

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6121823号  
(P6121823)

(45) 発行日 平成29年4月26日(2017.4.26)

(24) 登録日 平成29年4月7日(2017.4.7)

(51) Int.Cl. F 1  
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00

請求項の数 7 (全 27 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-146996 (P2013-146996)                  (22) 出願日 平成25年7月12日 (2013.7.12)                  (65) 公開番号 特開2015-16255 (P2015-16255A)                  (43) 公開日 平成27年1月29日 (2015.1.29)                  審査請求日 平成28年6月24日 (2016.6.24)</p>	<p>(73) 特許権者 594164542                  東芝メディカルシステムズ株式会社                  栃木県大田原市下石上1385番地                  (74) 代理人 110001771                  特許業務法人虎ノ門知的財産事務所                  (72) 発明者 平野 亨                  栃木県大田原市下石上1385番地 東芝                  メディカルシステムズ株式会社内                  (72) 発明者 川岸 哲也                  栃木県大田原市下石上1385番地 東芝                  メディカルシステムズ株式会社内                  審査官 宮川 哲伸</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び制御プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1超音波ビーム、及び、前記第1超音波ビームと振幅が2倍の第2超音波ビームそれぞれを、等価時間サンプリングのフェーズ数と同一の回数、同一走査線で超音波プローブから送信させる送信部と、

前記超音波プローブが前記第1超音波ビームにより受信した前記フェーズ数分の反射波信号それぞれを、前記フェーズ数で定まる所定位相差に応じて等価時間サンプリングして第1デジタルデータ群を生成し、前記超音波プローブが前記第2超音波ビームにより受信した前記フェーズ数分の反射波信号それぞれを、前記所定位相差に応じて等価時間サンプリングして第2デジタルデータ群を生成し、前記第1デジタルデータ群及び前記第2デジタルデータ群それぞれから、送信走査線の第1反射波データ群及び第2反射波データ群を生成する受信部と、

前記第1反射波データ群を前記所定位相差に応じて合成した第1合成反射波データを倍加した倍加反射波データと、前記第2反射波データ群を前記所定位相差に応じて合成した第2合成反射波データとに基づいて、高調波成分が抽出された第3反射波データを生成する信号処理部と、

前記第3反射波データを用いて超音波画像データを生成する画像生成部と、  
 を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

前記受信部は、並列同時受信を行なって、前記第1反射波データ群及び前記第2反射波

10

20

データ群を、並列同時受信数分の複数の走査線それぞれで生成し、

前記信号処理部は、前記複数の走査線それぞれの第1反射波データ群及び第2反射波データ群から、前記複数の走査線それぞれの第3反射波データを生成し、

前記画像生成部は、前記複数の走査線それぞれの第3反射波データを用いて前記超音波画像データを生成することを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項3】

前記超音波プローブから送信される並列同時受信の超音波ビームの位置の移動前後で、前記超音波プローブが並列同時受信で受信する範囲が重複するように、前記送信部を制御する制御部、

を更に備えたことを特徴とする請求項2に記載の超音波診断装置。

10

【請求項4】

前記送信部は、前記第1超音波ビームと、前記第1超音波ビームと同位相である第2超音波ビームとを送信し、

前記信号処理部は、前記倍加反射波データと、前記第2合成反射波データとを差分して、前記第3反射波データを生成する

ことを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項5】

前記送信部は、第1超音波ビームと、前記第1超音波ビームと位相が反転した第2超音波ビームとを送信し、

前記信号処理部は、前記倍加反射波データと、前記第2合成反射波データとを加算して、前記第3反射波データを生成する

ことを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

20

【請求項6】

等価時間サンプリングのフェーズ数と同一の回数、同一走査線で超音波プローブから超音波ビームを送信させる送信部と、

並列同時受信を行なって、並列同時受信数分の複数の走査線それぞれで前記超音波プローブが受信した前記フェーズ数分の反射波信号それぞれを、前記フェーズ数で定まる所定位相差に応じて等価時間サンプリングして、前記複数の走査線それぞれのデジタルデータ群を生成して、前記複数の走査線それぞれの反射波データ群を生成する受信部と、

前記複数の走査線それぞれの反射波データ群を前記所定位相差に応じて合成して、前記複数の走査線それぞれの合成反射波データを生成する信号処理部と、

前記複数の走査線それぞれの合成反射波データを用いて超音波画像データを生成する画像生成部と、

前記超音波プローブから超音波ビームが送信するごとに、前記超音波プローブが並列同時受信で受信する範囲が重複するように、前記送信部を制御する制御部と、

を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

30

【請求項7】

コンピュータに、

第1超音波ビーム、及び、前記第1超音波ビームと振幅が2倍の第2超音波ビームそれぞれを、等価時間サンプリングのフェーズ数と同一の回数、同一走査線で超音波プローブから送信させる送信手順と、

前記超音波プローブが前記第1超音波ビームにより受信した前記フェーズ数分の反射波信号それぞれを、前記フェーズ数で定まる所定位相差に応じて等価時間サンプリングして第1デジタルデータ群を生成し、前記超音波プローブが前記第2超音波ビームにより受信した前記フェーズ数分の反射波信号それぞれを、前記所定位相差に応じて等価時間サンプリングして第2デジタルデータ群を生成し、前記第1デジタルデータ群及び前記第2デジタルデータ群それぞれから、送信走査線の第1反射波データ群及び第2反射波データ群を生成する受信手順と、

前記第1反射波データ群を前記所定位相差に応じて合成した第1合成反射波データを倍加した倍加反射波データと、前記第2反射波データ群を前記所定位相差に応じて合成した

40

50

第2合成反射波データとに基づいて、高調波成分が抽出された第3反射波データを生成する信号処理手順と、

前記第3反射波データを用いて超音波画像データを生成する画像生成手順と、  
 を実行させることを特徴とする制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、超音波診断装置及び制御プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、超音波診断装置を用いた撮影において、空間分解能の高いBモード画像を得る方法としてコントラストハーモニックイメージング(CHI: Contrast Harmonic Imaging)や組織ハーモニックイメージング(Tissue Harmonic Imaging: THI)法がある。CHI法やTHI法では、超音波診断装置は、受信信号に含まれる高調波成分(例えば、2次高調波成分)を用いて映像化を行なう。

【0003】

また、アナログ信号をデジタル化する場合、ADC(Analog to Digital Converter)のナイキスト周波数を越えるような高周波成分を持った繰り返し波形をデジタル化する手法として等価時間サンプリングが一般的に用いられる。例えば、等価時間サンプリングでは、ADCは、フェーズ数分の繰り返し波形それぞれのサンプリングを、フェーズ数に応じた位相差で行なう。これにより、ADCのナイキスト周波数を越える高周波成分を持ったアナログ信号全体を、再現可能な状態で、デジタル化することができる。

【0004】

等価時間サンプリングを超音波の反射波信号のデジタル化に適用することで、高分解能な画像が得られることが期待される。しかし、反射波信号に対して等価時間サンプリングを適用する場合、等価時間サンプリングのフェーズ数に応じて、フレームレートが低下する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-87745号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明が解決しようとする課題は、超音波の反射波信号のデジタル化に等価時間サンプリングを適用する場合に、フレームレートの低下を抑制することができる超音波診断装置及びその制御プログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

実施形態の超音波診断装置は、送信部と、受信部と、信号処理部と、画像生成部とを備える。送信部は、第1超音波ビーム、及び、前記第1超音波ビームと振幅が2倍の第2超音波ビームそれぞれを、等価時間サンプリングのフェーズ数と同一の回数、同一走査線で超音波プローブから送信させる。受信部は、前記超音波プローブが前記第1超音波ビームにより受信した前記フェーズ数分の反射波信号それぞれを、前記フェーズ数で定まる所定位相差に応じて等価時間サンプリングして第1デジタルデータ群を生成し、前記超音波プローブが前記第2超音波ビームにより受信した前記フェーズ数分の反射波信号それぞれを、前記所定位相差に応じて等価時間サンプリングして第2デジタルデータ群を生成し、前記第1デジタルデータ群及び前記第2デジタルデータ群それぞれから、送信走査線の第1反射波データ群及び第2反射波データ群を生成する。信号処理部は、前記第1反射波データ群を前記所定位相差に応じて合成した第1合成反射波データを倍加した倍加反射波デー

10

20

30

40

50

たと、前記第2反射波データ群を前記所定位相差に応じて合成した第2合成反射波データに基づいて、高調波成分が抽出された第3反射波データを生成する。画像生成部は、前記第3反射波データを用いて超音波画像データを生成する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る超音波診断装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】図2は、従来のAMにより送信される超音波ビームの一例を説明する図である。

【図3】図3は、従来のハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図(1)である。

【図4】図4は、従来のハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図(2)である。

【図5】図5は、従来のハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図(3)である。

【図6】図6は、第1の実施形態に係るハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図(1)である。

【図7】図7は、第1の実施形態に係るハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図(2)である。

【図8】図8は、第1の実施形態に係るハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図(3)である。

【図9】図9は、第1の実施形態に係るハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図(4)である。

【図10】図10は、第1の実施形態に係る超音波診断装置が行なう処理の手順を示すフローチャートである。

【図11】図11は、等価時間サンプリングのフェーズ数が4である場合のスキュンシーケンスの一例を示す図である。

【図12】図12は、等価時間サンプリングのフェーズ数が4である場合のスキュンシーケンスの別例を示す図である。

【図13】図13は、従来のAMPMに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図である。

【図14】図14は、第1の実施形態に係るAMPMに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図である。

【図15】図15は、等価時間サンプリングに並列同時受信を適用する場合の一例を説明する図である。

【図16】図16は、等価時間サンプリングに並列同時受信を適用する場合の他の一例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して、実施形態に係る超音波診断装置及び制御プログラムを説明する。そして、各実施形態は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせることが可能である。

【0010】

(第1の実施形態)

まず、第1の実施形態に係る超音波診断装置の構成について説明する。図1は、第1の実施形態に係る超音波診断装置の構成例を示すブロック図である。図1に例示するように、第1の実施形態に係る超音波診断装置は、超音波プローブ1と、モニタ2と、入力装置3と、装置本体10とを有する。

【0011】

超音波プローブ1は、複数の圧電振動子を有し、これら複数の圧電振動子は、後述する装置本体10が有する送信部11から供給される駆動信号に基づき超音波を発生する。ま

10

20

30

40

50

た、超音波プローブ1が有する複数の圧電振動子は、被検体Pからの反射波を受信して電気信号に変換する。また、超音波プローブ1は、圧電振動子に設けられる整合層と、圧電振動子から後方への超音波の伝播を防止するバックリング材等を有する。なお、超音波プローブ1は、装置本体10と着脱自在に接続される。

【0012】

超音波プローブ1から被検体Pに超音波が送信されると、送信された超音波は、被検体Pの体内組織における音響インピーダンスの不連続面で次々と反射され、反射波信号として超音波プローブ1が有する複数の圧電振動子にて受信される。受信される反射波信号の振幅は、超音波が反射される不連続面における音響インピーダンスの差に依存する。なお、送信された超音波パルスが、移動している血流や心臓壁等の表面で反射された場合の反射波信号は、ドプラ効果により、移動体の超音波送信方向に対する速度成分に依存して、周波数偏移を受ける。

10

【0013】

入力装置3は、マウス、キーボード、ボタン、パネルスイッチ、タッチコマンドスクリーン、フットスイッチ、トラックボール、ジョイスティック等を有する。入力装置3は、超音波診断装置の操作者からの各種設定要求を受け付け、装置本体10に対して受け付けた各種設定要求を転送する。

【0014】

モニタ2は、超音波診断装置の操作者が入力装置3を用いて各種設定要求を入力するためのGUI(Graphical User Interface)を表示したり、装置本体10において生成された超音波画像データ等を表示したりする。

20

【0015】

装置本体10は、超音波プローブ1が受信した反射波信号に基づいて超音波画像データを生成する装置である。装置本体10は、図1に例示するように、送信部11と、受信部12と、信号処理部13と、画像生成部16と、画像メモリ17と、制御部18と、内部記憶部19とを有する。

【0016】

送信部11は、図1に示すように、レートパルス発生器11aと、送信遅延回路11bと、送信パルサ11cとを有し、超音波プローブ1に駆動信号を供給する。レートパルス発生器11aは、所定のレート周波数で、送信超音波を形成するためのレートパルスを繰り返し発生する。レートパルスは、送信遅延回路11bを通ることで異なる送信遅延時間を有した状態で送信パルサ11cへ電圧を印加する。すなわち、送信遅延回路11bは、超音波プローブ1から発生される超音波をビーム状に集束して送信指向性を決定するために必要な圧電振動子ごとの送信遅延時間を、レートパルス発生器11aが発生する各レートパルスに対し与える。なお、ビーム状に集束された超音波のことを「超音波ビーム」と呼ぶ。

30

【0017】

送信パルサ11cは、かかるレートパルスに基づくタイミングで、超音波プローブ1に駆動信号(駆動パルス)を印加する。駆動パルスは、送信パルサ11cからケーブルを介して超音波プローブ1内の圧電振動子まで伝達した後に、圧電振動子において電気信号から機械的振動に変換される。この機械的振動は、生体内部で超音波として送信される。ここで、圧電振動子ごとに異なる送信遅延時間を持った超音波は、収束されて、所定方向に伝搬していく。すなわち、送信遅延回路11bは、各レートパルスに対し与える送信遅延時間を変化させることで、圧電振動子面からの送信方向を任意に調整する。

40

【0018】

送信部11は、後述する制御部18のスキャン制御機能により、送信開口(超音波ビームの送信時に用いる圧電振動子の数及び位置)を制御することで、送信指向性を与える。送信部11は、1本の走査線での超音波送信が完了する度に、送信開口を移動する。また、送信部11は、送信開口の各圧電振動子が駆動するタイミングを、送信遅延回路11bを用いて制御することで、超音波をビーム状に集束させる。以下、超音波ビームの送信時

50

に駆動させる圧電振動子の数のことを「送信開口数」と呼ぶ。

【0019】

なお、送信部11は、後述する制御部18の指示に基づいて、所定のスキャンシーケンスを実行するために、送信周波数、送信駆動電圧等を瞬時に変更可能な機能を有している。特に、送信駆動電圧の変更は、瞬間にその値を切り替え可能なリニアアンプ型の発信回路、または、複数の電源ユニットを電氣的に切り替える機構によって実現される。

【0020】

受信部12は、超音波プローブ1から反射波信号を受信する。例えば、超音波プローブ1が送信した超音波の反射波が超音波プローブ1内部の圧電振動子まで到達した後、圧電振動子において、機械的振動から電氣的信号（反射波信号）に変換され、受信部12に入力される。受信部12は、図1に示すように、プリアンプ12aと、A/D変換器（ADC）12bと、受信遅延加算回路12cとを有し、超音波プローブ1が受信した反射波信号に対して各種処理を行なって反射波データを生成する。

10

【0021】

プリアンプ12aは、チャンネルごとに反射波信号を増幅してゲイン調整を行なう。A/D変換器12bは、ゲイン補正された反射波信号をA/D変換することでゲイン補正された反射波信号をデジタルデータに変換する。受信遅延加算回路12cは、デジタルデータに受信指向性を決定するのに必要な受信遅延時間を与える。また、受信遅延加算回路12cは、受信遅延時間が与えられたことで時相が揃えられたデジタルデータの加算処理（整相加算処理）を行なって反射波データを生成する。受信遅延加算回路12cの整相加算処理により、反射波信号の受信指向性に応じた方向からの反射成分が強調される。

20

【0022】

受信部12は、後述する制御部18のスキャン制御機能により、受信開口（反射波信号の受信時に用いる圧電振動子の数及び位置）を制御することで、受信指向性を与える。受信部12は、送信開口が移動される度に、受信開口を移動する。受信部12は、受信開口の各圧電振動子が受信した反射波信号のデジタルデータを整相加算することで、1本の走査線における反射波データを生成する。以下、超音波ビームの受信時に駆動させる圧電振動子の数のことを「受信開口数」と呼ぶ。

【0023】

このように、送信部11及び受信部12は、超音波の送受信における送信指向性と受信指向性とを制御する。

30

【0024】

信号処理部13は、例えば、Bモード処理部14と、ドブラ処理部15とを有し、超音波画像データを生成するためのデータを生成する。

【0025】

Bモード処理部14は、受信部12が生成した反射波データに対して、対数増幅、包絡線検波処理、対数圧縮などを行なって、信号強度（振幅強度）が輝度の明るさで表現されるデータ（Bモードデータ）を生成する。また、Bモード処理部14は、検波周波数を変化させることで、映像化する周波数帯域を変えることができる。また、Bモード処理部14は、1つの反射波データに対して、2つの検波周波数による検波処理を並列して行うことができる。

40

【0026】

また、Bモード処理部14は、高調波成分を映像化するハーモニックイメージングを行なうための信号処理を行なう。ハーモニックイメージングとしては、コントラストハーモニックイメージング（CHI：Contrast Harmonic Imaging）や組織ハーモニックイメージング（THI：Tissue Harmonic Imaging）が知られている。また、コントラストハーモニックイメージングや組織ハーモニックイメージングには、スキャン方式として、振幅変調（AM：Amplitude Modulation）、「Pulse Subtraction法」や「Pulse Inversion法」と呼ばれる位相変調（PM：Phase Modulation）、AMとPMとを組み合わせることで、AMの効果及びPMの効果の双方が得られるAMPMが知られている。以下、

50

ハーモニックイメージングのスキャン方式として、C H I 法として A M を用いる場合を説明する。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、従来の A M により送信される超音波ビームの一例を説明する図である。図 2 の ( A ) に示すように、後述する制御部 1 8 が設定した A M 方式のハーモニックイメージング用のスキャンシーケンスにより、送信部 1 1 は、例えば、( 0 . 5 , 1 . 0 , 0 . 5 ) といった同じ位相で振幅の比率が「 1 : 2 : 1 」となる超音波を各走査線で 3 回送信させる。図 2 の ( A ) では、1 回目の送信で振幅が 0 . 5 の超音波ビームを超音波ビーム a 1 とし、2 回目の送信で振幅が 1 . 0 の超音波ビームを超音波ビーム b 1 とし、3 回目の送信で振幅が 0 . 5 の超音波ビームを超音波ビーム c 1 として示している。

10

【 0 0 2 8 】

ここで、送信部 1 1 は、超音波ビームの送信時に駆動させる圧電振動子の数を制御することで、超音波ビームの振幅を制御する。ここでは、送信開口数が 8 である場合を説明する。例えば、送信部 1 1 は、振幅が 1 . 0 の超音波ビーム b 1 を送信させる場合、図 2 ( B ) に示すように、1 番目から 8 番目までの 8 つの圧電振動子 ( 送信開口の全ての圧電振動子 ) を駆動する。また、送信部 1 1 は、振幅を半分にさせる場合、駆動する圧電振動子の数を半分にする。例えば、送信部 1 1 は、振幅が 0 . 5 の超音波ビーム a 1 を送信させる場合、図 2 ( C ) に示すように、1 , 3 , 5 , 7 番目に位置する奇数番目の圧電振動子だけを駆動する。また、送信部 1 1 は、振幅が 0 . 5 の超音波ビーム c 1 を送信させる場合、図 2 ( D ) に示すように、2 , 4 , 6 , 8 番目に位置する偶数番目の圧電振動子だけを駆動する。すなわち、A M を行う場合は、駆動させる圧電振動子の数を半分にするだけでなく、超音波ビーム a 1 と超音波ビーム c 1 とを合成した超音波ビームが超音波ビーム b 1 と等価となるように、駆動させる圧電振動子の位置も制御する。

20

【 0 0 2 9 】

受信部 1 2 は、1 回目に送信された超音波ビーム a 1 の反射波信号から、反射波データ a 1 # を生成し、2 回目に送信された超音波ビーム b 1 の反射波信号から、反射波データ b 1 # を生成し、3 回目に送信された超音波ビーム c 1 の反射波信号から、反射波データ c 1 # を生成する。そして、B モード処理部 1 4 は、反射波データ a 1 # と反射波データ c 1 # とを合成して得られる合成反射波データと、反射波データ b 1 # とを差分することで、高調波成分 ( 非線形成分 ) が抽出された反射波データを生成する。そして、B モード処理部 1 4 は、高調波成分が抽出された反射波データに対して、包絡線検波処理等を行なって、C H I 用の B モードデータを生成する。

30

【 0 0 3 0 】

ドブラ処理部 1 5 は、受信部 1 2 が生成した反射波データを周波数解析することで、走査範囲内にある移動体のドブラ効果に基づく運動情報を抽出したデータ ( ドブラデータ ) を生成する。具体的には、ドブラ処理部 1 5 は、移動体の運動情報として、平均速度、分散値、パワー値などを多点に渡り抽出したドブラデータを生成する。

【 0 0 3 1 】

画像生成部 1 6 は、B モード処理部 1 4 及びドブラ処理部 1 5 が生成したデータから超音波画像データを生成する。すなわち、画像生成部 1 6 は、B モード処理部 1 4 が生成した B モードデータから反射波の強度を輝度にて表した B モード画像データを生成する。例えば、画像生成部 1 6 は、T H I 用の B モードデータから B モード画像データを生成する。また、画像生成部 1 6 は、ドブラ処理部 1 5 が生成したドブラデータから移動体情報を表す平均速度画像、分散画像、パワー画像、又は、これらの組み合わせ画像としてのカラードブラ画像データを生成する。

40

【 0 0 3 2 】

ここで、画像生成部 1 6 は、一般的には、超音波走査の走査線信号列を、テレビなどに代表されるビデオフォーマットの走査線信号列に変換 ( スキャンコンバート ) し、表示用の超音波画像データを生成する。具体的には、画像生成部 1 6 は、超音波プローブ 1 による超音波の走査形態に応じて座標変換を行なうことで、表示用の超音波画像データを生成

50

する。また、画像生成部 16 は、超音波画像データに、種々のパラメータの文字情報、目盛り、ボディーマーク等を合成する。なお、画像生成部 16 は、B モード処理部 14 が生成した 3 次元の B モードデータに対して座標変換を行なうことで、3 次元の B モード画像を生成することが可能である。また、画像生成部 16 は、ドブラ処理部 15 が生成した 3 次元のドブラデータに対して座標変換を行なうことで、3 次元のカラードブラ画像を生成することが可能である。また、画像生成部 16 は、3 次元の画像データに対して、各種レンダリング処理を行なって、表示用の 2 次元超音波画像データを生成することが可能である。

【0033】

画像メモリ 17 は、画像生成部 16 が生成した画像データを記憶するメモリである。また、画像メモリ 17 は、B モード処理部 14 やドブラ処理部 15 が生成したデータを記憶することも可能である。

10

【0034】

内部記憶部 19 は、超音波送受信、画像処理及び表示処理を行なうための制御プログラムや、診断情報（例えば、患者 ID、医師の所見等）や、診断プロトコルや各種ボディーマーク等の各種データを記憶する。例えば、内部記憶部 19 は、ハーモニックイメージングを行なうためのスキャンシーケンス等を記憶する。また、内部記憶部 19 は、必要に応じて、画像メモリ 17 が記憶する画像データの保管等にも使用される。

【0035】

制御部 18 は、超音波診断装置の処理全体を制御する。具体的には、制御部 18 は、入力装置 3 を介して操作者から入力された各種設定要求や、内部記憶部 19 から読込んだ各種制御プログラム及び各種データに基づき、送信部 11、受信部 12、信号処理部 13、及び画像生成部 16 の処理を制御する。

20

【0036】

また、制御部 18 は、画像メモリ 17 が記憶する表示用の超音波画像データをモニタ 2 にて表示するように制御する。

【0037】

以上、第 1 の実施形態に係る超音波診断装置の全体構成について説明した。かかる構成のもと、第 1 の実施形態に係る超音波診断装置は、A/D 変換器 12b において、等価時間サンプリングによる反射波信号のデジタル化を行なう。一般的に、ADC のナイキスト周波数を越えるような高周波成分を持った繰り返し波形をデジタル化する場合、等価時間サンプリングが用いられる。例えば、上述したハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用することで、高周波成分を含む反射波信号を、当該反射波信号全体が再現可能な状態で、サンプリングすることができる。しかし、従来のハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用すると、フレームレートが低下するという欠点がある。これについて、図 3 から図 5 を用いて説明する。

30

【0038】

図 3 から図 5 は、従来のハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図である。なお、ここでは、等価時間サンプリングのスキャン方式が AM であり、フェーズ数が 2 である場合を説明する。かかる場合、送信部 11 は、図 3 (A) 又は図 3 (B) に示すスキャンシーケンスで超音波ビームを超音波プローブ 1 に送信させる。ここで、図 3 の (A) 及び (B) に示す超音波ビーム a1 及び超音波ビーム a2 は、図 2 の (A) に示す超音波ビーム a1 と同様の送信制御により送信される超音波ビームである。また、図 3 の (A) 及び (B) に示す超音波ビーム b1 及び超音波ビーム b2 は、図 2 の (A) に示す超音波ビーム b1 と同様の送信制御により送信される超音波ビームである。また、図 3 の (A) 及び (B) に示す超音波ビーム c1 及び超音波ビーム c2 は、図 2 の (A) に示す超音波ビーム c1 と同様の送信制御により送信される超音波ビームである。

40

【0039】

図 3 の (A) に示す例では、送信部 11 は、超音波ビーム a1、超音波ビーム b1、超

50

音波ビーム c 1、超音波ビーム a 2、超音波ビーム b 2、超音波ビーム c 2 の順で超音波ビームを送信させる。また、図 3 の ( B ) に示す例では、送信部 1 1 は、超音波ビーム a 1、超音波ビーム a 2、超音波ビーム b 1、超音波ビーム b 2、超音波ビーム c 1、超音波ビーム c 2 の順で超音波ビームを送信させる。

【 0 0 4 0 】

そして、受信部 1 2 は、超音波プローブ 1 が受信した反射波信号に対して等価時間サンプリングを行なってデジタルデータを生成する。例えば、図 4 の ( A ) に示すように、受信部 1 2 において A / D 変換器 1 2 b は、超音波ビーム c 1 の反射波信号を受信し、等価時間サンプリングのフェーズ数に応じたタイミングで反射波信号をサンプリングしてデジタルデータ c 3 を生成する。例えば、A / D 変換器 1 2 b は、超音波ビーム c 1 の反射波信号をフェーズ数に応じたタイミングで、図 4 の ( A ) 中の「 x 」に示す位置でサンプリングする。

10

【 0 0 4 1 】

また、図 4 の ( B ) に示すように、受信部 1 2 において A / D 変換器 1 2 b は、超音波ビーム c 2 の反射波信号を受信し、等価時間サンプリングのフェーズ数に応じたタイミングで反射波信号をサンプリングしてデジタルデータ c 4 を生成する。例えば、A / D 変換器 1 2 b は、超音波ビーム c 2 の反射波信号をフェーズ数に応じたタイミングで、図 4 の ( B ) 中の「 + 」に示す位置でサンプリングする。図 4 の ( A ) と図 4 の ( B ) とを比較すると、超音波ビーム c 1 の反射波信号をサンプリングするタイミングと、超音波ビーム c 2 の反射波信号をサンプリングするタイミングとは、異なる。ここで、サンプリングするタイミングは、例えば受信部 1 2 において A / D 変換器 1 2 b に供給されるサンプリングクロックの位相により制御される。超音波ビーム c 1 の反射波信号がサンプリングされる位相と、超音波ビーム c 2 の反射波信号がサンプリングされる位相との差 ( 位相差 ) は、等価時間サンプリングのフェーズ数に応じて決定される。例えば、フェーズ数が 2 である場合、サンプリングの位相差は 1 8 0 度である。図 4 の ( A ) 及び ( B ) に示す一例では、フェーズ数が 2 として設定されていることから、サンプリングの位相差が 1 8 0 度となるように、超音波ビーム c 1 の反射波信号と超音波ビーム c 2 の反射波信号とがそれぞれサンプリングされている。同様に、超音波ビーム a 1 の反射波信号及び超音波ビーム a 2 の反射波信号それぞれも、位相差が 1 8 0 度となるようにサンプリングされる。また、超音波ビーム b 1 の反射波信号及び超音波ビーム b 2 の反射波信号それぞれも、位相差が 1 8 0 度となるようにサンプリングされる。

20

30

【 0 0 4 2 】

このようにして、受信部 1 2 は、各反射波信号をフェーズ数に応じたタイミングでサンプリングする。これにより、受信部 1 2 は、受信開口の複数の圧電振動子から受信した反射波信号に対するデジタルデータを生成し、生成したデジタルデータそれぞれを整相加算することで反射波データを生成する。なお、受信開口が 1 である場合は、デジタルデータは反射波データとなる。

【 0 0 4 3 】

図 5 の上段には、等価時間サンプリングにより超音波ビーム a 1 の反射波信号から生成されたデジタルデータ a 3 ( x ) と、等価時間サンプリングにより超音波ビーム a 2 の反射波信号から生成されたデジタルデータ a 4 ( + ) とを、サンプリングの位相差に基づいて合成した場合の波形を中段の波形と分離して見やすくするため + 1 のオフセットを加えて点線で示している。

40

【 0 0 4 4 】

また、図 5 の中段には、等価時間サンプリングにより超音波ビーム b 1 の反射波信号から生成されたデジタルデータ b 3 ( x ) と、等価時間サンプリングにより超音波ビーム b 2 の反射波信号から生成されたデジタルデータ b 4 ( + ) とを、サンプリングの位相差に基づいて合成した場合の波形を点線で示している。また、図 5 の下段には、図 4 と同様に、等価時間サンプリングにより超音波ビーム c 1 から生成されたデジタルデータ c 3 ( x ) と、等価時間サンプリングにより超音波ビーム c 2 の反射波信号から生成されたデジタ

50

ルデータ c 4 ( + ) とを、サンプリングの位相差に基づいて合成した場合の波形を中段の波形と分離して見やすくするため - 1 のオフセットを加えて点線で示している。このように、等価時間サンプリングを用いることで、A / D 変換器 1 2 b は、等価的に高いサンプリングレートで、反射波信号をデジタル化することができる。

【 0 0 4 5 】

しかし、従来技術のハーモニクイメーキングに等価時間サンプリングを併用すると、上述したように、2 フェーズでサンプリングする場合でも、1 本の走査線に対して、超音波ビームを合計 6 回送信することになる。また、このフェーズ数が多くなるに従い、超音波ビームを送信する回数が増加する。このため、超音波診断装置がハーモニクイメーキングと等価時間サンプリングとを併用する場合、フェーズ数の増加に従いフレームレートが低下する。すなわち、フェーズ数が「 n 」である場合、フレームレートが「 1 / n 」に低下する。このような低下したフレームレートは、通常の超音波画像診断にて許容可能なレベルではない。また、エコー源に速い動きがある場合、同じ波形の超音波ビームを複数回送信しても、必ずしも、同一波形とならない場合があり、この場合、等価時間サンプリングの前提となる信号の繰り返し性が担保されないことになる。換言すると、等価時間サンプリングを行なう場合、送信超音波の回数は、少ない方が好適である。

【 0 0 4 6 】

このようなことから、第 1 の実施形態に係る超音波診断装置は、ハーモニクイメーキングと等価時間サンプリングとを併用する場合には、フレームレートの低下を抑制するために、以下の処理を実行する。

【 0 0 4 7 】

第 1 の実施形態に係る送信部 1 1 は、第 1 超音波ビーム、及び、第 1 超音波ビームと振幅が 2 倍の第 2 超音波ビームそれぞれを、等価時間サンプリングのフェーズ数と同一の回数、同一走査線で超音波プローブ 1 から送信させる。例えば、フェーズ数が 2 として設定された場合、制御部 1 8 の制御により、送信部 1 1 は、同一走査線において、第 1 超音波ビームを 2 回、超音波プローブ 1 から送信させ、第 2 超音波ビームを 2 回、超音波プローブ 1 から送信させる。また、例えば、C H I 法として、A M を用いる場合、送信部 1 1 は、第 1 超音波ビームと振幅が 2 倍であり、第 1 超音波ビームと位相が同じ第 2 超音波ビームを超音波プローブ 1 から送信させる。

【 0 0 4 8 】

第 1 の実施形態に係る受信部 1 2 は、超音波プローブ 1 が第 1 超音波ビームにより受信したフェーズ数分の反射波信号それぞれを、フェーズ数で定まる所定位相差に応じて等価時間サンプリングして第 1 デジタルデータ群を生成する。例えば、A / D 変換器 1 2 b は、2 回送信された第 1 超音波ビームにより受信された 2 つの反射波信号それぞれを、1 8 0 度の位相差でサンプリングすることで、第 1 デジタルデータ群として 2 つの第 1 デジタルデータを生成する。また、受信部 1 2 は、超音波プローブ 1 が第 2 超音波ビームにより受信したフェーズ数分の反射波信号それぞれを、所定位相差に応じて等価時間サンプリングして第 2 デジタルデータ群を生成する。例えば、A / D 変換器 1 2 b は、2 回送信された第 2 超音波ビームにより受信された 2 つの反射波信号それぞれを、1 8 0 度の位相差でサンプリングすることで、第 2 デジタルデータ群として 2 つの第 2 デジタルデータを生成する。

【 0 0 4 9 】

そして、受信部 1 2 は、第 1 デジタルデータ群及び第 2 デジタルデータ群それぞれから、送信走査線の第 1 反射波データ群及び第 2 反射波データ群を生成する。ここで、第 1 デジタルデータ群は、受信開口の圧電振動子ごとに生成され、第 2 デジタルデータ群も、受信開口の圧電振動子ごとに生成される。

【 0 0 5 0 】

そこで、例えば、受信遅延加算回路 1 2 c は、1 回目に送信された第 1 超音波ビームに由来する第 1 デジタルデータ群を整相加算して、1 回目に送信された第 1 超音波ビームに由来する第 1 反射波データを生成する。また、例えば、受信遅延加算回路 1 2 c は、2 回

10

20

30

40

50

目に送信された第1超音波ビームに由来する第1デジタルデータ群を整相加算して、2回目に送信された第1超音波ビームに由来する第1反射波データを生成する。これにより、受信遅延加算回路12cは、2つの第1反射波データを第1反射波データ群として生成する。

【0051】

また、例えば、受信遅延加算回路12cは、1回目に送信された第2超音波ビームに由来する第2デジタルデータ群を整相加算して、1回目に送信された第2超音波ビームに由来する第2反射波データを生成する。また、例えば、受信遅延加算回路12cは、2回目に送信された第2超音波ビームに由来する第2デジタルデータ群を整相加算して、2回目に送信された第2超音波ビームに由来する第2反射波データを生成する。これにより、受信遅延加算回路12cは、2つの第1反射波データを第1反射波データ群として生成する。

10

【0052】

第1の実施形態に係る信号処理部13において、Bモード処理部14は、第1反射波データ群を所定位相差に応じて合成して、第1合成反射波データを生成する。例えば、Bモード処理部14は、第1反射波データ群として生成された2つの第1反射波データを、180度の位相差で合成して、第1合成反射波データを生成する。そして、Bモード処理部14は、第1合成反射波データを倍加して、倍加反射波データを生成する。また、Bモード処理部14は、第2反射波データ群を所定位相差に応じて合成して、第2合成反射波データを生成する。例えば、Bモード処理部14は、第2反射波データ群として生成された2つの第2反射波データを、180度の位相差で合成して、第2合成反射波データを生成する。そして、Bモード処理部14は、倍加反射波データと第2合成反射波データとに基づいて、高調波成分が抽出された第3反射波データを生成する。そして、Bモード処理部14は、第3反射波データに対して、包絡線検波処理等を行なって、Bモードデータを生成し、画像生成部16に出力する。上記の送信部11、受信部12及びBモード処理部14の処理は、走査領域の全走査線で行なわれる。

20

【0053】

そして、第1の実施形態に係る画像生成部16は、第3反射波データを用いて超音波画像データを生成する。すなわち、第1の実施形態に係る画像生成部16は、第3反射波データに基づくBモードデータを用いて超音波画像データを生成する。

30

【0054】

以下、上述した処理の一例について、図6から図9を用いて説明する。図6から図9は、第1の実施形態に係るハーモニクイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図である。

【0055】

図6に示す例では、等価時間サンプリングのフェーズ数が2である場合を示す。例えば、送信部11は、等価時間サンプリングのフェーズ数が2である場合、図6(A)に示すように、制御部18が設定したAM方式のハーモニクイメージング用のスキャンシーケンスにより、例えば、(0.5, 1.0, 1.0, 0.5)といった同じ位相で振幅の比率が「1:2:2:1」となる超音波を各走査線で4回送信させる。図6の(A)では、1回目に送信される振幅が0.5の超音波ビームを超音波ビームA1とし、2回目の送信に送信される振幅が1.0の超音波ビームを超音波ビームB1とし、3回目に送信される振幅が1.0の超音波ビームを超音波ビームB2とし、4回目に送信される振幅が0.5の超音波ビームを超音波ビームA2として示している。

40

【0056】

あるいは、送信部11は、図6(B)に示すように、超音波ビームA1、超音波ビームA2、超音波ビームB1、超音波ビームB2の順で超音波ビームを超音波プローブ1に送信させてもよい。

【0057】

ここで、送信部11は、例えば、受信開口の圧電振動子の中で、送信開口数の半分とな

50

る奇数番目の圧電振動子を用いて、超音波ビーム A 1 を超音波プローブ 1 に送信させる。また、送信部 1 1 は、受信開口の全ての圧電振動子を用いて、超音波ビーム B 1 及び B 2 を超音波プローブ 1 に送信させる。また、送信部 1 1 は、受信開口の圧電振動子の中で、送信開口数の半分となる偶数番目の圧電振動子だけを使用させることで、超音波ビーム A 2 を超音波プローブ 1 に送信させる。すなわち、超音波ビーム A 1 は、図 2 の ( A ) に示す超音波ビーム a 1 に対応し、超音波ビーム A 2 は、図 2 の ( A ) に示す超音波ビーム c 1 に対応する。また、超音波ビーム B 1 及び B 2 は、図 2 の ( A ) に示す超音波ビーム b 1 に対応する。

【 0 0 5 8 】

そして、受信部 1 2 は、超音波ビーム A 1 と超音波ビーム A 2 それぞれの反射波信号を位相差が 1 8 0 度となるようにサンプリングして第 1 デジタルデータ群を生成する。また、受信部 1 2 は、超音波ビーム B 1 と超音波ビーム B 2 それぞれの反射波信号を位相差が 1 8 0 度となるようにサンプリングして第 2 デジタルデータ群を生成する。

【 0 0 5 9 】

例えば、図 7 の上段には、超音波ビーム A 1 の反射波信号を等価時間サンプリングして生成した第 1 デジタルデータ A 3 ( x ) を示す。また、図 7 の中段には、超音波ビーム B 1 の反射波信号を等価時間サンプリングして生成した第 2 デジタルデータ B 3 ( x ) と、超音波ビーム B 2 の反射波信号を等価時間サンプリングして生成した第 2 デジタルデータ B 4 ( + ) とを示す。なお、図 7 では、第 2 反射波データ B 3 と第 2 反射波データ B 4 とを、サンプリングの位相差に基づく位置に配置して、まとめてプロットしている。図 7 の下段には、超音波ビーム A 2 の反射波信号を等価時間サンプリングして生成した第 1 デジタルデータ A 4 ( + ) を示す。

【 0 0 6 0 】

そして、受信部 1 2 は、受信開口数分の第 1 デジタルデータ A 3 から、超音波ビーム A 1 に由来する第 1 反射波データ ( 以下、A 3 # ) を生成し、受信開口数分の第 1 デジタルデータ A 4 から、超音波ビーム A 2 に由来する第 1 反射波データ ( 以下、A 4 # ) を生成する。また、受信部 1 2 は、受信開口数分の第 2 デジタルデータ B 3 から、超音波ビーム B 1 に由来する第 2 反射波データ ( 以下、B 3 # ) を生成し、受信開口数分の第 2 デジタルデータ B 4 から、超音波ビーム B 2 に由来する第 2 反射波データ ( 以下、B 4 # ) を生成する。これにより、受信部 1 2 は、「 A 3 # 」及び「 A 4 # 」を第 1 反射波データ群として生成し、「 B 3 # 」及び「 B 4 # 」を第 2 反射波データ群として生成する。

【 0 0 6 1 】

そして、B モード処理部 1 4 は、このようにして生成された第 1 反射波データ群及び第 2 反射波データ群から、高調波成分が抽出された第 3 反射波データを生成する。例えば、記号「 | 」をフェーズ数で定まる位相差による合成処理を示す記号とすると、上記の第 1 合成反射波データは、「 ( A 3 # | A 4 # ) 」として示され、上記の第 2 合成反射波データは、「 ( B 3 # | B 4 # ) 」として示される。また、上記の倍加反射波データは、「 ( A 3 # | A 4 # ) + ( A 3 # | A 4 # ) 」として示される。かかる表記を用いると、B モード処理部 1 4 は、「 ( B 3 # | B 4 # ) - ( ( A 3 # | A 4 # ) + ( A 3 # | A 4 # ) ) 」により、第 3 反射波データを生成する。そして、B モード処理部 1 4 は、「 ( B 3 # | B 4 # ) - ( ( A 3 # | A 4 # ) + ( A 3 # | A 4 # ) ) 」の包絡線検波を行なう。

【 0 0 6 2 】

図 8 は、非線形によって生じる 2 次高調波波形を説明する図である。図 8 において、横軸は時間を示し、縦軸は規格化振幅を示す。また、図 8 において、第 3 反射波データは、 $w f 2 i_{i t}$  で表される。B モード処理部 1 4 は、包絡線検波処理を実行することで、2 次高調波包絡線を検波する。ここで、2 次高調波包絡線は、 $E n v 2 i_{i t}$  で表される。なお、 $w f 2 i_{i t}$  は、( 式 1 ) で算出され、 $E n v 2 i_{i t}$  は、( 式 2 ) で算出される。また、ここでは、送信キャリア周波数「 $f c$ 」が、 $1.8 \times 10^6$  ( 1 / s ) であり、サンプリング周波数「 $f o s$ 」が、 $2.50$  ( M H z ) であり、サンプリング周期「 $T s$ 」が  $1.0 \times 10^{-9}$  ( s ) であり、2 次高調波の半値全幅「 $F W H M 2 t$ 」が  $69.34 \times$

10

20

30

40

50

10<sup>-9</sup> (s) である場合を示す。

【0063】

【数1】

$$wf2i_{it} := Env2i_{it} \cdot \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{2 \cdot fc}{fos} \cdot it + \phi20\right) \quad \dots (式1)$$

【0064】

【数2】

$$Env2i_{it} := \exp\left[\frac{-(it - it_c)^2}{\frac{1}{4 \cdot \ln(2)} \cdot \left(\frac{FWHM2t}{Ts}\right)^2}\right] \quad \dots (式2)$$

10

【0065】

図9は、図8に示す条件において送信した超音波から発生する2次高調波成分の周波数スペクトラムを説明する図である。図9において、横軸は周波数を示し、縦軸は振幅スペクトラムを示す。また、図9において、基本波成分は、dB F n d<sub>it</sub>で表される。このdB F n d<sub>it</sub>は、(式3)から(式6)で算出される。また、図9において、2次高調波成分は、dB 2 H<sub>it</sub>で表される。このdB 2 H<sub>it</sub>は、(式7)及び(式8)で算出される。

20

【0066】

【数3】

$$dB F n d := dB(WF) \quad \dots (式3)$$

【0067】

【数4】

$$WF := CFFT(wfi) \quad \dots (式4)$$

【0068】

【数5】

$$wfi_{it} := Envi_{it} \cdot \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{fc}{fos} \cdot it + \phi0\right) \quad \dots (式5)$$

【0069】

【数6】

$$Envi_{it} := \exp\left[\frac{-(it - it_c)^2}{\frac{1}{4 \cdot \ln(2)} \cdot \left(\frac{FWHMt}{Ts}\right)^2}\right] \quad \dots (式6)$$

40

【0070】

【数7】

$$dB2H := dB(WF2) - 20 \quad \dots (式7)$$

50

【 0 0 7 1 】

【 数 8 】

$$WF2 := \text{CFFT}(wf2i) \quad \dots (式8)$$

【 0 0 7 2 】

この送信条件では2次高調波の中心が36MHzとなり、帯域も送信波形より広くなるため、50MS/sのADCを使用する場合25MHzで折返りが生じてしまうため、少なくともフェーズ数2の等価時間サンプリングが必要となることがわかる。

【 0 0 7 3 】

次に、図10を用いて、第1の実施形態に係る超音波診断装置が行なう処理について説明する。図10は、第1の実施形態に係る超音波診断装置が行なう処理の手順を示すフローチャートである。図10に示すように、制御部18は、フェーズ数の設定を受付けた場合(ステップS101、Yes)、等価時間サンプリングによりハーモニックイメージングを使うためのスキャンシーケンスを設定する(ステップS102)。例えば、制御部18は、フェーズ数が2であることから、サンプリングの位相差を180度とするAM方式のスキャンシーケンスを設定する。

10

【 0 0 7 4 】

そして、送信部11及び受信部12は、設定されたスキャンシーケンスに基づいて、超音波ビームの送受信を実行する(ステップS103)。受信部12は、反射波データをサンプリングして、第1デジタルデータ群及び第2デジタルデータ群を生成する(ステップS104)。続いて、受信部12は、第1反射波データ群及び第2反射波データ群を生成する(ステップS105)。

20

【 0 0 7 5 】

そして、Bモード処理部14は、第1反射波データ群を所定位相差に応じて合成した第1合成反射波データを倍加して倍加反射波データを生成する(ステップS106)。また、Bモード処理部14は、第2反射波データ群を所定位相差に応じて合成して第2合成反射波データを生成する(ステップS107)。なお、反射波データの合成は受信ビームフォーミングの前に行っても良い。

【 0 0 7 6 】

続いて、Bモード処理部14は、倍加反射波データと、第2合成反射波データとに基づいて、2次高調波成分が抽出された第3反射波データを生成する(ステップS108)。ステップS103からステップS108の処理は、走査領域の全走査線に対して行なわれる。そして、画像生成部16は、第3反射波データに基づくBモードデータを用いて超音波画像データを生成する(ステップS109)。

30

【 0 0 7 7 】

上述したように、第1の実施形態では、例えば、3回送信で行なわれるCHIのスキャン方式において、振幅が0.5の第1超音波ビームが類似送信条件で2回送信されることに着目して、第1超音波ビームの送信回数を「2×フェーズ数」ではなく、「フェーズ数」とし、更に、倍加反射波データを用いる。これにより、第1の実施形態では、ハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合、フェーズ数ごとに送信する超音波ビームの数が、従来のハーモニックイメージングに等価時間サンプリングを適用する場合の2/3となる。これにより、第1の実施形態に係る超音波診断装置によれば、等価時間サンプリングによって高周波な反射波信号をデジタル化する場合に、フレームレートの低下を抑制することができる。また、第1の実施形態では、超音波ビームの送信回数を減らせるので、等価時間サンプリングの前提となる信号の繰り返し性を担保することができる。

40

【 0 0 7 8 】

なお、第1の実施形態では、等価時間サンプリングのフェーズ数が2である場合を説明したが、等価時間サンプリングのフェーズ数は2に限定されるものではない。図11は、等価時間サンプリングのフェーズ数が4である場合のスキャンシーケンスの一例を示す図

50

であり、図12は、等価時間サンプリングのフェーズ数が4である場合のスキャンシーケンスの別例を示す図である。

【0079】

例えば、送信部11は、等価時間サンプリングのフェーズ数が4である場合、図11に示すように、制御部18が設定したAM方式のハーモニックイメージング用のスキャンシーケンスにより、例えば、(0.5, 0.5, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 0.5, 0.5)といった同じ位相で振幅の比率が「1:1:2:2:2:2:1:1」となる超音波を各走査線で8回送信させる。図11では、1回目に送信される振幅が0.5の超音波ビームを超音波ビームA1とし、2回目に送信される振幅が0.5の超音波ビームを超音波ビームA2とし、3回目に送信される振幅が1.0の超音波ビームを超音波ビームB1とし、4回目に送信される振幅が1.0の超音波ビームを超音波ビームB2とし、5回目に送信される振幅が1.0の超音波ビームを超音波ビームB3とし、6回目に送信される振幅が1.0の超音波ビームを超音波ビームB4とし、7回目に送信される振幅が0.5の超音波ビームを超音波ビームA3とし、8回目に送信される振幅が0.5の超音波ビームを超音波ビームA4として示している。

10

【0080】

そして、受信部12は、超音波ビームA1、超音波ビームA2、超音波ビームA3及び超音波ビームA4それぞれの反射波信号を位相差が90度となるようにサンプリングする。また、受信部12は、超音波ビームB1、超音波ビームB2、超音波ビームB3及び超音波ビームB4それぞれの反射波信号を位相差が90度となるようにサンプリングする。

20

【0081】

また、図12(A)に示すように、送信部11は、等価時間サンプリングのフェーズ数が4である場合、超音波ビームA1、超音波ビームB1、超音波ビームB2、超音波ビームA2、超音波ビームA3、超音波ビームB3、超音波ビームB4、超音波ビームA4の順で超音波ビームを超音波プローブ1に送信させてもよい。

【0082】

あるいは、図12(B)に示すように、送信部11は、等価時間サンプリングのフェーズ数が4である場合、超音波ビームA1、超音波ビームA2、超音波ビームA3、超音波ビームA4、超音波ビームB1、超音波ビームB2、超音波ビームB3、超音波ビームB4の順で超音波ビームを超音波プローブ1に送信させてもよい。

30

【0083】

そして、受信部12は、超音波ビームA1、超音波ビームA2、超音波ビームA3及び超音波ビームA4それぞれの反射波信号を位相差が90度となるようにサンプリングする。また、受信部12は、超音波ビームB1、超音波ビームB2、超音波ビームB3及び超音波ビームB4それぞれの反射波信号を位相差が90度となるようにサンプリングする。

【0084】

また、第1の実施形態では、等価時間サンプリングと併用する場合のスキャン方式がAMである場合を説明したが、等価時間サンプリングと併用する場合のスキャン方式はAMに限定されるものではない。例えば、等価時間サンプリングと併用する場合のスキャン方式がAMP方式であってもよい。従来のAMP方式では、1本の走査線で、(-0.5, 1.0, -0.5)といった振幅と位相とが異なる波形となる超音波ビームを各走査線で3回送信させる。「-」は、位相が反転していることを示す。かかる場合、1回目に送信される「-0.5」の超音波ビームにより得られる反射波データと、2回目に送信される「1.0」の超音波ビームにより得られる反射波データと、3回目に送信される「-0.5」の超音波ビームにより得られる反射波データとを加算することで、高周波成分が抽出された反射波データが生成される。AMP方式では、かかる反射波データにより、Bモード画像データが生成される。

40

【0085】

図13は、従来のAMP方式に等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図である。ここでは、ハーモニックイメージングのスキャン方式として、CHI法としてA

50

M P Mを用いる場合を説明する。送信部 1 1 は、制御部 1 8 が設定したハーモニックイメージング用のスキャンシーケンスにより、1 フェーズにつき ( - 0 . 5 , 1 . 0 , - 0 . 5 ) といった振幅と位相とが異なる波形となる超音波ビームを各走査線で 3 回送信させる。なお、図 1 3 では、フェーズ数が 2 である場合を示す。

【 0 0 8 6 】

図 1 3 ( A ) に示す例では、1 回目に送信される振幅が 0 . 5 の超音波ビームを超音波ビーム a 1 とし、2 回目に送信される振幅が 1 . 0 であり、超音波ビーム a 1 と位相が反転した超音波ビームを超音波ビーム b 1 とし、3 回目に送信される振幅が 0 . 5 の超音波ビームを超音波ビーム c 1 として示している。また、4 回目に送信される振幅が - 0 . 5 の超音波ビームを超音波ビーム a 2 とし、5 回目に送信される振幅が 1 . 0 であり、超音波ビーム a 1 と位相が反転した超音波ビームを超音波ビーム b 2 とし、6 回目に送信される振幅が - 0 . 5 の超音波ビームを超音波ビーム c 2 として示している。

【 0 0 8 7 】

あるいは、送信部 1 1 は、図 1 3 ( B ) に示すように、超音波ビーム a 1、超音波ビーム a 2、超音波ビーム b 1、超音波ビーム b 2、超音波ビーム c 1、超音波ビーム c 2 の順で超音波ビームを超音波プローブ 1 に送信させてもよい。このように、従来の A M P M に等価時間サンプリングを適用する場合、送信回数は 6 回となる。

【 0 0 8 8 】

図 1 4 は、第 1 の実施形態に係る A M P M に等価時間サンプリングを適用する場合の一例を説明する図である。図 1 4 に示す例では、等価時間サンプリングのフェーズ数が 2 である場合を示す。ここでは、ハーモニックイメージングのスキャン方式として、C H I 法として A M P M を用いる場合を説明する。例えば、送信部 1 1 は、等価時間サンプリングのフェーズ数が 2 である場合、図 1 4 ( A ) に示すように、制御部 1 8 が設定した A M P M 方式のハーモニックイメージング用のスキャンシーケンスにより、例えば、( - 0 . 5 , 1 . 0 , 1 . 0 , - 0 . 5 ) といった振幅と位相とが異なる波形となる超音波ビームを各走査線で 4 回送信させる。図 1 4 の ( A ) では、1 回目に送信される振幅が - 0 . 5 の超音波ビームを超音波ビーム A 1 とし、2 回目に送信される振幅が 1 . 0 の超音波ビームを超音波ビーム B 1 とし、3 回目に送信される振幅が 1 . 0 の超音波ビームを超音波ビーム B 2 とし、4 回目に送信される振幅が - 0 . 5 の超音波ビームを超音波ビーム A 2 として示している。

【 0 0 8 9 】

あるいは、送信部 1 1 は、図 1 4 ( B ) に示すように、超音波ビーム A 1、超音波ビーム A 2、超音波ビーム B 1、超音波ビーム B 2 の順で超音波ビームを超音波プローブ 1 に送信させてもよい。

【 0 0 9 0 】

図 1 4 の ( A ) 又は図 1 4 の ( B ) に示すスキャンシーケンスでは、超音波ビーム A 1 により受信された反射波信号と、超音波ビーム A 2 により受信された反射波信号とは、1 8 0 度の位相差でサンプリングされる。受信部 1 2 は、超音波ビーム A 1 に由来する第 1 デジタルデータから、超音波ビーム A 1 に由来する第 1 反射波データ ( 3 ) を生成し、超音波ビーム A 2 に由来する第 1 デジタルデータから、超音波ビーム A 2 に由来する第 1 反射波データ ( 4 ) を生成する。また、超音波ビーム B 1 により受信された反射波信号と、超音波ビーム B 2 により受信された反射波信号とは、1 8 0 度の位相差でサンプリングされる。受信部 1 2 は、超音波ビーム B 1 に由来する第 2 デジタルデータから、超音波ビーム B 1 に由来する第 2 反射波データ ( 3 ) を生成し、超音波ビーム B 2 に由来する第 2 デジタルデータから、超音波ビーム B 2 に由来する第 2 反射波データ ( 4 ) を生成する。

【 0 0 9 1 】

例えば、上記と同様に、記号「 | 」をフェーズ数で定まる位相差による合成処理を示す記号とすると、B モード処理部 1 4 は、「 ( 3 | 4 ) + ( ( 3 | 4 ) + ( 3 | 4 ) ) 」により、第 3 反射波データを生成する。画像生成部 1 6 は、第 3 反射波データ

10

20

30

40

50

から生成されたBモードデータから、Bモード画像データを生成する。このように、等価時間サンプリングによりAMP方式を行なう場合でも、フレームレートの低下を抑制することができる。

【0092】

なお、第1の実施形態では、等価時間サンプリングと併用するスキャン方式として、CHI法としてAMを用いる場合やCHI法としてAMPを用いる場合を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、等価時間サンプリングと併用するスキャン方式として、THI法としてAMを用いる場合やTHI法としてAMPを用いる場合にも適用可能である。

【0093】

(第2の実施形態)

第1の実施形態では、超音波診断装置がハーモニックイメージングを行う場合に、等価時間サンプリングを適用する場合について説明した。しかし、等価時間サンプリングが適用されるスキャンシーケンスは、必ずしもハーモニックイメージングのAMや、AMPに限定されるものではない。例えば、超音波診断装置は、フレームレートの低下を抑制するために、等価時間サンプリングに並列同時受信を適用してもよい。そこで、第2実施形態では、超音波診断装置が、等価時間サンプリングに並列同時受信を適用する場合について説明する。

【0094】

第2の実施形態に係る超音波診断装置の構成は、図1に示した第1の実施形態に係る超音波診断装置の構成と同様である。かかる構成において、第2の実施形態に係る超音波診断装置の各部分は、以下の処理を実行する。

【0095】

送信部11は、等価時間サンプリングのフェーズ数と同一の回数、同一走査線で超音波プローブから超音波ビームを送信させる。

【0096】

受信部12は、並列同時受信を行なって、並列同時受信数分の複数の走査線それぞれで超音波プローブ1が受信したフェーズ数分の反射波信号それぞれを、フェーズ数で定まる所定位相差に応じて等価時間サンプリングする。これにより、受信部12は、複数の走査線それぞれのデジタルデータ群を生成して、複数の走査線それぞれの反射波データ群を生成する。

【0097】

信号処理部13において、Bモード処理部14は、複数の走査線それぞれの反射波データ群を所定位相差に応じて合成して、複数の走査線それぞれの合成反射波データを生成する。そして、Bモード処理部14は、複数の走査線それぞれの合成反射波データから、複数の走査線それぞれのBモードデータを生成する。

【0098】

画像生成部16は、複数の走査線それぞれの合成反射波データを用いて超音波画像データを生成する。すなわち、画像生成部16は、複数の走査線それぞれの合成反射波データから生成された複数の走査線それぞれのBモードデータを用いて超音波画像データを生成する。

【0099】

図15は、等価時間サンプリングに並列同時受信を適用する場合の一例を説明する図である。図15では、走査方向を横軸とし、深さ方向を縦軸として示している。また、等価時間サンプリングのフェーズ数を2として説明する。

【0100】

図15に示す例では、送信部11が1回目に超音波プローブ1に送信させる超音波ビームを超音波ビームx1として示す。そして、超音波プローブ1は、制御部18を介した受信部12の制御により、超音波ビームが送信された深さ方向に隣接した4方向から当該超音波ビームによる反射波ビームを同時に受信する。図15では、1回目で送信される超音

10

20

30

40

50

波ビーム×1の深さ方向における中心軸を実線の矢印で示し、1回目で同時受信される4つの反射波信号を破線の矢印で示している。すなわち、超音波プローブ1は、図15に示すように、1回目の送受信において、4つの反射波信号を受信する。ここでは、超音波プローブ1が受信する4つの反射波信号をそれぞれ、反射波信号y1～反射波信号y4として示す。図15に示す例では、超音波プローブ1は、1回目の超音波ビームの中心軸を中心とし、走査方向に沿って所定間隔ずつ離れた位置の4本の反射波信号y1～反射波信号y4を受信する。

【0101】

続いて、送信部11は、超音波ビーム×1が送信された走査線と同じ走査線で、超音波プローブ1に超音波ビーム×2として示す2回目の超音波ビームを送信させる。そして、超音波プローブ1は、2回目の送受信において、反射波信号y1'～反射波信号y4'として示す4つの反射波信号を受信する。ここで、反射波信号y1と反射波信号y1'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号y2と反射波信号y2'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号y3と反射波信号y3'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号y4と反射波信号y4'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示している。

10

【0102】

そして、送信部11は、1回目及び2回目に送信された超音波ビームの中心軸から走査方向に4つの受信ビームの幅分移動するように送信開口を選択する。これにより、超音波プローブ1は、図15に示すように、超音波ビーム×3として示す3回目の超音波ビームを送信し、3回目の送受信において、反射波信号y5～反射波信号y8として示す4つの反射波ビームを受信する。

20

【0103】

続いて、送信部11は、超音波ビーム×3が送信された走査線と同じ走査線で、超音波プローブ1に超音波ビーム×4として示す超音波ビームを送信させる。そして、超音波プローブ1は、4回目の送受信において、反射波信号y5'～反射波信号y8'として示す4つの反射波ビームを受信する。ここで、反射波信号y5と反射波信号y5'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号y6と反射波信号y6'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号y7と反射波信号y7'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号y8と反射波信号y8'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示している。

30

【0104】

なお、以下の説明では、各受信走査線の受信ビームを形成するために用いられる受信開口数分の反射波信号が、反射波信号y1～y4、反射波信号y1'～y4'、反射波信号y5～y8、反射波信号y5'～y8'であるとして説明する。

【0105】

受信部12は、反射波信号y1及び反射波信号y1'を、180度の位相差で等価時間サンプリングして、同一受信走査線で2つのデジタルデータを生成し、同一受信走査線で2つの反射波データ(y1#及びy1'#)を生成する。同様の処理により、受信部12は、「y2#及びy2'#」、「y3#及びy3'#」及び「y4#及びy4'#」を生成する。また、同様の処理により、受信部12は、「y5#及びy5'#」、「y6#及びy6'#」、「y7#及びy7'#」及び「y8#及びy8'#」を生成する。

40

【0106】

Bモード処理部14は、サンプリングの位相差180度に基づいて、「y1#及びy1'#」を合成して、「y1#|y1'#」を生成する。同様に、Bモード処理部14は、「y2#|y2'#」、「y3#|y3'#」及び「y4#|y4'#」を生成する。そして、Bモード処理部14は、これら4つの合成反射波データから、同一送信走査線で2回行なわれる超音波送信により超音波プローブ1が並列同時受信で受信する範囲のBモードデータを生成する。

【0107】

50

また、同様に、Bモード処理部14は、「y5#|y5' #」、「y6#|y6' #」、「y7#|y7' #」及び「y8#|y8' #」を生成する。そして、Bモード処理部14は、これら4つの合成反射波データから、同一送信走査線で2回行なわれる超音波送信により超音波プローブ1が並列同時受信で受信する範囲のBモードデータを生成する。

【0108】

かかる処理が、走査領域全体で行なわれることで、画像生成部16は、フェーズ数2の等価時間サンプリングにより、分解能の高いBモード画像データを生成することができる。上記の一例では、並列同時受信を行わずにフェーズ数2の等価時間サンプリングを行なった場合のフレームレートと比較して、フレームレートを4倍にすることができる。

【0109】

ただし、上記の一例では、超音波プローブ1から送信される並列同時受信用の超音波ビームの位置が移動された場合、超音波プローブ1が並列同時受信で受信する範囲が移動前後で、オーバーラップしていない。すなわち、並列同時受信で受信する範囲の境界には、時間差が生じる。かかる場合、超音波画像データに、不連続なスキャンに起因するライン状のアーチファクトが発生する可能性がある。

【0110】

そこで、並列同時受信と等価時間サンプリングとを併用する第2の実施形態では、制御部18が、以下の制御を行なうことが好適である。すなわち、制御部18は、超音波プローブ1から送信される並列同時受信の超音波ビームの位置の移動前後で、超音波プローブ1が並列同時受信で受信する範囲が重複するように、送信部11を制御する。図16は、等価時間サンプリングに並列同時受信を適用する場合の他の一例を説明する図である。

【0111】

図16に示す例では、送信部11が1回目に超音波プローブ1に送信させる超音波ビームを超音波ビームX1として示す。そして、超音波プローブ1は、制御部18を介した受信部12の制御により、超音波ビームが送信された深さ方向に隣接した4方向から当該超音波ビームによる反射波ビームを同時に受信する。図16では、1回目で送信される超音波ビームX1の深さ方向における中心軸を実線の矢印で示し、1回目で同時受信される4つの反射波信号を破線の矢印で示している。すなわち、超音波プローブ1は、図16に示すように、1回目の送受信において、4つの反射波信号を受信する。ここでは、超音波プローブ1が受信する4つの反射波信号をそれぞれ、反射波信号Y1~反射波信号Y4として示す。図16に示す例では、超音波プローブ1は、1回目の超音波ビームの中心軸を中心とし、走査方向に沿って所定間隔ずつ離れた位置の4本の反射波信号Y1~反射波信号Y4を受信する。

【0112】

続いて、送信部11は、図16に示すように、超音波ビームX1の中心軸から走査方向に1つの受信ビームの幅分移動した位置を中心軸として、超音波プローブ1に超音波ビームX2として示す2回目の超音波ビームを送信させる。そして、超音波プローブ1は、2回目の送受信において、反射波信号Y2'、Y3'、Y4'、Y5として示す4つの反射波信号を受信する。ここで、反射波信号Y2と反射波信号Y2'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号Y3と反射波信号Y3'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号Y4と反射波信号Y4'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示している。また、反射波信号Y5は、反射波信号Y4の受信走査線から、走査方向に1つの受信ビームの幅ずれた位置の受信走査線上の受信ビームを示している。

【0113】

そして、送信部11は、図16に示すように、超音波ビームX2の中心軸から走査方向に3つの受信ビームの幅分移動した位置を中心軸として、超音波プローブ1に超音波ビームX3として示す3回目の超音波ビームを送信させる。そして、超音波プローブ1は、3回目の送受信において、反射波信号Y5'、Y6、Y7、Y8として示す4つの反射波信号を受信する。ここで、反射波信号Y5と反射波信号Y5'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示す。また、反射波信号Y6は、反射波信号Y6の受信走査線から、走査方

10

20

30

40

50

向に1つの受信ビームの幅ずれた位置の受信走査線上の受信ビームを示している。

【0114】

そして、送信部11は、図16に示すように、超音波ビームX3の中心軸から走査方向に1つの受信ビームの幅分移動した位置を中心軸として、超音波プローブ1に超音波ビームX4として示す4回目の超音波ビームを送信させる。そして、超音波プローブ1は、4回目の送受信において、反射波信号Y6'、Y7'、Y8'、Y9として示す4つの反射波信号を受信する。ここで、反射波信号Y6と反射波信号Y6'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号Y7と反射波信号Y7'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示し、反射波信号Y8と反射波信号Y8'とは、同一の受信走査線上の受信ビームを示している。また、反射波信号Y9は、反射波信号Y9の受信走査線から、走査

10

【0115】

なお、以下の説明では、各受信走査線の受信ビームを形成するために用いられる受信開口数分の反射波信号が、図16で符号を付して説明した反射波信号であるとして説明する。

【0116】

受信部12は、反射波信号Y1については、対応する反射波信号Y1'が存在しないことから、等価時間サンプリングを実行しない。受信部12は、反射波信号Y2及び反射波信号Y2'を、180度の位相差で等価時間サンプリングして、同一受信走査線で2つのデジタルデータを生成し、同一受信走査線で2つの反射波データ(Y2#及びY2'#)を生成する。同様の処理により、受信部12は、「Y3#及びY3'#」、「Y4#及びY4'#」及び「Y5#及びY5'#」を生成する。また、同様の処理により、受信部12は、「Y6#及びY6'#」、「Y7#及びY7'#」及び「Y8#及びY8'#」を生成する。

20

【0117】

Bモード処理部14は、サンプリングの位相差180度に基づいて、「Y2#|Y2'#」~「Y8#|Y8'#」を生成する。そして、Bモード処理部14は、これら合成反射波データそれぞれから、Bモードデータを生成する。かかる処理が、走査領域全体で行なわれることで、画像生成部16は、フェーズ数2の等価時間サンプリングにより、フレームレートが低減することなく、かつ、不連続なスキャンに起因するライン状のアーチファクトが低減されたBモード画像データを生成することができる。

30

【0118】

なお、図16に示すスキャンシーケンスは、あくまでも一例であり、フェーズ数2で、不連続なスキャンに起因するライン状のアーチファクトを低減するためには、送信超音波ビームの移動を1つの受信ビームの幅分とし、並列同時受信数を2とすることが好適である。換言すると、不連続なスキャンに起因するライン状のアーチファクトを低減するためには、フェーズ数が「n」である場合、送信超音波ビームの移動を1つの受信ビームの幅分とし、並列同時受信数を「n」とすることが好適である。

【0119】

これについて、図16で説明した符号を転用して説明すると、受信部12は、1回目の送信で、反射波信号Y1及びY2を受信し、2回目の送信で、反射波信号Y2'及びY3を受信し、3回目の送信で、反射波信号Y3'及びY4を受信し、4回目の送信で、反射波信号Y4'及びY5を受信する。また、受信部12は、5回目の送信で、反射波信号Y5'及びY6を受信し、6回目の送信で、反射波信号Y6'及びY7を受信し、7回目の送信で、反射波信号Y7'及びY8を受信し、8回目の送信で、反射波信号Y8'及びY9を受信する。これにより、同一受信走査線で受信される反射波信号の時間差を最小とすることができ、フレームレートの低減効果が少なくなるものの、アーチファクトを大幅に低減することができる。

40

【0120】

上述したように、第2実施形態によれば、等価時間サンプリングと並列同時受信とを併

50

用する。並列同時受信を行うことで、第2の実施形態に係る超音波診断装置は、単位時間当たりのデータ量を増大させる。このため、第2の実施形態に係る超音波診断装置は、等価時間サンプリングによるフレームレートの低下を並列同時受信による単位時間当たりのデータ量の増大で補うことができる。すなわち、第2の実施形態に係る超音波診断装置は、等価時間サンプリングによって高周波な反射波信号をデジタル化する場合に、フレームレートの低下を抑制することができる。

【0121】

また、第2の実施形態に係る超音波診断装置は、超音波プローブ1から送信される並列同時受信の超音波ビームの位置の移動前後で、超音波プローブ1が並列同時受信で受信する範囲が重複するように、送信部11を制御する。これにより、第2の実施形態では、アーチファクトの発生を低減することができる。

10

【0122】

また、第2の実施形態で説明した等価時間サンプリングと並列同時受信とを併用する制御方法は、第1の実施形態で説明した等価時間サンプリングとAM方式とを併用する制御方法にも適用可能である。また、第2の実施形態で説明した等価時間サンプリングと並列同時受信とを併用する制御方法は、第1の実施形態の変形例で説明した等価時間サンプリングとAMP方式とを併用する制御方法にも適用可能である。

【0123】

例えば、第1の実施形態で説明したフェーズ数2の等価時間サンプリングとAM方式（又は、AMP方式）とを併用する場合、同一走査線で第1超音波ビームの送信が2回行なわれ、第2超音波ビームが2回行なわれる。かかる場合に、並列同時受信数を4とすると、フレームレートは、超音波の送受信を走査線当たり1回とする通常のBモード撮影のフレームレートと略同一となる。

20

【0124】

また、第2の実施形態で説明した等価時間サンプリングと並列同時受信とを併用する制御方法は、第1の実施形態で説明した制御方法が適用困難であるCHIのスキャン方式であるPM（パルスインバージョン）にも適用することが可能である。PM方式では、振幅が同一で、位相が反転された（-1.0、1.0）の超音波ビームを各走査線で2回送信させる。かかるPM方式にフェーズ数2の等価時間サンプリングを適用すると、（-1.0、1.0）の超音波ビームを、各走査線で2セット送信する必要がある。かかる場合に、例えば、並列同時受信数「2」の並列同時受信を行なうことで、通常のPM方式と略同一のフレームレートで、THIを行なうことができる。なお、第2の実施形態で説明した等価時間サンプリングと並列同時受信とを併用する制御方法は、THIのスキャン方式であるPM（パルスインバージョン）にも適用することが可能である。

30

【0125】

また、等価時間サンプリングとCHI（AM方式、AMP方式、PM方式）とを併用する場合にも、制御部18は、超音波プローブ1から送信される並列同時受信の超音波ビームの位置の移動前後で、超音波プローブ1が並列同時受信で受信する範囲が重複するように、送信部11を制御することが望ましい。同様に、等価時間サンプリングとTHI（AM方式、AMP方式、PM方式）とを併用する場合にも、制御部18は、超音波プローブ1から送信される並列同時受信の超音波ビームの位置の移動前後で、超音波プローブ1が並列同時受信で受信する範囲が重複するように、送信部11を制御することが望ましい。

40

【0126】

また、上述の実施形態で説明した、超音波診断装置による処理は、内部記憶部19に予め記憶された『制御プログラム』をコンピュータが実行することによって実現することができる。この『制御プログラム』は、インターネットなどのネットワークを介して配布することができる。また、この『制御プログラム』は、ハードディスク、フレキシブルディスク（FD）、CD（Compact Disk）-ROM（Read Only Memory）、MO（Magneto-Optical Disk）、DVD（Digital Versatile Disc）などのコンピュータで読み取り

50

可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行することもできる。

【0127】

以上述べた少なくとも一つの実施形態の超音波診断装置によれば、超音波の反射波信号のデジタル化に等価時間サンプリングを適用する場合に、フレームレートの低下を抑制することができる。

【0128】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

10

【符号の説明】

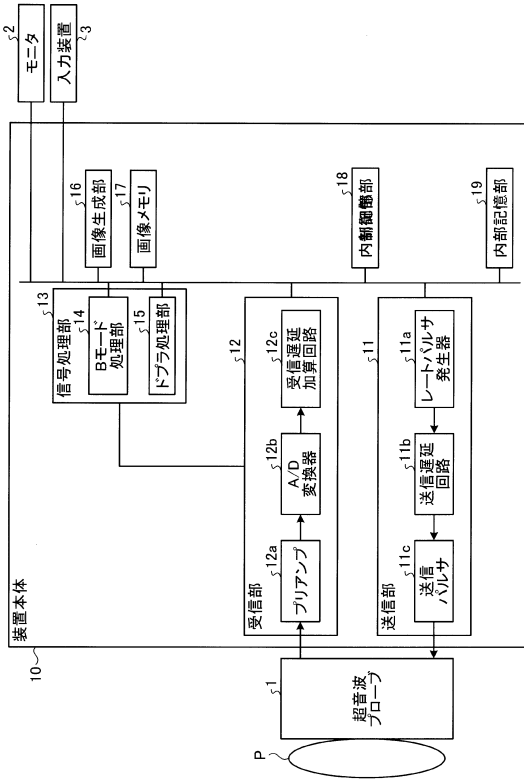
【0129】

- 1 超音波プローブ
- 2 モニタ
- 3 入力装置
- 10 装置本体
- 11 送信部
- 11a レートパルサ発生器
- 11b 送信遅延回路
- 11c 送信パルサ
- 12 受信部
- 12a プリアンプ
- 12b A/D変換器
- 12c 受信遅延加算回路
- 13 信号処理部
- 14 Bモード処理部
- 15 ドブラ処理部
- 16 画像生成部
- 17 画像メモリ
- 18 制御部
- 19 内部記憶部

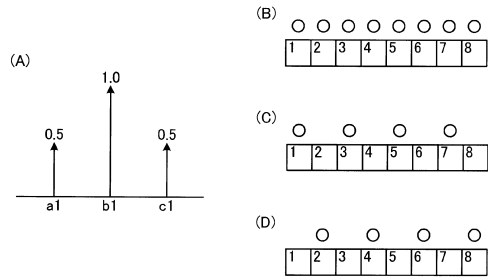
20

30

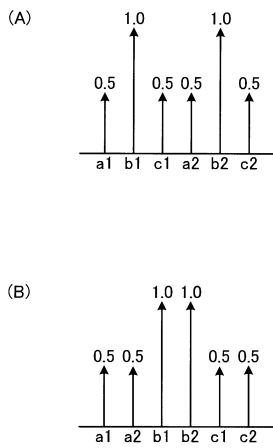
【 図 1 】



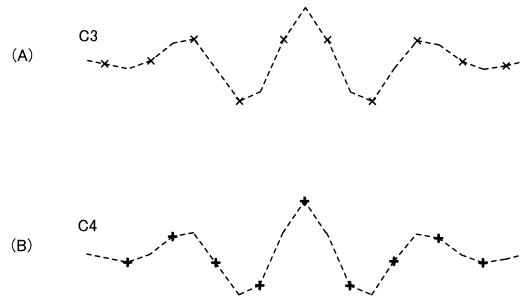
【 図 2 】



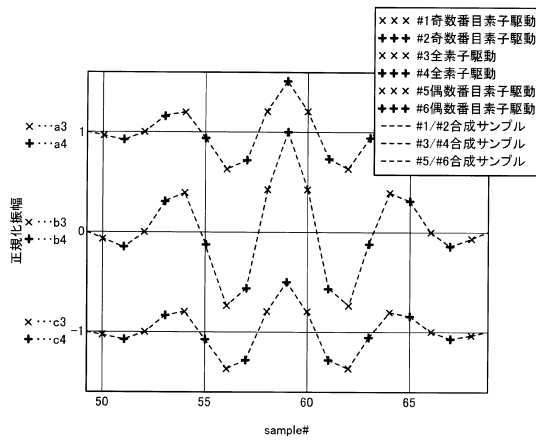
【 図 3 】



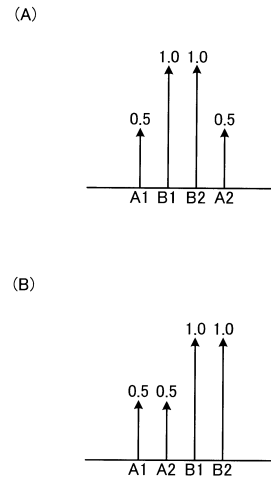
【 図 4 】



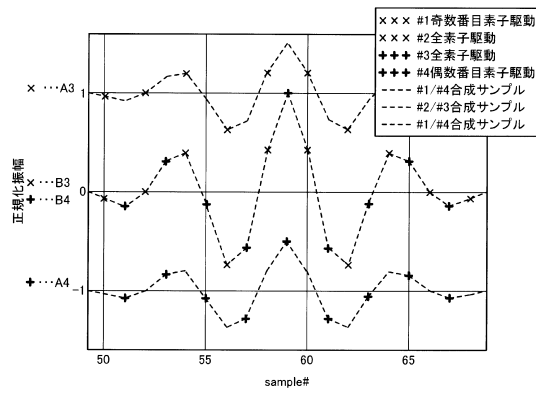
【図5】



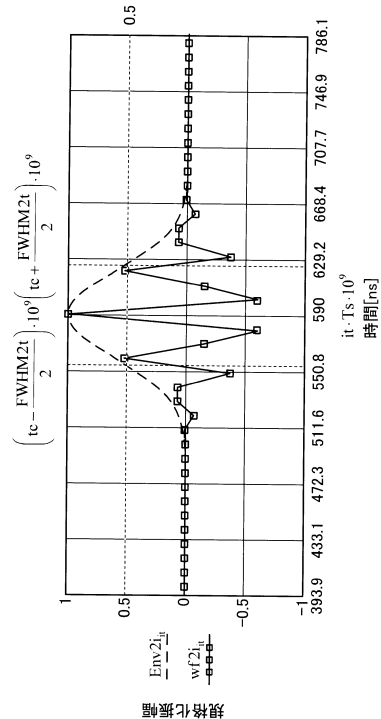
【図6】



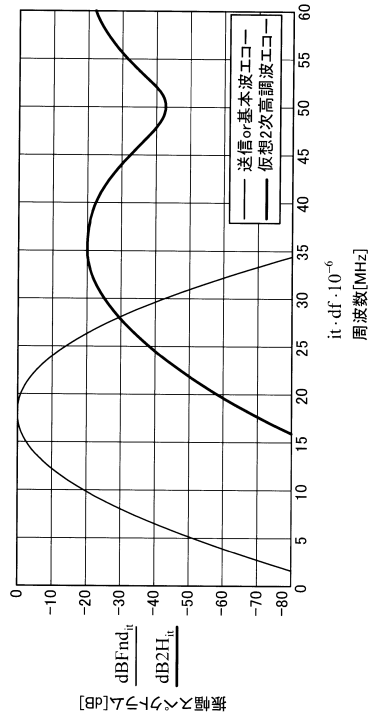
【図7】



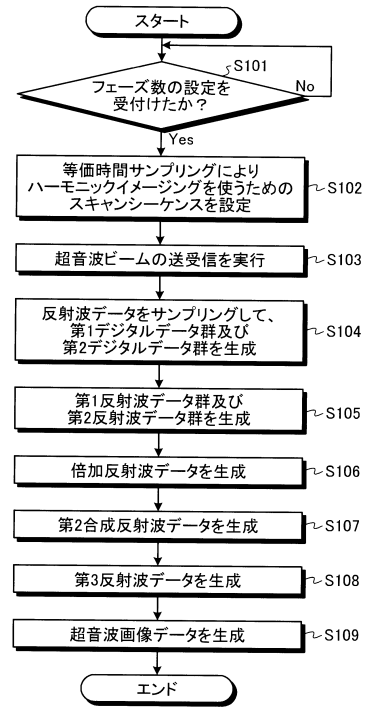
【図8】



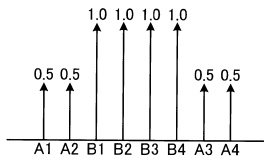
【図9】



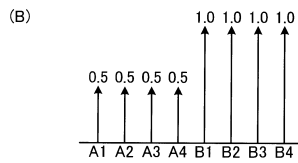
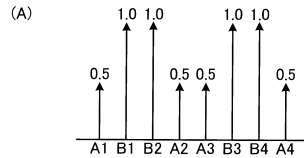
【図10】



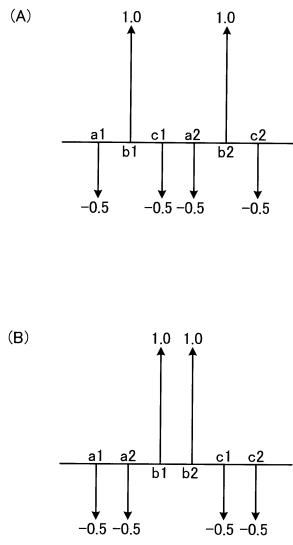
【図11】



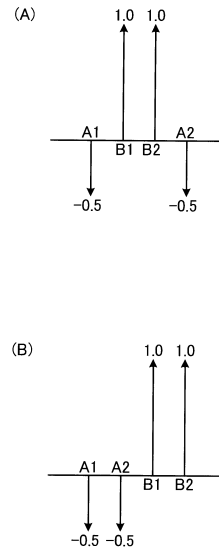
【図12】



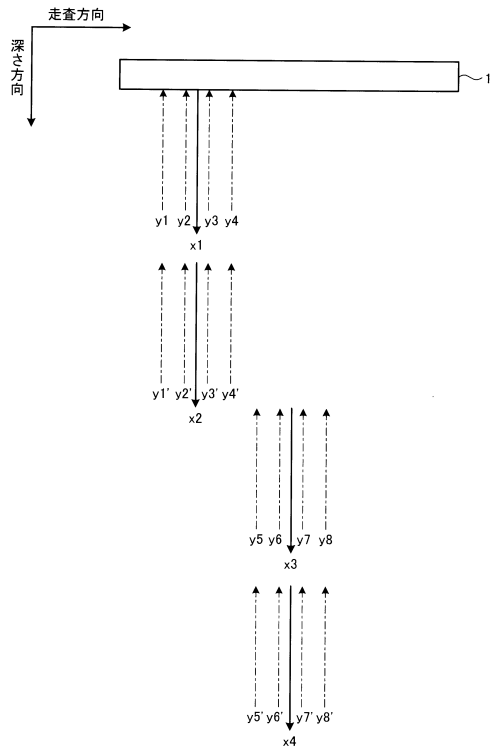
【図 13】



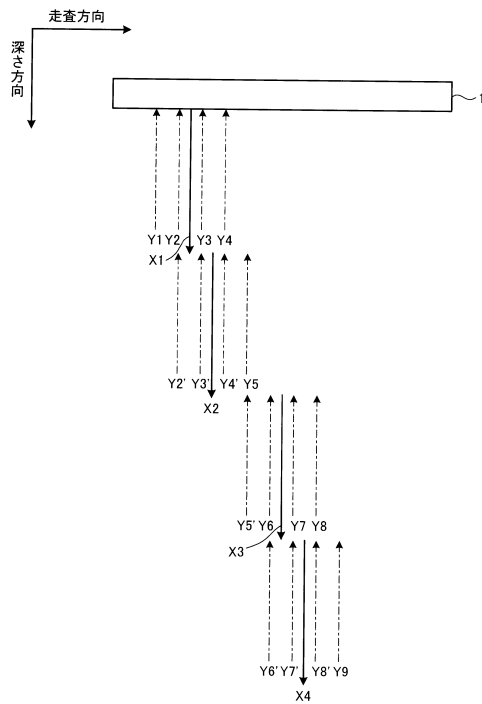
【図 14】



【図 15】



【図 16】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-254216(JP,A)  
特開平7-306912(JP,A)  
特開2013-3071(JP,A)  
特開2006-271791(JP,A)  
特開2010-51375(JP,A)  
特開2012-217583(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15

