+9$ の期間1015は、サンプル時刻 $n+5$ の出力とサンプル時刻 $n+9$ の出力との平均を出力し続ける。このように、サンプル時刻の所定の期間(例えば5サンプル)1014、1015内は、同じ値を出力し続けることにより、後段の整相エンジン405、501の演算処理の負荷を低減することができる。例えば、出力を5サンプルおきに間引くことにより、整相エンジンの処理コストを5分の1に低減できる。また、所定の期間1014、1015の出力として、次の期間の出力との平均を用いることにより、サンプルを間引くことによって出力が大きく変動することを防止できる。

【0105】

第6の実施形態において、他の構成は、第1~第5の実施形態のいずれかを用いることができる。

【0106】

(超音波診断装置のコンソール)

図13には本発明の超音波撮像装置のコンソール130を示す。上述してきた実施形態

10

20

30

40

50

のいくつかの特徴は、図13に示すように、超音波診断装置のコンソールに配置することができる。例えば、2種類の整相エンジン405、501を選択的に動作させるための図9の制御部601および図11の切り替え制御部806、図12の抽出パラメータ変更部901は、図13のようにコンソールのスイッチ部1103として配置できる。これにより、整相エンジンの種類や抽出パラメータの種類を術者が切り替えることができる。図11の切り替えタイミング制御部808や、図2、図7、図10、図12のサンプル点調整部401は、目盛りをともなつたつまみ部1101、1102等としてコンソールに配置することができる。これにより、例えばLUT型整相エンジン501を何回稼働させた場合に、逐次型整相エンジン405を1回稼働させるかという繰り返しタイミング値や、相関サンプル点数(式(2)中の r)を明示的に術者が変化させることができる。これにより、術者は実際の超音波画像を見ながら、適応ビームフォーマの各種パラメータを変更して、患者依存の最適な条件で診断を行うことができる。また、設定した値を画像表示部103の表示領域の一部1104に表示する構成にすることもできる。

10

20

30

40

50

【0107】

(上述の実施形態の効果の例示)

図14(a)~(d)を用いて、上述してきた実施形態の効果の説明する。図14(a)~(d)は、点散乱体のエコー信号を本実施形態および比較例の受信ビームフォーマ等を用いて、超音波画像にしたものである。図14(a)~(d)において、画像は全て横軸が、アレイ状の素子(超音波振動子)400のチャンネル方向(口径方向)、縦軸が超音波伝搬方向であり、下向きに素子400から遠ざかる方向となっている。

【0108】

図14(a)の超音波画像1203は、類似度演算部404と適応整相エンジン405を用いた第1の実施形態で得た画像であり、図14(b)の超音波画像1204は、比較例として従来型の遅延加算方式(類似度演算処理と適応整相エンジン405なし)で得た画像である。図14(c)の超音波画像1205は、比較例として第1の実施形態から類似度演算部404と抽出変換部413を取り外し、適応整相エンジンのみを用い、時間方向平均化処理(平均化の点数は、超音波画像1203の場合の間引き点数と同じ)して得た画像である。図14(d)の超音波画像1206は、適応整相エンジンのみを用い、時間方向平均化を行わずに得た画像である。

【0109】

また、図15(a)は、図14(a)~(d)の超音波画像1203~1206の最大輝度点が位置する深さの輝度をチャンネル方向に沿ってプロファイルしたものであり、図15(b)は、最大輝度点が位置するチャンネルの輝度を深さ方向にプロファイルしたものである。図15(a)、(b)において、輝度はデシベル表示されている。

【0110】

図14および図15(a)、(b)から明らかなように、第1の実施形態で得た超音波画像1203は、一点一点で適応重みを計算した超音波画像1206と比べて遜色のない、点散乱体の像が締まった画像となっている。また、時間方向に適応重みを計算した超音波画像1205と比べて、点散乱体の像が小さなスポットになっていることがわかる。また従来型の遅延加算方式の超音波画像1204と比べると、点散乱体の像が3倍以上小さなスポットになっており、超音波画像の分解能を格段に向上させていることがわかる。

【0111】

このように、図14および図15(a)、(b)により、発明が、遅延加算方式と比べて、格段に方位方向分解能を向上でき、また他の適応ビームフォーミング手法と比べても遜色のない性能と、スポット径の小さい締まった点像が得られることを確認できた。

【0112】

以上のように、上述してきた実施形態では、類似度演算の結果を、適応整相エンジンの入力とすることによって、時間方向の点像をスポット径が小さく引き締めることができ、さらに偽像や雑音が少ない、超音波画像を低コストで安定的に得ることができ、これにより高画質と高い安定性を兼ね備えた適応超音波撮像装置を実現することができる。

【 0 1 1 3 】

(第 7 の 実 施 形 態)

上述した本発明の第 2 の態様の超音波撮像装置を第 7 の実施形態として具体的に説明する。

【 0 1 1 4 】

図 1 6 を用いて、本発明の第 7 の実施形態の超音波撮像装置について説明する。図 1 6 は、第 7 の実施形態の受信ビームフォーマ 1 0 7 のブロック図である。図 1 7 は、受信ビームフォーマ 1 0 7 の各部の動作を示すフローチャートである。

【 0 1 1 5 】

図 1 6 に示すように、第 7 の実施形態の受信ビームフォーマ 1 0 7 は、第 1 の実施形態の図 2 の受信ビームフォーマ 1 0 7 とは適応整相エンジン 4 0 5 と抽出変換部 4 1 3 の間に、第 2 の遅延回路 1 6 0 0 が配置されている点に構成の違いがある。また、受信ビームフォーマ 1 0 7 の動作は、第 1 の実施形態の図 3 のフローのステップ 3 4 に代えて、図 1 7 に示すようにステップ 1 7 0 0、1 7 0 1 が加わっている。他の構成および動作は、第 1 の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【 0 1 1 6 】

第 7 の実施形態では、図 1 7 のように抽出変換部 4 1 3 において類似度から算出された類似度抽出値に従って、受信データ $x(n)$ に再度遅延を施し、波面をそろえる (ステップ 1 7 0 0)。第 2 の遅延回路 1 6 0 0 において再度波形をそろえられたデータ $x'(n)$ は第 1 の実施形態における、抽出された所定の指標 (a_p , $t_p(n)$, $\tau_p(n)$, $\rho_p(n)$)、式 (8) で示す複素成分 I_p と Q_p の組などに代わって、適応整相エンジン 4 0 5 への入力とされ、空間共分散行列 $R(n)$ が生成される (ステップ 1 7 0 1)。

【 0 1 1 7 】

具体的には、第 1 の実施形態で述べたように抽出変換部 4 1 3 は、式 (6) から相互相関処理によって基準時刻からのずれ分 $t_p(n)$ を抽出することができる。ここで、遅延回路 1 6 0 0 においてはこのずれ分 t_p を利用して、再度受信信号 $x(n)$ に遅延をかけて波面をそろえる (ステップ 1 7 0 0)。遅延回路 1 6 0 0 によって波面がそろえられたデータ $x'(n)$ は式 (2 4) で表される。ここで式 (2 4) における $\tau_p(n)$ は、基準時刻からのずれ分 $t_p(n)$ を受信データのサンプリング周波数に合わせてスケールを変換した遅延サンプル点数である。式 (2 4) は第 K 番目のチャンネルを基準点と取ったときの実施例を示しているが、基準点となるチャンネルは 1 ~ K のどのチャンネル素子でもかまわない。

【 0 1 1 8 】

【 数 2 4 】

$$\mathbf{x}'_p(n) = \mathbf{x}_p(n - \Delta\tau_p(n)) \quad \dots (24)$$

$$1 \leq p \leq K - 1$$

$$\mathbf{x}'_K(n) = \mathbf{x}_K(n)$$

【 0 1 1 9 】

式 (2 4) は本実施形態において、特に好ましい態様として、式 (3)、式 (4) における $q=1$ の場合を示している。しかしながら、 q が 1 で無いときにも、受信データをチャンネル方向にリサンプルするなど、チャンネル間でデータを適当に縮退させることで第 7 の実施形態を適用できる。

【 0 1 2 0 】

第 2 の遅延回路 1 6 0 0 により波面がそろえられたデータ $x'(n)$ は適応整相エンジン 4 0 5 に入力され、行列演算部 4 0 6 では空間共分散行列を計算する (ステップ 1 7 0 1)。したがって第 7 の実施形態において空間共分散行列 $R'(n)$ は式 (2 5) となり、この空間共分散行列 $R'(n)$ を用いて、適応重み演算、整相演算を行う。以降の構成および信号

10

20

30

40

50

処理手順は第 1 の実施形態と同様である。

【 0 1 2 1 】

【 数 2 5 】

$$\mathbf{R}'(n) = E[\mathbf{x}'(n)\mathbf{x}'^H(n)] = E \left\{ \begin{pmatrix} x'_1(n)x_1'^*(n) & x'_1(n)x_2'^*(n) & \cdots & x'_1(n)x_k'^*(n) \\ x'_2(n)x_1'^*(n) & x'_2(n)x_2'^*(n) & \cdots & x'_2(n)x_k'^*(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x'_k(n)x_1'^*(n) & x'_k(n)x_2'^*(n) & \cdots & x'_k(n)x_k'^*(n) \end{pmatrix} \right\}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{s=-S}^S \mathbf{x}'(n-s) \mathbf{x}'^H(n-s) \quad \dots (25)$$

10

【 0 1 2 2 】

このように、第 7 の実施形態の構成では、固定パラメータをもつ遅延回路ではそろえきれなかった受信データの位相をそろえることができる。図 5 (b) に示すように、ずれ分 t_p は受信素子のチャンネル間での到来時刻の差異をあらわしており、被検体内部での波面歪みの影響で発生した時刻ずれ分に対応する。再度波面をそろえた受信データ $x'(n)$ を利用することによって、適応整相エンジンにおけるチャンネル重みの推定において、より、正確な値を用いることが可能となる。

20

【 0 1 2 3 】

よって、本実施形態によれば、図 1 6 の第 2 の遅延回路 1 6 0 0 の出力を適応整相エンジンの入力として用いることで、適応整相エンジンにおけるチャンネル重みの推定精度が向上する。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 4 】

- 1 0 0 被検体
- 1 0 1 超音波探触子
- 1 0 2 超音波撮像装置
- 1 0 3 画像表示部
- 1 0 4 送信ビームフォーマ
- 1 0 7 受信ビームフォーマ
- 1 0 8 画像処理部
- 1 3 0 コンソール
- 2 0 1、2 0 2、2 0 3 空間内のある一点
- 2 0 5、2 0 6、2 0 7 遅延凹面型
- 2 0 8 波面の揃った受信信号
- 4 0 0 アレイ状の素子 (超音波振動子)
- 4 0 1、4 0 2、4 0 3 アクティブチャンネル
- 4 0 4 類似度演算部
- 4 0 5 逐次型適応整相エンジン
- 4 0 6 行列演算部
- 4 0 7 適応重み演算部
- 4 0 8 整相演算部
- 4 1 0 サンプル点調整部
- 4 1 1 送受信分離回路
- 4 1 2 遅延回路
- 4 1 3 抽出変換部
- 5 0 1 L U T 型適応整相エンジン
- 5 0 2 重み推定部

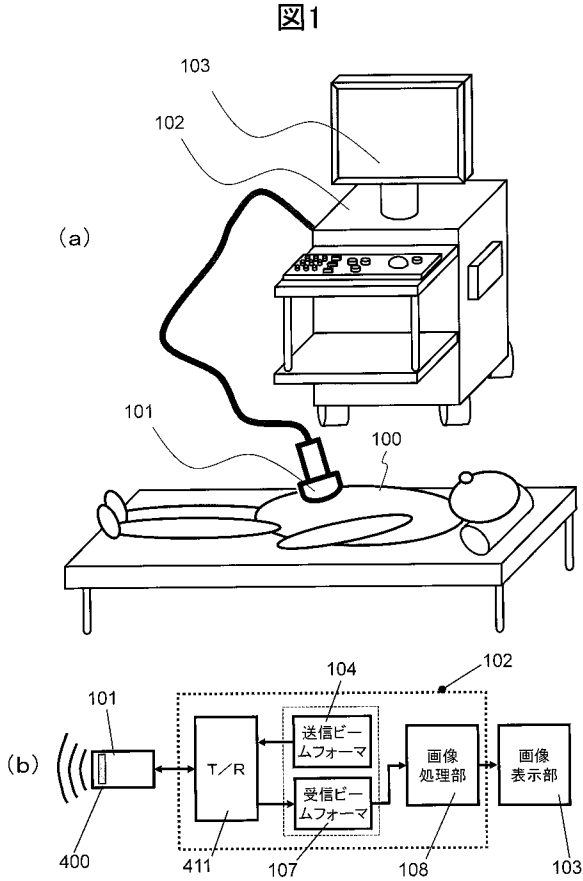
30

40

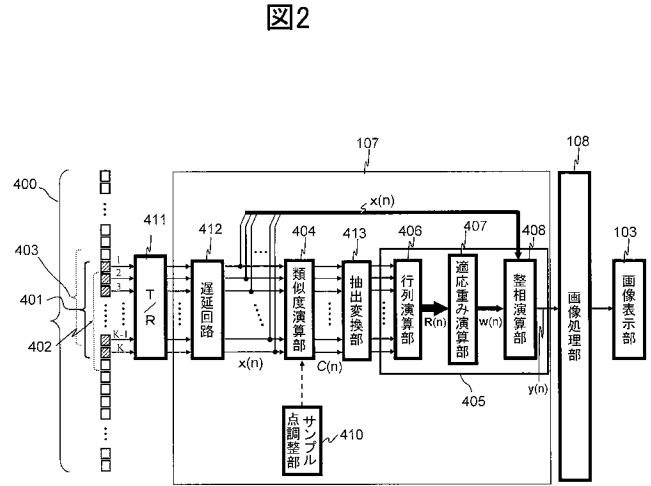
50

5 0 3	重みメモリ部	
5 0 4	整相演算部	
6 0 1	制御部	
6 0 2	スイッチ	
7 0 1	差分部	
7 0 3	重み変更部	
8 0 1、8 0 2、8 0 3	切り替え部	
8 0 4、8 0 5	スイッチ	
8 0 6	整相エンジン切り替え制御部	
8 0 8	切り替えタイミング制御部	10
9 0 1	抽出パラメータ変更部	
9 0 2、9 0 3	切替部	
9 0 4	デシメート演算部	
9 0 5	抽出演算部	
1 0 0 0	波面	
1 0 0 3	相互相関窓	
1 0 0 6	通常の受信信号のチャンネル方向プロファイル	
1 0 0 9	プロファイル中の飛びデータ	
1 0 1 0	相互相関処理を行った信号のチャンネル方向プロファイル	
1 0 1 1、1 0 1 5	期間	20
1 0 1 6	固定位相	
1 1 0 1、1 1 0 2	目盛りを伴ったつまみ部	
1 1 0 3	スイッチ部	
1 1 0 4	表示領域の一部	
1 2 0 3	第 1 の実施形態で得た超音波画像	
1 2 0 4	遅延加算方式の超音波画像	
1 2 0 5	適応整相エンジンのみを用い、時間方向平均化を行った場合の超音波画像	
1 2 0 6	適応整相エンジンのみを用い、時間方向の平均化を行わない場合の超音波画像	
1 6 0 0	第 2 の遅延回路	30

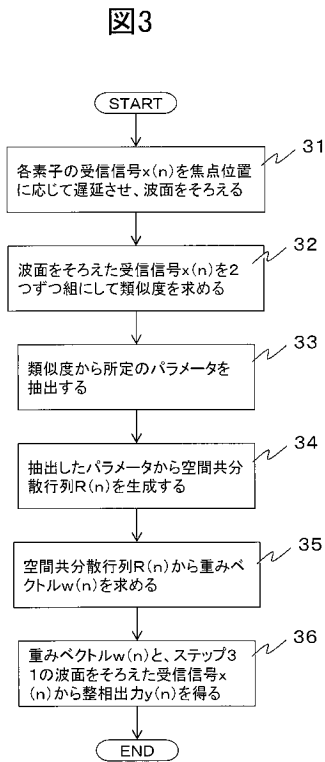
【 図 1 】



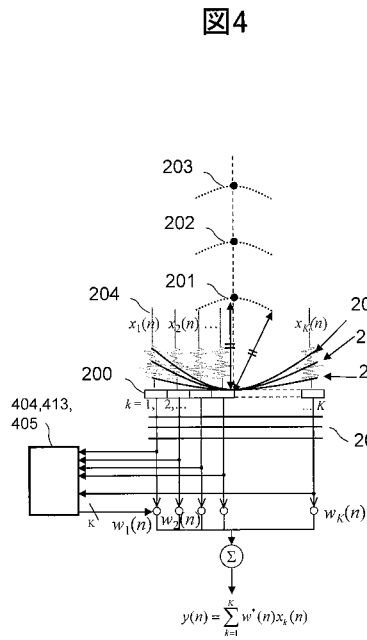
【 図 2 】



【 図 3 】

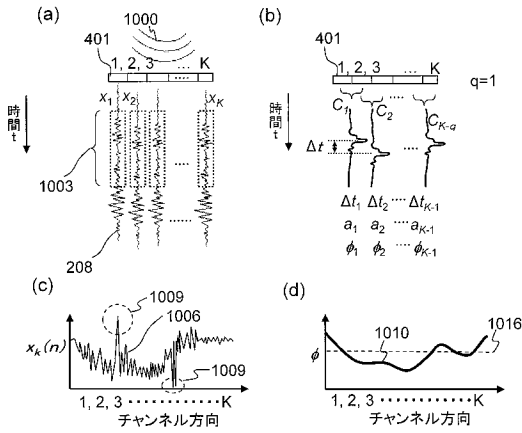


【 図 4 】



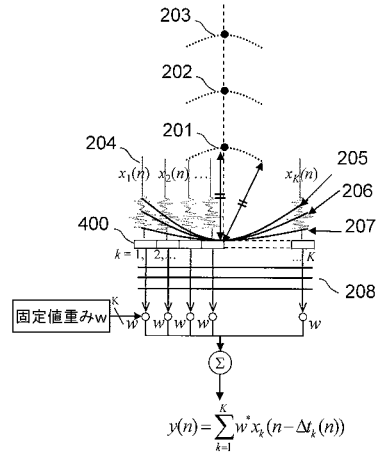
【 図 5 】

図5



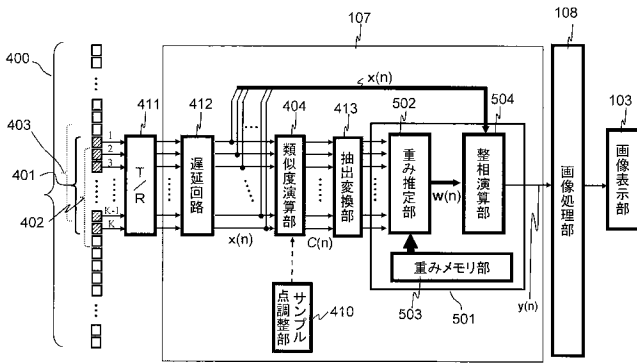
【 図 6 】

図6



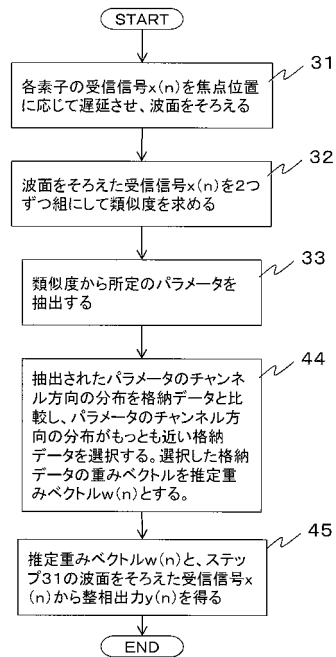
【 図 7 】

図7



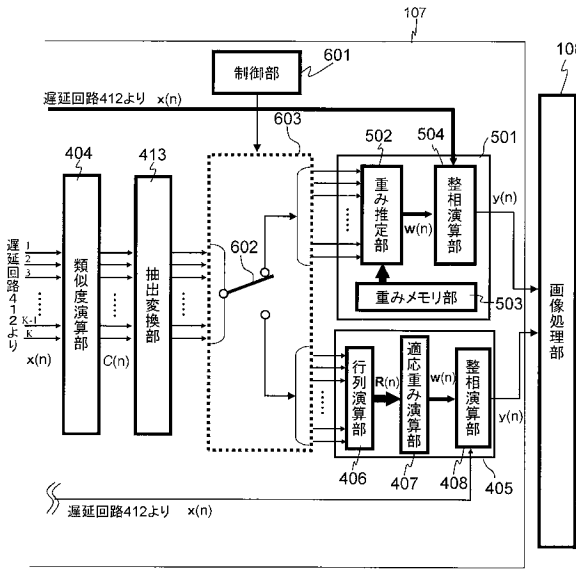
【 図 8 】

図8



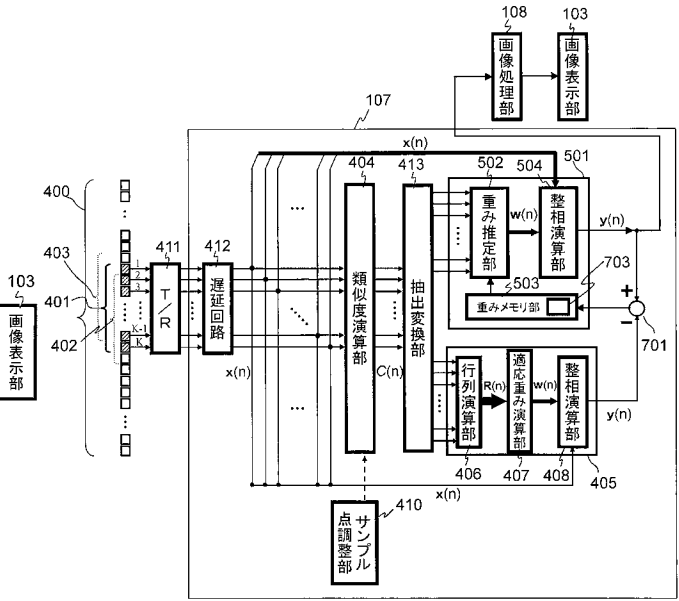
【図9】

図9



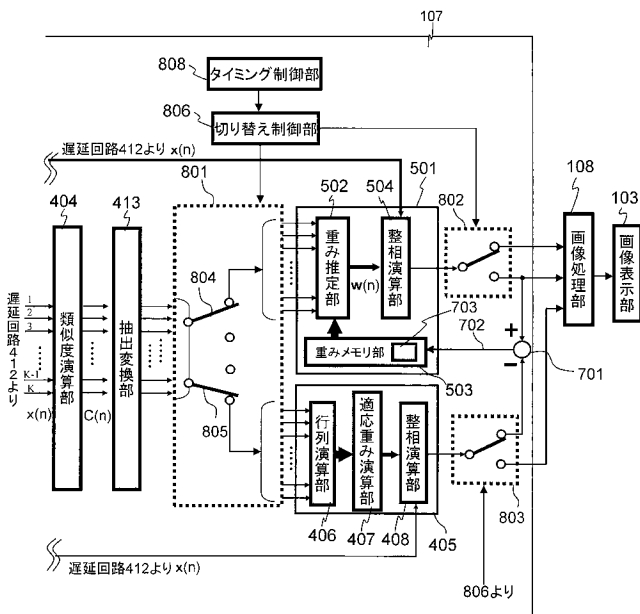
【図10】

図10



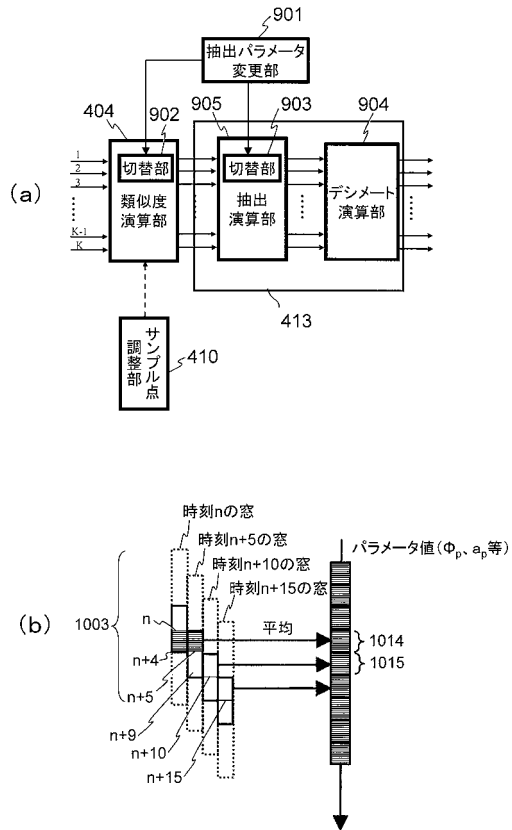
【図11】

図11



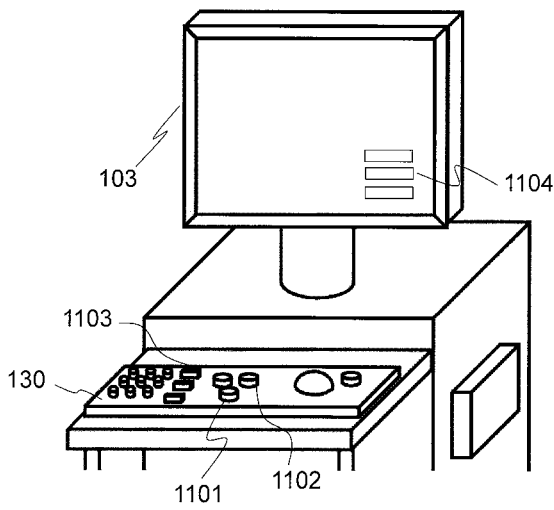
【図12】

図12



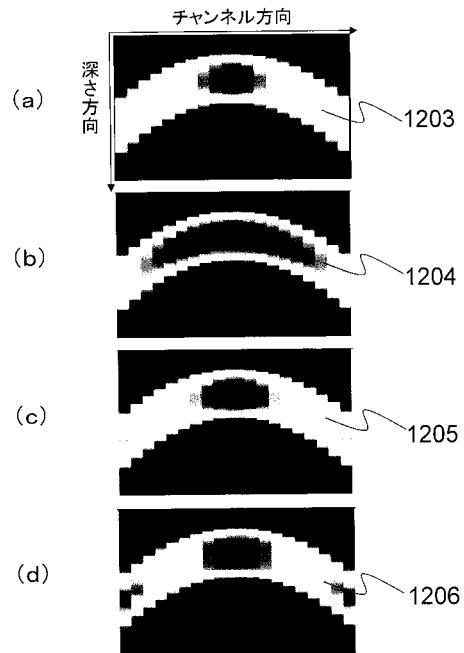
【 図 1 3 】

図13



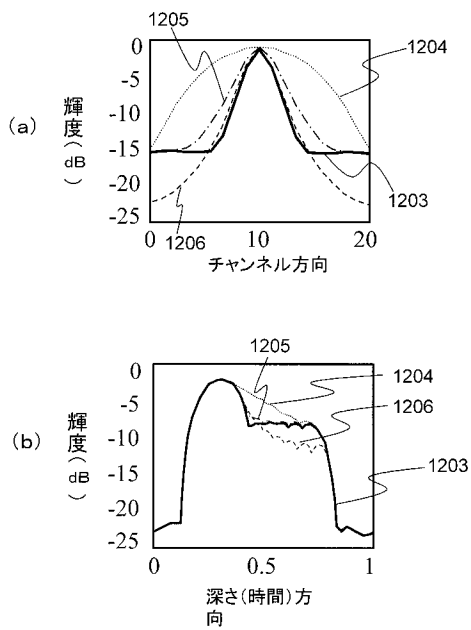
【 図 1 4 】

図14



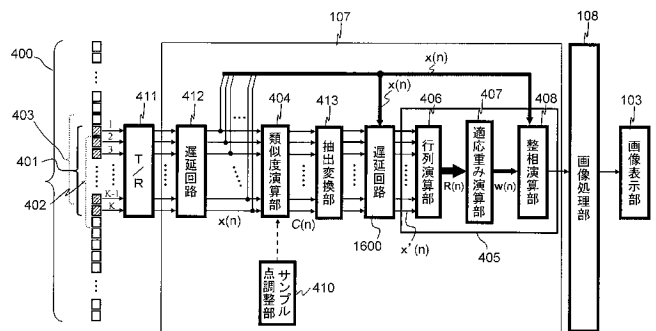
【 図 1 5 】

図15



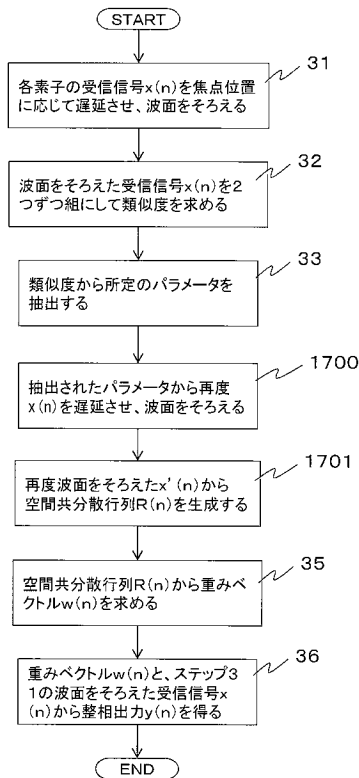
【 図 1 6 】

図16



【 図 1 7 】

図17



【 手続補正書 】

【 提出日 】平成26年3月14日 (2014.3.14)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】明細書

【 補正対象項目名 】0 0 6 6

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 0 0 6 6 】

サブアレイ行列の主対角成分を相関行列 $R(n)$ の主対角成分に一致させて1サンプルずつずらしてゆくと、 $(K-q)-L+1$ 個のサブアレイ行列の空間平均処理となり、式(17)の相関行列 $R^{\wedge}(n)$ が得られる。この相関行列 $R^{\wedge}(n)$ を適応重み演算部407で演算する際に、上記式(11)の $R(n)$ と置き換えて用いることにより、重み $w^{\wedge}(n)$ を演算することができる。整相演算部408では、式(18)、式(19)を用いて整相出力 $y(n)$ を出力する。

【 手続補正 2 】

【 補正対象書類名 】明細書

【 補正対象項目名 】0 0 6 8

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 0 0 6 8 】

このように、行列演算部406において、サブアレイ行列の空間平均処理を行うことにより、超音波受信信号の相関性の雑音を抑制する効果が得られる。また、空間平均法のひとつとして、公知の前向き/後向き空間平均処理を行うことも可能である。

【 手続補正 3 】

【 補正対象書類名 】明細書

【補正対象項目名】 0 0 7 5

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 7 5 】

具体的には、図 7 に示すように、第 2 の実施形態の受信ビームフォーマ 1 0 7 は、第 1 の実施形態の図 2 の受信ビームフォーマ 1 0 7 とは適応整相エンジン 5 0 1 の構成が異なっている。他の構成は、第 1 の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 7 6

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 7 6 】

第 2 の実施形態では、図 7 のように、適応整相エンジン 5 0 1 は、重み推定部 5 0 2 と重みメモリ部 5 0 3、整相演算部 5 0 4 とを備えて構成される。第 1 の実施形態の図 2 の適応整相エンジン 4 0 5 においては、受信データ $x(n)$ の時間方向の 1 サンプルごと（もしくは数点ずつ間引いて）に、類似度演算と適応重み演算を行い、逐次適応整相を行う構成であったが、第 2 の実施形態では、サンプルごとに重み演算を行わないことに特徴がある。第 2 の実施形態では、重みメモリ部 5 0 3（Look Up Table: LUT）には、予め想定した類似度抽出値と、その想定した類似度抽出値ごとの重みベクトル $w(n)$ とが対応付けて予め格納されている。重み推定部 5 0 2 は、重みメモリ部 5 0 3 の重みベクトル $w(n)$ から重みを推定する。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 8 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 8 1 】

第 2 の実施形態の構成では、図 7 の適応整相エンジン 5 0 1 を用いることで、逐次重みを計算しないため、図 2 の適応整相エンジン 4 0 5 を用いる場合と比べて格段の演算コストの低減を図ることができる。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 0 6

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 0 6 】

（超音波診断装置のコンソール）

図 1 3 には本発明の超音波撮像装置のコンソール 1 3 0 を示す。上述してきた実施形態のいくつかの特徴は、図 1 3 に示すように、超音波診断装置のコンソールに配置することができる。例えば、2 種類の整相エンジン 4 0 5、5 0 1 を選択的に動作させるための図 9 の制御部 6 0 1 および図 1 1 の切り替え制御部 8 0 6、図 1 2 の抽出パラメータ変更部 9 0 1 は、図 1 3 のようにコンソールのスイッチ部 1 1 0 3 として配置できる。これにより、整相エンジンの種類や抽出パラメータの種類を術者が切り替えることができる。図 1 1 の切り替えタイミング制御部 8 0 8 や、図 2、図 7、図 1 0、図 1 2 のサンプル点調整部 4 1 0 は、目盛りをともなつたつまみ部 1 1 0 1、1 1 0 2 等としてコンソールに配置することができる。これにより、例えば LUT 型整相エンジン 5 0 1 を何回稼働させた場合に、逐次型整相エンジン 4 0 5 を 1 回稼働させるかという繰り返しタイミング値や、相関サンプル点数（式（2）中の r ）を明示的に術者が変化させることができる。これによって、術者は実際の超音波画像を見ながら、適応ビームフォーマの各種パラメータを変更

して、患者依存の最適な条件で診断を行うことができる。また、設定した値を画像表示部 1 0 3 の表示領域の一部 1 1 0 4 に表示する構成にすることもできる。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070113

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B8/00(2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B8/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y/A	JP 7-303640 A (Fujitsu Ltd.), 21 November 1995 (21.11.1995), (Family: none)	1-7, 9, 14, 15, 18, 19/8, 10-13, 16, 17
Y/A	JP 11-235341 A (Toshiba Corp.), 31 August 1999 (31.08.1999), (Family: none)	1-7, 9, 14, 15, 18, 19/8, 10-13, 16, 17
A	JP 2001-187055 A (Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by The Minister of National Defence), 10 July 2001 (10.07.2001), & US 6482160 B1 & US 2003/0065262 A1 & EP 1103950 A2 & CA 2290240 A & IL 139625 D & KR 10-2001-0051946 A & CA 2290240 A1	1-19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 October, 2012 (11.10.12)		Date of mailing of the international search report 23 October, 2012 (23.10.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 2 / 0 7 0 1 1 3									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/00(2006,01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/00											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2012年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2012年	日本国実用新案登録公報	1996-2012年	日本国登録実用新案公報	1994-2012年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2012年										
日本国実用新案登録公報	1996-2012年										
日本国登録実用新案公報	1994-2012年										
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用了用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
Y / A	JP 7-303640 A (富士通株式会社) 1995. 11. 21, (ファミリーなし)	1-7, 9, 14, 15, 18, 19/ 8, 10-13, 16, 17									
Y / A	JP 11-235341 A (株式会社東芝) 1999. 08. 31, (ファミリーなし)	1-7, 9, 14, 15, 18, 19/ 8, 10-13, 16, 17									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 11. 10. 2012		国際調査報告の発送日 23. 10. 2012									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 宮澤 浩	2Q 9407								
		電話番号 03-3581-1101	内線 3292								

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2012/070113

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2001-187055 A (ハー マジエスティ ザ クイーン イン ラ イト オブ カナダ, アズ リプレゼンテッド バイ ザ ミニ スター オブ ナショナル ディフェンス) 2001.07.10, & US 6482160 B1 & US 2003/0065262 A1 & EP 1103950 A2 & CA 2290240 A & IL 139625 D & KR 10-2001-0051946 A & CA 2290240 A1	1-19

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

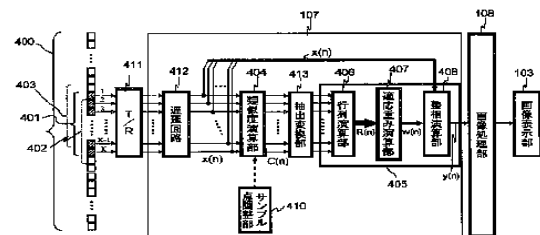
Fターム(参考) 4C601 BB06 BB08 EE01 EE04 EE07 EE09 HH25 JB41 JB47 JB53

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	超声成像设备		
公开(公告)号	JPWO2013038847A1	公开(公告)日	2015-03-26
申请号	JP2013533575	申请日	2012-08-07
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立医药		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立メディコ		
[标]发明人	池田 貞一郎 東 隆 鱒沢 裕		
发明人	池田 貞一郎 東 隆 鱒沢 裕		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G06K9/6202 A61B8/4405 A61B8/461 A61B8/467 A61B8/5207 G01S7/52047 G01S15/8915 G01S15/8927 G06T7/0012 G10K11/346 H04N5/232		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/BB08 4C601/EE01 4C601/EE04 4C601/EE07 4C601/EE09 4C601/HH25 4C601/JB41 4C601/JB47 4C601/JB53		
优先权	2011202342 2011-09-15 JP		
其他公开文献	JP5813776B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

尽管这是自适应信号处理的一种方法，但是通过少量的计算就可以准确地获得用于超声成像设备的接收信号的定相处理的权重值。来自被检体的超声波信号被多个元件401接收，并且接收信号 $x(n)$ 之间的相似度由相似度计算器404计算。使用由相似度计算器404计算的接收信号之间的相似度 $C(n)$ ，自适应权重计算器407计算与相似度相对应的自适应权重 $w(n)$ 。调相计算单元408使用自适应权重 $w(n)$ 和接收信号 $x(n)$ 生成调相输出。图像处理单元108使用定相输出创建图像数据。例如，相似度计算单元404计算时间方向上的相似度。



- 103 Image display unit
- 108 Image processing unit
- 404 Degree-of-similarity computation unit
- 406 Matrix computation unit
- 407 Adaptive weight computation unit
- 408 Phasing computation unit
- 410 Sample point adjustment unit
- 411 T/R
- 412 Delay circuit