

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5394694号
(P5394694)

(45) 発行日 平成26年1月22日(2014.1.22)

(24) 登録日 平成25年10月25日(2013.10.25)

(51) Int.Cl.

A 61 B 8/00 (2006.01)

F 1

A 61 B 8/00

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-274668 (P2008-274668)
 (22) 出願日 平成20年10月24日 (2008.10.24)
 (65) 公開番号 特開2009-101164 (P2009-101164A)
 (43) 公開日 平成21年5月14日 (2009.5.14)
 審査請求日 平成23年8月26日 (2011.8.26)
 (31) 優先権主張番号 10-2007-0107947
 (32) 優先日 平成19年10月25日 (2007.10.25)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)
 (31) 優先権主張番号 10-2008-0095110
 (32) 優先日 平成20年9月29日 (2008.9.29)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(73) 特許権者 597096909
 三星メディソン株式会社
 SAMSUNG MEDISON CO., LTD.
 大韓民国 250-870 江原道 洪川郡 南面陽▲德▼院里 114
 114 Yangdukwon-ri, Nam-myung, Hongchun-gu, Kangwon-do 250-870, Republic of Korea
 (74) 代理人 100082175
 弁理士 高田 守
 (74) 代理人 100106150
 弁理士 高橋 英樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】サイドロープの影響を除去する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波合成映像でサイドロープの影響を除去する方法であつて、
 (a) 非順次的方式でビームを送信する段階と、
 (b) 送信ビームの各送信に対応して受信される多数の受信ビームそれぞれに対してスキャンラインインデックスの増加方向のデータと減少方向のデータにグループ化する段階と、
 (c) 前記スキャンラインインデックスの増加及び減少方向によるグループ別に自己相関を実施し、増加及び減少グループに対する自己相関値それぞれに対して加重値を適用して合算し、サイドロープの影響を除去する段階と
 を備えることを特徴とするサイドロープの影響を除去する方法。

【請求項 2】

前記非順次的方式は、多数のスキャンラインを設定し、前記スキャンラインに対して段階的なインデックスを定義し、インデックスの増加及び減少が繰り返される非順次的な方式で前記スキャンラインに対して送信ビームの順序を設定し、設定された送信順序に従って前記送信ビームを送信する方式であることを特徴とする請求項 1 に記載のサイドロープの影響を除去する方法。

【請求項 3】

前記 (b) 段階は、前記送信順序に従って送信された送信ビームの各送信に対応する多数の受信ビームをそれぞれ得、前記インデックスが増加する方向の増加グループと前記イ

ンデックスが減少する方向の減少グループにグルーピングし、

前記(c)段階は、前記増加グループと減少グループそれぞれの受信ビームに対して自己相関を実施してグループ別に受信ビームの位相をそれぞれ求め、各グループ別位相に加重値を適用した後、合算して平均位相を求める特徴とする請求項2に記載のサイドロープの影響を除去する方法。

【請求項4】

前記自己相関は、ピクセル単位または所定領域の基盤からなることを特徴とする請求項3に記載のサイドロープの影響を除去する方法。

【請求項5】

前記受信ビームは、前記送信ビームの送信に対応して受信されたエコー信号をサンプリングして得ることを特徴とする請求項3に記載のサイドロープの影響を除去する方法。 10

【請求項6】

前記自己相関は、サンプル単位からなることを特徴とする請求項5に記載のサイドロープの影響を除去する方法。

【請求項7】

前記スキャンラインインデックスの増加は+2、減少は-1であることを特徴とする請求項3に記載のサイドロープの影響を除去する方法。

【請求項8】

前記超音波合成映像は、BiPBF(Bi-directional Pixel Based Focusing)合成映像であることを特徴とする請求項1~7のいずれか一項に記載のサイドロープの影響を除去する方法。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はサイドロープの影響を除去する方法に関し、より詳細には、超音波合成映像で動きがある場合に解像度及び信号対雑音比の低下を補償するために、少ない計算量でサイドロープの影響を除去することができる方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断システムでアレイトランスデューサ(Array Transducer)を用いて映像を得る場合、通常は一つの送信とこれに対する受信を通じて映像を得る。しかし、超音波合成映像ではスキャンラインを構成するために既に受信された周囲のスキャンラインが関与する。即ち、超音波合成映像は一個のスキャンラインを構成するために、一個の送信ビーム及びそれに対応する多数の受信ビームを用いて超音波映像を構成する。例えば、図1でn番目のスキャンラインS_nを構成するために、通常はS_nに対する送受信を通じて映像を得るが、超音波合成映像の場合にはn番目のスキャンラインS_nを構成するために周囲の「S_{n-m}、S_{n-(m-1)}、...、S_n、...、S_{n+(m-1)}、S_{n+(m)}、m>0」を組み合わせて超音波映像を形成している。図1で、Psは3つのスキャンライン、即ちS_{n-1}、S_n、S_{n+1}それぞれの波面が重畠した部分を表示している。このような理由で画面上のPsに該当するピクセルを求める時、超音波合成映像の場合には重畠した部分を考慮して超音波映像を得るようになる。 30

【0003】

【特許文献1】特開2001-238883号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

超音波合成映像は、対象体が固定されている場合には解像度、信号対雑音比がよいが、対象体が動く場合には特に軸(Axial)方向に動く場合に対象体が実際に目的通りにディスプレイされない。即ち、超音波合成映像では一つのスキャンラインを形成するために、時間差を有する多数の受信ビームまたはBiPBF(Bi-directional 40

Pixel Based Focusing) のように一つの送信ビームに対応する多数の受信ビームを用いるので、人体内の動きが発生する場合、これに対する考慮なくビームフォーミングするようになれば非干渉性の和 (Sum) が発生するようになる。このような結果として解像度と信号対雑音比が低下する。

【0005】

超音波合成映像で発生する動き (モーション) を推定して補償するために、様々なピクセル基盤の研究と領域基盤の研究が進められてきた。動きを推定するための方法として相互相関法 (Cross Correlation)、自己相関法 (Auto Correlation)、SAD (Sum of Absolute Difference) などが提案されており、このような方法で推定された結果を用いて動き補償が行われてきた。特に、ピクセル基盤の動き推定と補償は相当な計算量を必要とする。10

【0006】

本発明は前述した問題を解決するためのものであって、超音波合成映像で動きがある場合に解像度及び信号対雑音比の低下を補償するために、少ない計算量でサイドロープの影響を除去することができる方法を提供する。

【0007】

特に、本発明では R F ピクセル単位 (またはサンプル単位) 基盤の動き推定と補償のために、サイドロープによって発生する不要な位相要素に対する除去とこのための送信スキャンラインの調整が必要になる。シミュレーションは Bi PBF 基盤で進められ、提案された方法は超音波映像での一般的合成方法に対しても適用可能である。20

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記目的を達成するために本発明の超音波合成映像でサイドロープの影響を除去する方法は、(a) 非順次的方式でビームを送信する段階と、(b) 送信ビームの各送信に応じて受信される多数の受信ビームそれぞれに対してスキャンラインインデックスの増加方向のデータと減少方向のデータにグルーピングする段階と、(c) 前記スキャンラインインデックスの増加及び減少方向によるグループ別に自己相関を実施し、増加及び減少グループに対する自己相関値それぞれに対して加重値を適用して合算し、サイドロープの影響を除去する段階とを備える。

【発明の効果】

【0009】

前述したようになされる本発明は、合成映像でサイドロープの影響を減らすことができる長所がある。これを通じて観測しようとするメインロープの動きを推定することによって、これに基づいて Bi PBF など合成映像方法で発生する動きアーティファクト (motion artifact) を減らすことができる利点がある。また、少ない計算量で変位推定が可能な自己相関方法を用いることによって、合成映像での動き補償に対してリアルタイム処理が可能な利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

一般に超音波合成映像は、大きく受信開口合成方法と送信開口合成方法に分けられる。受信開口合成方法は商用化された装備に適用された技術であって、送受信集束方法は既存の方法通りに行って送受信チャネルを時間的に分けて数回行い、加えられた信号をメモリに格納した後、最終的に格納された信号を加えて具現する。送信開口合成方法は、単に一つの送信フィールドからの信号を用いるのではなく、多数の送信フィールドからの信号を用いて相対的に超音波送信パワーを大きくする効果を奏することができる。40

【0011】

Bi PBF 合成映像過程は、送信開口合成方法の一つとして、全ての点に対して送受信集束を可能にする方法である。図 2 b どのように送信集束点 (Transmit Focal Point) を仮想ソースエレメント (Virtual Source Element) として解釈することができる。50

【0012】

図2aは、Bモードの送信フィールドを示しているが、ビームがアレイトランステューサから放射されて集束点で集束され、以後、制限された角度を有して球面波形態で発散することを示す。図2bはアレイトランステューサの一つの仮想ソースエレメントが集束の深さ(Focal Depth)に位置しているものを示して、これを基準に球面波が前後に形成される形態を示す。図2cは映像点(Imaging Point)で2つの仮想ソースの送信フィールドが重畠することを示しているが、球面フィールド対称の中心点から一つは前で、もう一つは後で示されることが分かる。

【0013】

BiPBF合成映像過程は、他の合成映像過程に比べて全ての深さで側方向解像度とサイドロープによる雑音が改善され、送信フィールドを合成することで送信パワーが増加して映像の信号対雑音比が改善される。しかし、対象体が固定された映像またはゆっくり動く映像に対してのみ制約的な長所を有するだけであり、動きが多い場合にはむしろ解像度が悪くなるだけでなく、甚だしい場合、対象体が消えることまである。特に、側方向の動きより軸方向の動きが影響を多く与えるようになる。即ち、図3で固定された対象体に対してはBiPBF合成映像3cが相対的に単一送受信方法3aより映像の質がよいが、動く対象体に対してはBiPBF合成映像3dが相対的に単一送受信方法3bより映像の質が悪い結果を示している。

10

【0014】

B(Brightness)モード映像で軸方向の動きを知る最も簡単で信頼できる方法中の一つは、2D-TDI(Tissue Doppler Image)である。2D-TDIは、一つのスキャンラインに向けて一定時間間隔で同一の超音波を送信し、受信される超音波の位相の変化を感知して簡単に自己相関を用いて平均ドップラー周波数を探す。

20

【0015】

SAI(Synthetic Aperture Imaging)の場合も反復送信するという点で2D-TDIとある程度類似する。異なる点は、同一の超音波が毎回送信されず、少しずつ異なる超音波が送信されるという点である。毎回送信する超音波は、それぞれのピクセルの立場では毎回波面の角度がほぼ一定の角度ずつ回転するようになる。このような回転する送信波面のため、毎回送信から構成される低解像度映像(LRI: Low Resolution Image)のサイドロープもそれに従って回転するようになる。例えば、図4a～4dは、隣接した多数の送信からのLRIのビームパターンを示すが、メインロープを中心に時計方向にサイドロープが回転することを見ることができる。即ち、図4a～図4dでは合成に関与するスキャンラインの個数がN=17の場合に対して各アンサンブルインデックス(自己相関関数に入力されるデータ順序)に該当する低解像度映像を得てこれに対する位相を速度に変換した後、インデックスによる変化を観測したものである。アンサンブルインデックスが0から4ずつ増加して13までそれぞれの位相変化を示しているが(図4aはインデックス1、図4bはインデックス5、図4cはインデックス9、図4dはインデックス13)、動きがない場合にもサイドロープがメインロープを中心に時計方向に回転することを見ることができる。この影響の結果、独立した対象体のメインロープの場合はほぼ組織ドップラー(Tissue Doppler)と同一に軸方向の動きを探すことができるが、その対象体のサイドロープの位置では動かない対象体の周辺ですら誤った動きが検出される。従って、本発明ではこのように誤って検出される現象を補償するために、送信ビームの新たな送信順序(例えば、送信ビームの非順次的送信)及び自己相関を通じた位相検出方式を提示する。

30

40

【0016】

以下では、固定された対象体及び動く対象体に対する自己相関を通じて低解像度映像(LRI)のサイドロープの問題を確認してサイドロープの影響と計算量の限界を克服するために、送信ビームの非順次的送信と自己相関を用いる過程を具体的に詳察する。これを通じて相対的に少ない計算量でピクセル単位の動きを推定及び補償することができるよう

50

にし、動きのある対象体に対して動きがない場合と同じ映像の解像度を維持することができるようとする。

【0017】

図5は、本発明の実施例によって超音波診断システムの構成を概略的に示した図面であり、図6及び図7はビームフォーマ30及び映像動き推定／補償制御部31の構成をそれぞれ詳細に示した図面である。

【0018】

送受信部10は、アレイトランスデューサ(array transducer)を備えるプローブ(図示せず)を備える。プローブは超音波信号を送受信する役割をする。送受信部10は超音波送信部(図示せず)及びアナログ受信部(図示せず)をさらに備える。アレイトランスデューサは多数(例えば、128個)のエレメントで構成されており、超音波送信部からの電圧印加に応答して超音波パルスを出力する。超音波送信部はアレイトランスデューサに電圧パルスを印加してアレイトランスデューサそれぞれのエレメントで超音波パルスが出力されるようする。アナログ受信部はアレイトランスデューサそれぞれのエレメントで出力された超音波パルスが対象体で反射されて戻る反射信号(エコー信号)を受信し、受信された反射信号を増幅、エイリアシング(Aliasing)現象及び雑音成分の除去、超音波が身体内部を通過しながら発生する減衰の補正などの処理を行う。

10

【0019】

送受信スイッチ(Transmit / Receive Switch)20は、超音波信号を同一のアレイトランスデューサで送信と受信をするためのスイッチの役割をする。送受信スイッチ20は超音波送信部で放出される高圧の電力が受信部に影響を与えないようにする役割をする。即ち、トランスデューサが送信及び受信を交互に行う時、超音波送信部とアナログ受信部を適切にスイッチングする。

20

【0020】

ビームフォーマ30は、それぞれのアレイトランスデューサ素子(Element)に受信された信号を受信集束する。具体的には、ビームフォーマ30は利得調節部301を通じてアナログ受信部に受信された受信信号の利得を補償し、アナログ-デジタル変換部302が受信されたアナログ信号をデジタル信号に変換させる。また、遅延部303がアナログ-デジタル変換部302から受信された信号に互いに遅延量(Amount of Delay)(受信集束(focusing)をしようとする位置に応じて決定される)を適用し、映像合成部304が遅延された信号を合成することによって受信集束を行う。合算部305は、チャネル別に利得調節、アナログ-デジタル変換、遅延、合成された信号全体を加える。

30

【0021】

エコー処理部40は、ビームフォーマ30で集束された受信スキャンラインのRF信号を基底帯域信号に変化させて直交復調器(Quadrature Demodulator)を用いて包絡線(Envelope)を検出して、一つのスキャンラインに関するデータを得る。

40

【0022】

スキャン変換部50は、スキャンライン上の所定の点から受信集束されたデータを格納し、これを水平スキャンライン表示形式のディスプレイ部60で用いられるデータ形式に変換させる。即ち、超音波映像をディスプレイするのに適当な形態に変換する。

【0023】

ディスプレイ部60は、映像処理された超音波映像をディスプレイする。

【0024】

以上では、超音波診断システムで超音波合成映像のための各構成要素の機能について詳察した。

本発明の超音波診断システムは、超音波送信ビームを非順次的方式で送信し、これに対応して受信される受信ビームのグループ化されたデータを自己相関器311～313に入

50

力して動きの推定と補償に必要なデータ（例えば、ピクセルまたはサンプル単位の平均位相及び大きさデータ）を生成する。一実施例によれば、送受信制御部21は送受信スイッチ20を制御して送信ビームを非順次的方式で送信するように制御し（図8参照）、これに対応して受信される受信ビームに対してスキャンライン増加方向のデータと減少方向のデータをグループ化し、スキャンライン増加方向のM、N個のグループデータと減少方向のL個のグループデータが自己相関器（図7の311～313）にそれぞれ入力されるよう10に制御する。映像動き推定／補償制御部31の自己相関器311～313は、入力されたスキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループデータとスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループデータに基づいて自己相関関数を用いて対象体の動きに対する位相及び大きさデータを抽出し、合算部314でスキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループとスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループの位相及び大きさデータを合算して制御部315に伝達すると、制御部315は増加／減少グループデータに関するピクセルまたはサンプル基盤の平均位相及び大きさデータを生成して動き推定及び補償のためのデータとして提供するようになる。例えば、平均位相データに基づいて平均速度を求め、求めた平均速度に基づいて動きを補償（例えば、ピクセルごとに推定された平均速度に基づいて集束遅延時間を補償）し、動きのある対象体に対して動きがない場合と同じ映像の解像度を維持することができるようになる。

前記で送信ビームを順次的に送信せず、非順次的に送信するするというのは、超音波合成映像のための複数のスキャンライン（例えば、9つのスキャンライン）に対して順次定義されたインデックス（例えば、インデックス0、インデックス1、インデックス2、...、インデックス8）の増加及び減少が繰り返される非順次的な方式で（例えば、インデックス1、インデックス0、インデックス3、インデックス2、インデックス5、インデックス4、...）送信ビームを送信することである。非順次的方式に基づいた送信順序に従って送信ビームを送信して送信ビームの各送信に対応する複数の受信ビームをそれぞれ得、スキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループとスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループにグルーピングし、スキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループとスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループそれぞれの受信ビームに対して自己相関を実施し、それぞれの自己相関結果値（例えば、ピクセルまたはサンプル単位の位相及び大きさデータ）に加重値を乗じて合算する。このようにすることによって、サイドロープの影響を除去することができ、これは結局、超音波合成映像過程で動きがある対象体に対する推定と補償を通じて（映像動き推定／補償制御部31の制御部315で行う）、動きのある対象体に対して動きがない場合と同じ映像の解像度を維持させることができるようになる。合算部314の合算結果値は固定された対象体に対して0になる。しかし、移動する対象体に対しては0にならない。この値が移動する対象体の平均位相及び大きさとなる。

【0025】

図6で映像動き推定／補償制御部31はビームフォーマ30の外部に存在することを仮定したが、ビームフォーマ30の内部に存在することもできる。本発明は映像動き推定／補償制御部31の位置に限定されない。

【0026】

まず、LRRI（Low Resolution Image）を通じて動きがない固定された映像と動きのある映像に対してメインロープ（main lobe）とサイドロープ（side lobe）の位相（phase）状態を確認し、以後、それぞれに対して送信ビームが非順次的に送信された状態での結果を確認する。

【0027】

図9は、BIPBF合成映像過程を示したものであって、一つの合成されたスキャンラインを求めるために $N = 9$ の周囲スキャンラインが関与することを示しており、スキャンラインが移動、増加するに伴って関与したスキャンラインもこれに合せて移動することを示す。 $0 \sim 8$ は自己相関のためのインデックス順序（Index Order）であり、 $N = 9$ は映像合成に関与するスキャンラインの個数であって、自己相関関数を用いて平均

10

20

30

40

50

位相及び大きさを求めるために必要なアンサンブル個数（Ensemble Number）である。任意のP0点では波面が継続して進み、0～8（自己相関関数に入力されるデータ順序、即ちアンサンブルインデックス）に該当する波面が重畠して映像を合成すると仮定することができる。

【0028】

LRIは、個数がN=9で0から8までスキャンラインを増加するが、図10のようにそれぞれ0番目、1番目・・・8番目を集めて合成映像を構成したものである。前記のような場合には4番目の映像が伝統的単一送受信焦点映像と見ることができる。N=9の場合、9枚のLRIを得てこれに対する位相の変化を見ることができる。

【0029】

図11aはBiPBF RF映像を示し、図11bはBiPBF合成映像過程を通じて固定された対象体に対して単純に自己相関した結果を示す。図11bで、メインロープは位相の変化がないため、自己相関結果でブラックホール（Black Hole）形態に見えるが、固定された対象体であるにもかかわらず、サイドロープの影響ため、位相が変化することを見ることができる。また、メインロープに近くなるほど位相の変化が小さくなることを見ることができる。これは対象体の固定または動きに関係なくサイドロープの位相変化の影響を最小化しなければならないことを意味し、単純にサイドロープの影響を考慮せずに自己相関して動きを探す場合、固定された対象体も動きのある形態の結果を見るようになる。

【0030】

LRIを通じて図12のような結果が出ることがある。図12は全体的にRFデータの位相を示し、この中で「12a」は図10の0番目のLRI0の位相であり、「12b」は1番目のLRI1の位相であり、「12c」は8番目のLRI8の位相を示している。図12では位相の相対的变化を確認するのが容易なように、スキャンラインを4つ、即ちL0～L3で表示した。L0は同じ位置を表示するためのものであり、L1～L3はサイドロープと関連して変化した位相を示すためのものである。結果から分かるように、LRI0からLRI1へ行きながら位相が変化したことを見ることができ、上方への動き（即ち、位相）がかなり変化したことが分かる。即ち、LRI8は「LRI0 LRI1 LRI2 LRI3 ... LRI8」形態で累積しているので、LRI0に比べて位相変化がかなりなされることが分かる。サイドロープと関連して変化した結果とともにメインロープ部分は位相変化がほとんどないことを見ることができる。

【0031】

以上では固定された対象体に対する自己相関とLRI実験を通じてサイドロープに関する問題と影響を確認することができた。以下では本発明の実施例によって、固定された対象体で非順次的な方式でビームを送信し、これに対応して受信されるビームに対して自己相関を実施する過程を具体的に詳察する。

【0032】

送信ビームを非順次的な方式で送信する理由は、順次送信されたビームに対応して受信されるビームを用いて自己相関関数を通じてピクセル単位で位相と大きさを求めるようになれば、対象体が動かない場合には速度が0m/sになるのが理想的であるが、サイドロープの影響で速度成分が検出されるからである。即ち、固定された対象体の場合、送信ビームが順次増加すれば対象体のメインロープの位相は変わらないが、サイドロープの位相はx、y空間で見れば一定のパターンを有して回転するようになる。この結果を用いて補償をする場合に、より正確な補償がなされないため、これを考慮すべきである。従って、本発明ではサイドロープの影響を最小化するために送信ビームを順次送信しなくて非順次的な方式で送信し、これに対応して受信されるビームを用いて自己相関する。

【0033】

図8は、非順次的に送信された送信ビームの形態を示しているが、スキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループとスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループに分け、増加及び減少の値は、増加が+2、減少が-1になるように、相

10

20

30

40

50

互に異なることを示している。例えば、送信を隣接したスキャンラインの通りに 1、2、3、4 . . . のように順次に送信（段階的送信）せず、例えば 2、1、4、3、6、5 . . . の順序で（非順次的送信）、送信スキャンラインの増減が 1 回は -1、次は +2 の差が出るように送信する。この場合、最初の送信と 2 回目の送信のそれぞれに対応して受信された受信ビームの位相差を求めたものを $a(1, 3)$ と表現すれば、停止した対象体のサイドロープの位置のピクセルで $a(2, 4)$ 、 $a(3, 5)$ 、 $a(8, 10)$ などを用いて求めた平均位相差を B （即ち、+2 の差が出る B グループ）、また、 $a(2, 1)$ 、 $a(4, 3)$ 、 $a(6, 5)$ などを用いて求めた平均位相差を A （即ち、-1 の差が出る A グループ）にグルーピングして表現することができる。停止した対象体の場合、それぞれの平均位相差を A と B で表現すれば、近似的に下記の式 1 のようになる。

10

【0034】

$$B = -2A \quad \dots \text{式 1}$$

$$A + (1/2) \times B = 0 \quad \dots \text{式 2}$$

【0035】

式 2 からピクセルごとに A と B を別途に求めた後、それぞれの加重値（例えば、A グループに対しては加重値 ‘1’、B グループに対しては ‘1/2’）を乗じてそれらを合せれば、サイドロープの回転による誤った動き検出を相殺させることができる。また、対象体が実際に動く場合、たとえ送信スキャンラインの順序が変わっても送信時ごとに実際に対象体が近付いたり遠ざかったりするので、これによる位相の回転は下記の式 3 のようになり、前記の通り加重値を乗じてこれを合せれば平均位相を求めることができ、これに基づいて一般 2D-TDI のように対象体の速度を正確に測定することができる。

20

【0036】

$$B = 2A \quad \dots \text{式 3}$$

【0037】

結果的に、サイドロープの回転による不要な位相変化は低減されてメインロープの動きに対する位相変化は観測されるようになる。

【0038】

前記で、平均位相を求める方法は自己相關法を用いる。

自己相關過程についてより具体的に詳察すれば次の通りである。まず、下記の [式 4] の通り関数 $z(t)$ と $z^*(t - T)$ から $z_1(t)$ を定義することができる。

30

【0039】

$$z_1(t) = z(t) \times z^*(t - T) \quad \dots \text{式 4}$$

$$z^*(t - T) = x(t - T) - jy(t - T) \quad \dots \text{式 5}$$

【0040】

$z^*(t - T)$ は、前記 [式 5] の通り関数 $z(t)$ から遅延時間 T だけ遅延された共役複素数（Conjugate Complex）である。ある時間に対して $z_1(t)$ を積分することによって自己相關関数の結果を下記の式 6 のように得られる。

【0041】

【数 1】

$$R(T, t) = \int_{t-nT}^t z_1(t') dt' = R_x(T, t) + jR_y(T, t)$$

40

$$\dots \text{式 6}$$

【0042】

前記式 6 で、 n は一定方向の送信パルスの連続した個数であって、一般に超音波映像ではアンサンブル個数で表現される。

【0043】

下記の式 7 は、送信スキャンラインの配置が +2 ずつ増加する部分に対する自己相關関数を表現したものである。下記の式 8 及び式 9 はスキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループの大きさ及び位相をそれぞれ示したものである。この過程は映像動き

50

推定 / 補償制御部 31 の自己相関器 311 ~ 313 のうち、例えば自己相関器 312 でスキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループデータに対して行う。

【0044】

【数2】

$$R_I(T_I, t) = \int_{t-n_I T_I}^t z_{II}(t') dt' = R_{xI}(T_I, t) + j R_{yI}(T_I, t)$$

・・・式7

【0045】

$$R_I(T_I, t) = \{ R_{xI}^2(T_I, t) + j R_{yI}^2(T_I, t) \} \dots \text{式8}$$

$$(T_I, t) = \tan^{-1} \{ R_{yI}(T_I, t) / R_{xI}(T_I, t) \} \dots \text{式9}$$

【0046】

前記式9から加重値を与えて位相を求めれば下記の式10のように表現される。

【0047】

$$s(T_I, t) = (1/2) \times \tan^{-1} \{ R_{yI}(T_I, t) / R_{xI}(T_I, t) \} \dots \text{式10}$$

【0048】

送信スキャンライン増加方向に対する最終的結果式は、下記の式11及び式12のようである。

【0049】

$$R_{sxI}(T_I, t) = R_I(T_I, t) \times \cos\{s(T_I, t)\} \dots \text{式11}$$

$$R_{syI}(T_I, t) = R_I(T_I, t) \times \sin\{s(T_I, t)\} \dots \text{式12}$$

【0050】

一方、送信スキャンラインの -1ずつ減少する方向に対する式は、下記の式13～式15の通りである。式13は、送信スキャンラインの配置が -1ずつ減少する部分に対する自己相関関数を表現したものであって、式14及び式15は、スキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループの大きさ及び位相をそれぞれ示したものである。この過程は映像動き推定 / 補償制御部 31 の自己相関器 311 ~ 313 の中、例えば自己相関器 311 でスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループデータに対して行う。

【0051】

【数3】

$$R_D(T_D, t) = \int_{t-n_D T_D}^t z_{ID}(t') dt' = R_{xD}(T_D, t) + j R_{yD}(T_D, t)$$

・・・式13

【0052】

$$R_D(T_D, t) = \{ R_{xD}^2(T_D, t) + j R_{yD}^2(T_D, t) \} \dots \text{式14}$$

【0053】

$$(T_D, t) = \tan^{-1} \{ R_{yD}(T_D, t) / R_{xD}(T_D, t) \} \dots \text{式15}$$

【0054】

結果的に、映像動き推定 / 補償制御部 31 の自己相関器 311 ~ 313 でスキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループデータとスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループデータに対してそれぞれ行った送信スキャンラインの +2 増加方向と -1 減少方向の結果は合算部 314 で加えて、合算部 314 の出力複素値は下記の式16及び式17の通りである。これを用いて該当ピクセルまたはサンプルに対する大きさを求めれば下記の式18のように示すことができ、位相を求めれば下記の式19のように示すことができる。

【0055】

$$R_{Tx}(T, t) = R_{sxI}(T_I, t) + R_{xD}(T_D, t) \dots \text{式16}$$

10

20

30

40

50

$$R_{Ty}(T, t) = R_{Sy_I}(T_I, t) + R_{y_D}(T_D, t) \quad \dots \text{式 } 17$$

$$R_T(T, t) = \{R_{Tx}^2(T, t) + j R_{Ty}^2(T, t)\} \quad \dots \text{式 } 18$$

$$\varphi(T, t) = \tan^{-1} \{R_{Ty}(T, t) / R_{Tx}(T, t)\} \quad \dots \text{式 } 19$$

【0056】

前記式18はピクセル基盤の平均の大きさを示し、前記式19はピクセル基盤の平均位相を示す。これを用いれば、特定領域基盤の平均位相を求めることができる。これを詳察すれば、まず前記式16と式17の結果を空間上の座標で下記の式20のように表現することができる。

【0057】

$$R_{Tx}(T, t) \quad R_{Px}(s, z), \quad R_{Ty}(T, t) \quad R_{Py}(s, z) \quad \dots \text{式 } 20$$

10

【0058】

前記式20は、さらに式21及び式22の通り表現して特定領域基盤の平均大きさ及び平均位相を有する形態に拡張することができる。

【0059】

【数4】

$$R_{Rx}(i, j) = \frac{1}{k} \sum_{s=l}^m \sum_{z=n}^0 R_{Px}(s, z)$$

...式21

20

【0060】

【数5】

$$R_{Ry}(i, j) = \frac{1}{k} \sum_{s=l}^m \sum_{z=n}^0 R_{Py}(s, z)$$

...式22

【0061】

前記式で位相値とともに大きさを測定する理由は、動き推定及び補償時に大きさに基づいて補償の自由度を高めるからである。例えば、パワーしきい値を基準とする時、その大きさが非常に小さい場合は無視する。

30

【0062】

提案された送信スキャンラインと自己相関関数を用いて推定された平均大きさ及び平均位相を用いて動き補償をしなければならない。このために推定された位相値を対象体が動いた距離に変換しなければならないが、下記の式23は対象体が動いた速度を示す。cは音速、f0はトランステューサの中心周波数、そしてPRFは送信が繰り返される周波数を示す。下記の式24は変換された対象体の速度を用いて動いた距離を求めたものである。求めた速度に基づいてピクセルごとの集束時間を補償すればよい。

【0063】

$$V_{target} = \tau \times \{c / (2 \times f_0)\} \times \{PRF / (2 \times \cdot)\} \quad \dots \text{式 } 23$$

40

$$Z_{target} = V_{target} \times (1 / PRF) \quad \dots \text{式 } 24$$

【0064】

前記でピクセルごとに推定された速度に基づいて集束遅延時間を補償する方法の例として、毎ピクセルの送信集束遅延時間、受信集束遅延時間に対してそれぞれ補償を適用したり、これまでの動きが考慮されていない送信集束遅延時間と受信集束遅延時間はそのままにして、追加で動き補償集束遅延時間を適用することもできる。

【0065】

提案された方法によって、固定された対象体に対して非順次的な方式でビームを送信し、これに対応して受信されるビームに対して自己相関を実施すると、図13a及び図13bのような結果を得るようになる。図13aは、固定された対象体に対して非順次的な方

50

式でビームを送信し、これに対応して受信されるビーム中のスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループに対して自己相関を実施した結果であり、図13bは、固定された対象体に対して非順次的にビームを送信し、これに対応して受信されるビーム中のスキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループに対して自己相関を実施した結果を示す。

【0066】

図8のように非順次的な方式でビームを送信し、これに対応して受信されるビームに対して自己相関を実施すると、サイドロープの影響が明確に減るようになる（図14b及び図14c参照）。図14aで、c0は本来メインロープの大きさを示し、周囲はサイドロープとして見ることができる。この場合、メインロープはサイドロープの影響を受けている。しかし、非順次的な方式でビームを送信し、これに対応して受信されるビームに対して自己相関を実施すると、図14bのc1の通り、メインロープに及ぼす周囲サイドロープの影響が減るようになることが分かる。また、パワーしきい値（Power Thre shold）電圧を調整すると、図14cのc2の通り、サイドロープによる影響をより減らすことができる。結果的に、非順次的な方式でビームを送信し、これに対応して受信されるビームに対して自己相関を実施すると、対象体が固定された場合、サイドロープの影響を減らすことができる。

【0067】

一方、動く対象体に対して非順次的な方式でビームを送信して、これに対応して受信されるビームに対して自己相関を実施すると、図15a～図15cのような結果を得るようになる。図15aは動く対象体に対して非順次的な方式でビームを送信し、これに対応して受信されるビーム中のスキャンラインインデックスが減少する方向の減少グループに対して自己相関を実施した結果であり、図15bは動く対象体に対して非順次的な方式でビームを送信し、これに対応して受信されるビーム中のスキャンラインインデックスが増加する方向の増加グループに対して自己相関を実施した結果を示す。図15cでR0はメインロープの移動によって位相が変化したことを示す。

【0068】

最後に、本発明と従来方式の差によるシミュレーション結果を詳察する。

図16a及び図16bは、対象体が動かない場合、従来の方法と本発明によってBiPBF（N=17）を用いて求めた空間上の速度分布を示したものである。図16aは、従来の送信ビーム順序（順次的送信）を有するBiPBF合成映像方法でN=17の場合に対して自己相関関数を用いて平均位相を求め、これを用いて速度で示した結果である。サイドロープ部分で不要な速度成分が検出されることが分かる。低い信号に対する平均速度を無視するために、パワーしきい値は0～1間にノーマライゼーション（Normalization）された結果基準で適切に（例えば、0.0002）に調節した。図16bは、本発明の実施例によって送信ビームを非順次的に送信し、スキャンラインインデックスが増加及び減少する方向によって加重値を用いて平均速度を求めた結果である。

【0069】

図16a及び図16bを比較すると、本発明は従来の方法に比較してサイドロープによる位相または速度変化の範囲が小さく、空間上でも面積が小さいことを示し、従来の方法よりサイドロープによる影響を相当減らすことができる（サイドロープの回転による速度検出誤差が大幅に減少する）。併せて、パワーしきい値を適切に調節するとサイドロープによる速度影響をさらに減らすことができる。

【0070】

図17a及び図17bは対象体が動く場合、従来の方法と本発明によってBiPBF（N=17）を用いて求めた空間上の速度分布を示したものである。対象体はトランステューサ中心で深さ60mm地点から60mm/s速度で軸方向に深さ0mm地点に向かって動き、PRFは4kHzとして定義した。ただし、RFデータの場合はサンプリングクロックを61.6MHzを用いた。

【0071】

10

20

30

40

50

図17aは従来の方法であって、図17bは本発明によって求めた平均位相を用いて速度成分を求めたものである。図17bの本発明が図17aの従来の方法より速度分布が60mm/sを中心に分布していることが分かる。パワーしきい値は0~1間にノーマライゼーション(Normalization)された結果基準で適切に(例えば、0.0002)調節した。

【0072】

理想的に60mm/s速度1つだけ存在するが、従来の方法の場合、速度が+120mm/s以上まで検出されることが分かる。本発明は60mm/sに近くついて行くことが分かり、併せて、ピクセル単位でメインロープの動きについて行くことが分かる。同様に60mm/s速度1つだけ存在しなければならないが、一部残っているサイドロープ速度成分によりある程度異なる速度があることが分かり、標準偏差が従来の方法に比べて相対的に小さくなる。

【0073】

本発明が望ましい実施例を通じて説明され例示されたが、当業者であれば添付した特許請求の範囲の事項及び範疇を逸脱せず、様々な変形及び変更がなされることが分かる。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】一般的な合成映像生成過程を示す説明図である。

【図2a】超音波放射例(その1)を示す説明図である。

【図2b】超音波放射例(その2)を示す説明図である。

【図2c】超音波放射例(その3)を示す説明図である。

【図3】固定された対象体と動く対象体に対する合成映像を比較した例示図である。

【図4a】N=17の場合におけるLRIM送信ビームパターンを示す説明図(その1)である。

【図4b】N=17の場合におけるLRIM送信ビームパターンを示す説明図(その2)である。

【図4c】N=17の場合におけるLRIM送信ビームパターンを示す説明図(その3)である。

【図4d】N=17の場合におけるLRIM送信ビームパターンを示す説明図(その4)である。

【図5】本発明の実施例によって超音波診断システムの構成を概略的に示した図面である。

【図6】図5のビームフォーマの構成を詳細に示した図面である。

【図7】図5の映像動き推定/補償制御部の構成を詳細に示した図面である。

【図8】本発明の実施例によって送受信ビームの特性化された配列を示す説明図である。

【図9】BiPBF合成映像過程を示す説明図である。

【図10】LRIMとスキャンラインの関係を示す説明図である。

【図11a】BiPBF RF映像を示す説明図である。

【図11b】BiPBF合成映像過程を通じて固定された対象体に対して自己相関を実施した結果を示す説明図である。

【図12】RFデータの位相変化を示す説明図である。

【図13a】本発明の実施例によって固定された対象体に対して自己相関を実施した結果(その1)を示す説明図である。

【図13b】本発明の実施例によって固定された対象体に対して自己相関を実施した結果(その2)を示す説明図である。

【図14a】固定された対象体に対して自己相関を実施した結果を示す説明図である。

【図14b】本発明の実施例によって固定された対象体に対して自己相関を実施した結果(その1)を示す説明図である。

【図14c】本発明の実施例によって固定された対象体に対して自己相関を実施した結果(その2)を示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図15a】本発明の実施例によって動く対象体に対して自己相関を実施した結果（その1）を示す説明図である。

【図15b】本発明の実施例によって動く対象体に対して自己相関を実施した結果（その2）を示す説明図である。

【図15c】本発明の実施例によって動く対象体に対して自己相関を実施した結果（その3）を示す説明図である。

【図16a】従来の方法によって固定された対象体に対してBiPBF（N=17）を用いて求めた空間上の速度分布を示す説明図である。

【図16b】本発明の実施例によって固定された対象体に対してBiPBF（N=17）を用いて求めた空間上の速度分布を示す説明図である。 10

【図17a】従来の方法によって動く対象体に対してBiPBF（N=17）を用いて求めた空間上の速度分布を示す説明図である。

【図17b】本発明の実施例によって動く対象体に対してBiPBF（N=17）を用いて求めた空間上の速度分布を示す説明図である。 20

【符号の説明】

【0075】

10 : 送受信部

20 : 送受信スイッチ

21 : 送受信制御部

30 : ビームフォーマ

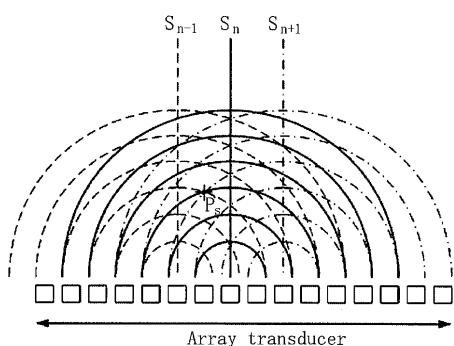
31 : 映像動き推定 / 補償制御部

40 : エコー処理部

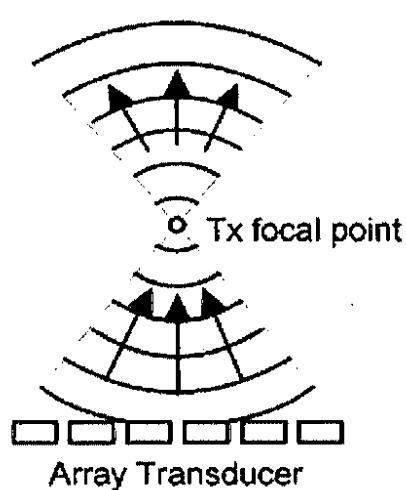
50 : スキャン変換部

60 : ディスプレイ部

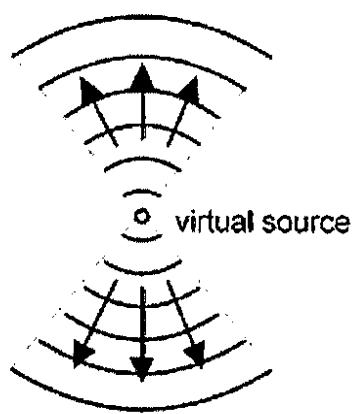
【図1】



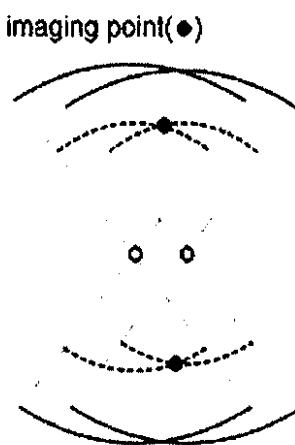
【図2a】



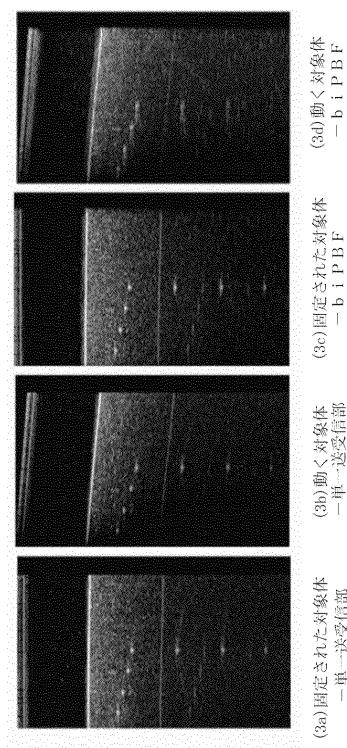
【図 2 b】



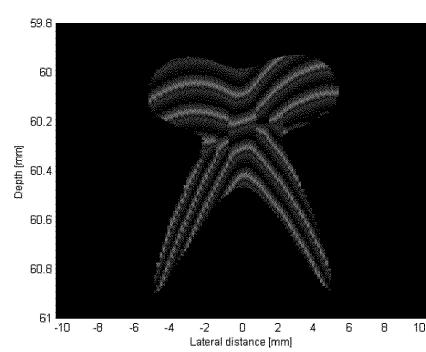
【図 2 c】



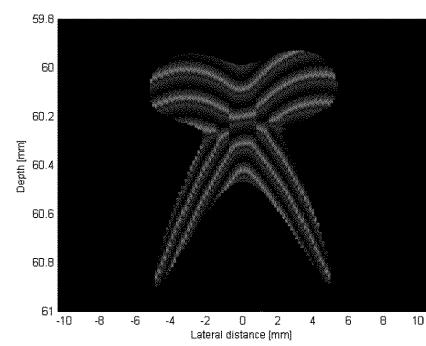
【図 3】



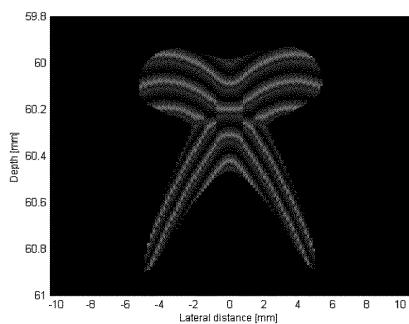
【図 4 a】



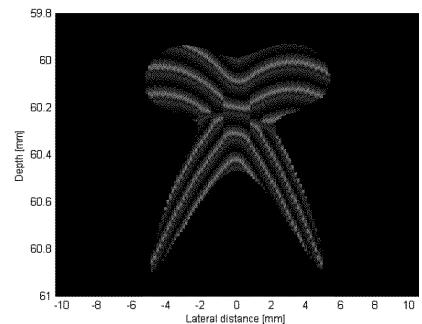
【図 4 b】



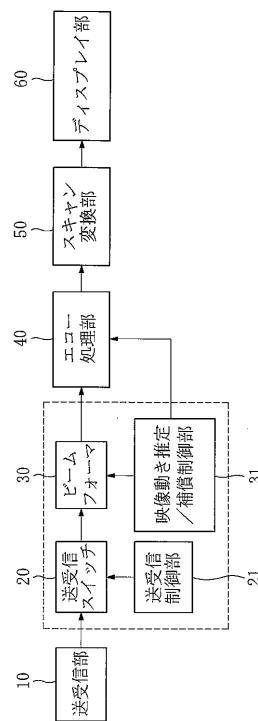
【図4c】



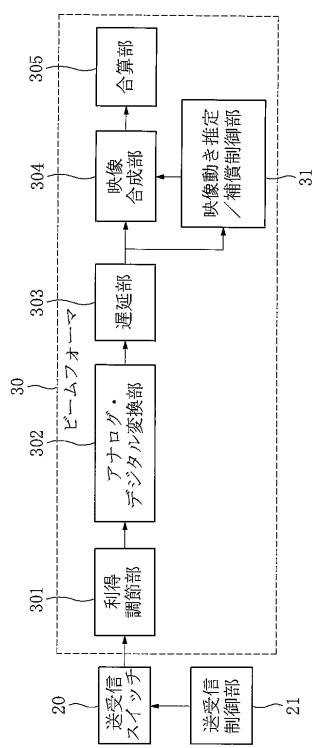
【図4d】



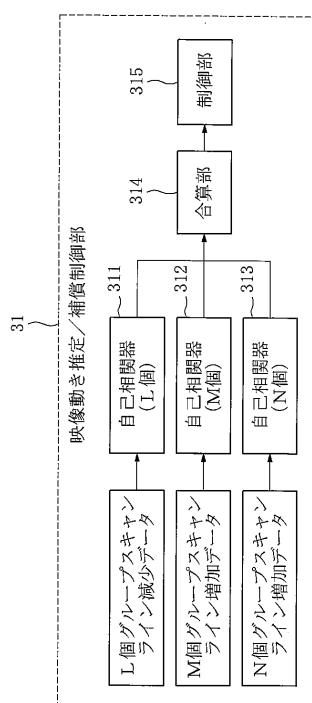
【図5】



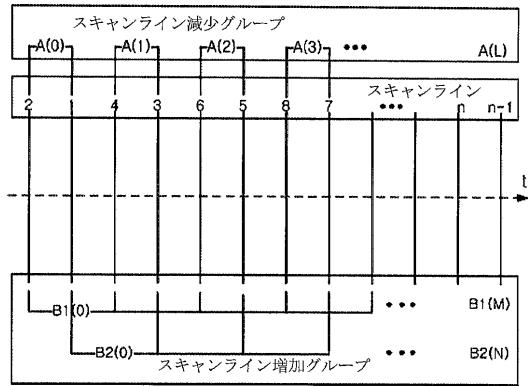
【図6】



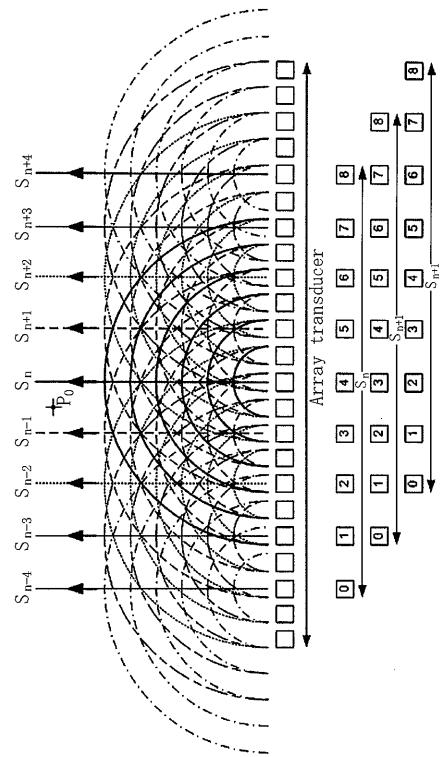
【図7】



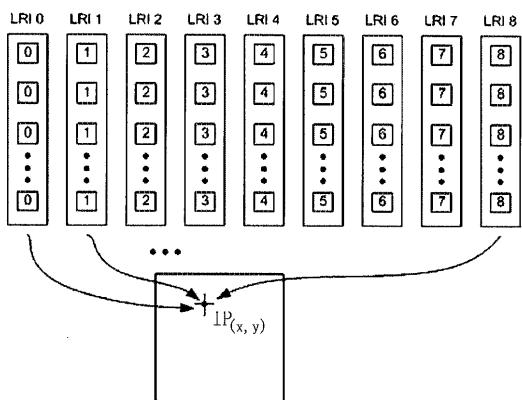
【図 8】



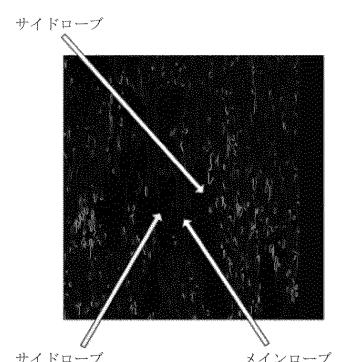
【図 9】



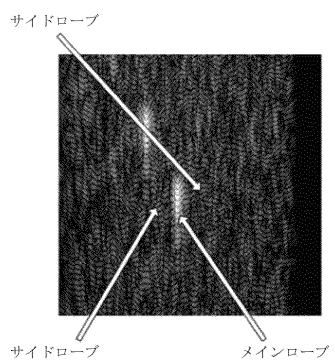
【図 10】



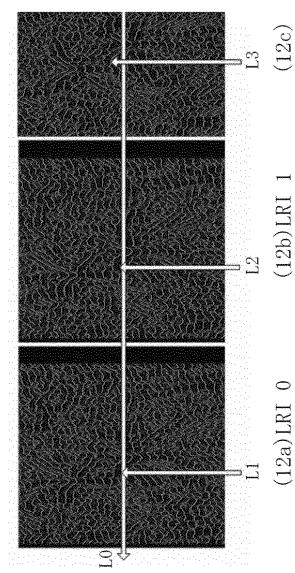
【図 11 b】



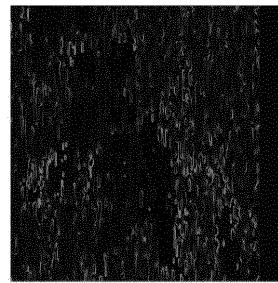
【図 11 a】



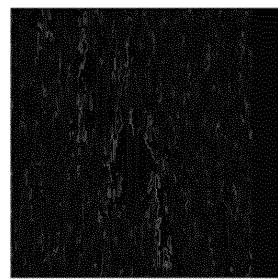
【図 1 2】



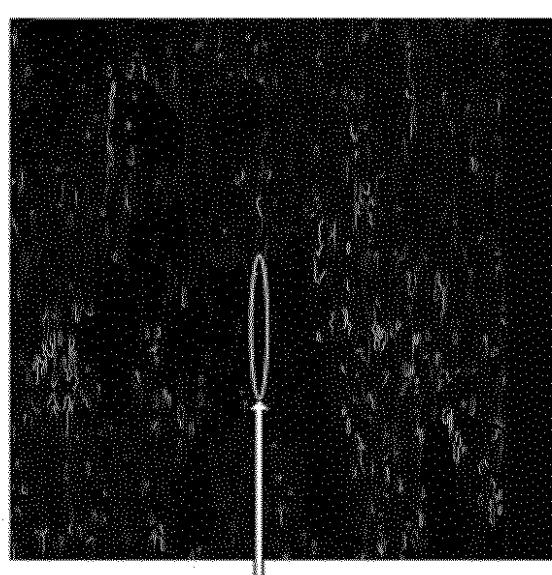
【図 1 3 a】



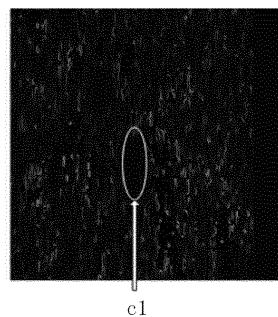
【図 1 3 b】



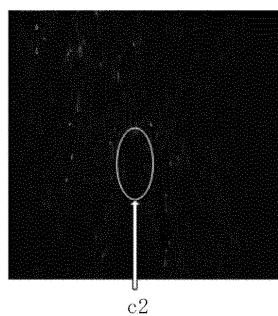
【図 1 4 a】



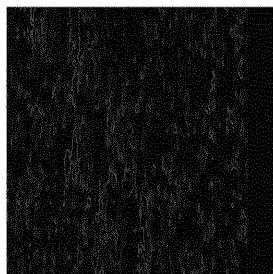
【図 1 4 b】



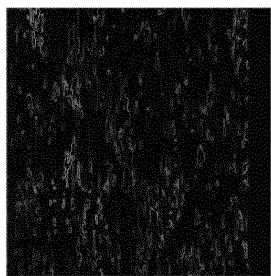
【図 1 4 c】



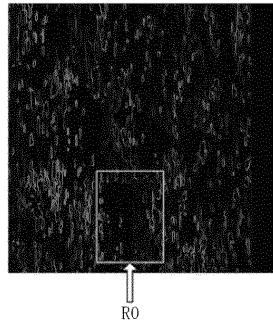
【図 1 5 a】



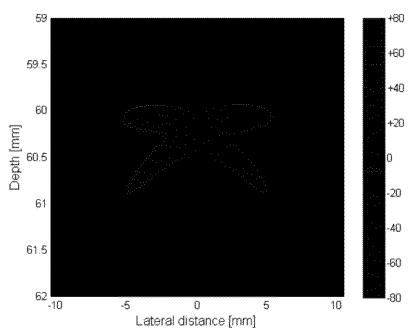
【図 1 5 b】



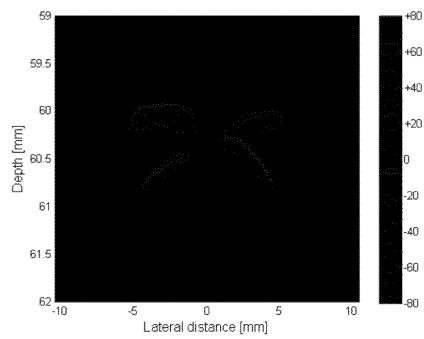
【図 1 5 c】



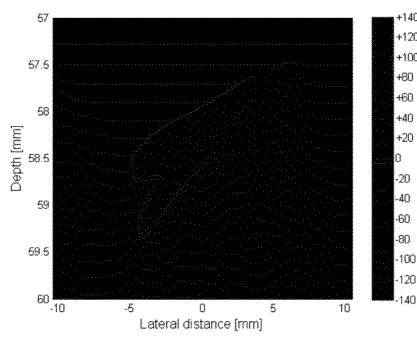
【図 1 6 a】



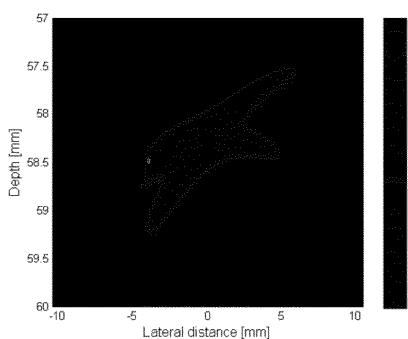
【図 1 6 b】



【図 1 7 a】



【図 1 7 b】



フロントページの続き

(72)発明者 ベ ム ホ

大韓民国 ソウル市 ソンパグ シンチョンドン チャンミアパート 19-808

(72)発明者 ハム ジヨン ホ

大韓民国 ソウル特別市 カンナムグ デチドン 1003 ディスカサンドメディソンビル

3階 株式会社メディソン R & Dセンター

審査官 後藤 順也

(56)参考文献 特開2007-105360 (JP, A)

特開2004-173753 (JP, A)

特開2001-238883 (JP, A)

Bulent Tavh etal., Correlation Processing for Correction of PhaseDistortions in Subaperture Imaging, ieee transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control
1999年11月, vol.46, no.6, p.1477-1488

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8 / 00

专利名称(译)	如何消除旁瓣的影响		
公开(公告)号	JP5394694B2	公开(公告)日	2014-01-22
申请号	JP2008274668	申请日	2008-10-24
[标]申请(专利权)人(译)	三星麦迪森株式会社		
申请(专利权)人(译)	株式会社 メディソン		
当前申请(专利权)人(译)	三星メディソン株式会社		
[标]发明人	ペムホ ハムジョンホ		
发明人	ペムホ ハムジョンホ		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/52046 G01S7/52028 G01S7/52047 G01S7/52049 G01S7/52085		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB06 4C601/EE01 4C601/HH04 4C601/HH16 4C601/HH38 4C601/JB41 4C601/JB45		
代理人(译)	高田 守 高桥秀树		
优先权	1020070107947 2007-10-25 KR 1020080095110 2008-09-29 KR		
其他公开文献	JP2009101164A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题为了消除旁瓣的影响，以便保持与在超声合成图像中相对于具有移动的物体没有运动时相同的图像分辨率。以非顺序方式发送波束，并且根据发送波束的每次发送而接收的多个接收波束中的每一个被分组为沿扫描线索引的增加方向的数据和沿减小方向的数据。根据扫描线索引的增加和减少方向对每个组执行自相关，对每个自相关值应用权重，加在一起，消除旁瓣的影响。非顺序方法是这样一种方法，其中设置了大量扫描线，为扫描线定义了逐步索引，并且以非顺序方式定义了索引的增加和减少，设置顺序，并根据设置的传输顺序传输传输波束。

$$R_{R_y}(i, j) = \frac{1}{k} \sum_{s=1}^k \sum_{z=1}^{z_i} R_{P_y}(s, z)$$

点域6