

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-164408

(P2017-164408A)

(43) 公開日 平成29年9月21日(2017.9.21)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/14 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/14

テーマコード (参考)

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2016-54944 (P2016-54944)
(22) 出願日 平成28年3月18日 (2016.3.18)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(74) 代理人 100164633
弁理士 西田 圭介
(74) 代理人 100179475
弁理士 仲井 智至
(72) 発明者 増田 博之
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
Fターム(参考) 4C601 BB23 EE01 HH21 JB34 JB41
JB47 JB48 JB51 JB60

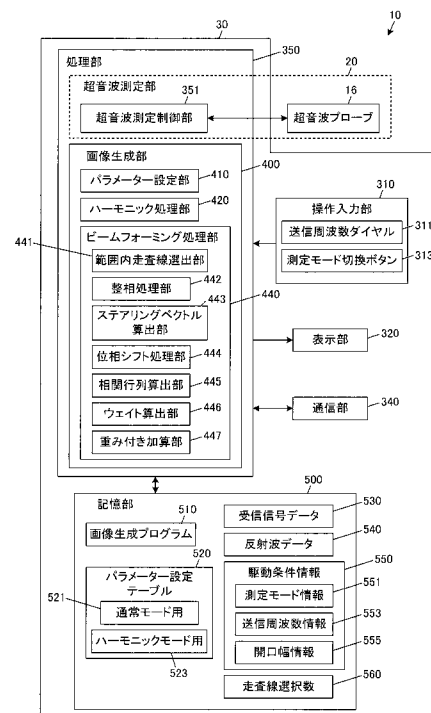
(54) 【発明の名称】 画像生成装置および画像生成方法

(57) 【要約】

【課題】さらなる高分解能化を実現することができるビームフォーミング処理の新たな手法を提案すること。

【解決手段】超音波を送受信した各走査に係る受信信号から超音波画像を生成する演算処理部を備えた画像生成装置であって、前記各走査について、当該走査の方向を含む前記受信信号の選択範囲を設定することと、前記選択範囲内の前記受信信号に基づいてビームフォーミング処理に用いる重みを算出することと、前記重みに基づいて前記ビームフォーミング処理を行って、当該走査に係る画像を生成することと、を前記演算処理部が実行する画像生成装置である。

【選択図】 図17



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波を送受信した各走査に係る受信信号から超音波画像を生成する演算処理部を備えた画像生成装置であって、

前記各走査について、当該走査の方向を含む前記受信信号の選択範囲を設定することと

、
前記選択範囲内の前記受信信号に基づいてビームフォーミング処理に用いる重みを算出することと、

前記重みに基づいて前記ビームフォーミング処理を行って、当該走査に係る画像を生成することと、

を前記演算処理部が実行する画像生成装置。

10

【請求項 2】

前記選択範囲を設定することは、前記走査に係る駆動条件に応じて前記選択範囲を設定することを含む、

請求項 1 に記載の画像生成装置。

【請求項 3】

前記駆動条件に応じた前記選択範囲の設定は、前記超音波の送信周波数が高いほど、前記選択範囲を狭く設定することを含む、

請求項 2 に記載の画像生成装置。

20

【請求項 4】

前記駆動条件に応じた前記選択範囲の設定は、前記走査に係る駆動素子の開口幅が広いほど、前記選択範囲を狭く設定することを含む、

請求項 2 又は 3 に記載の画像生成装置。

【請求項 5】

前記画像を生成することは、当該走査に係る画像を生成する際に、所定のハーモニックイメージング処理を行うか否かを切り替え可能であり、

前記選択範囲を設定することは、前記ハーモニックイメージング処理を行う場合は、行わない場合に比べて前記選択範囲を狭く設定することを含む、

請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の画像生成装置。

30

【請求項 6】

超音波を送受信した各走査に係る受信信号から超音波画像を生成する画像生成方法であって、

前記各走査について、当該走査の方向を含む前記受信信号の選択範囲を設定することと

、
前記選択範囲内の前記受信信号に基づいてビームフォーミング処理に用いる重みを算出することと、

前記重みに基づいて前記ビームフォーミング処理を行って、当該走査に係る画像を生成することと、

を含む画像生成方法。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、超音波画像を生成する画像生成装置および画像生成方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来から、複数の超音波素子（超音波振動子）が配列された探触子を用いて超音波ビームを走査し、生体内部の様子を画像化する画像生成装置が知られている。画像化にあたっては、被検体の体表面から生体内に向けて超音波を送信し、その反射波の受信信号を加算するビームフォーミング処理を行う。しかし、単純なビームフォーミング処理では画像の分解能が低いため、より高分解能の画像を得るための技術が開発されている。例えば、特

50

許文献 1 に記載の M V B (Minimum Variance Beamforming) 処理もその 1 つである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015-71028 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

M V B 処理に代表される従来の技術によれば、一定程度の分解能が得られた。しかしながら、超音波画像においては、分解能は高ければ高いほど良い。超音波素子の数や周波数を上げることなく、超音波画像の分解能を高めることができれば、願ったり叶ったりである。そこで本発明は、さらなる高分解能化を実現することができるビームフォーミング処理の新たな手法を提案することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するための第 1 の発明は、超音波を送受信した各走査に係る受信信号から超音波画像を生成する演算処理部を備えた画像生成装置であって、前記各走査について、当該走査の方向を含む前記受信信号の選択範囲を設定することと、前記選択範囲内の前記受信信号に基づいてビームフォーミング処理に用いる重みを算出することと、前記重みに基づいて前記ビームフォーミング処理を行って、当該走査に係る画像を生成することと、を前記演算処理部が実行する画像生成装置である。

20

【0006】

また、他の発明として、超音波を送受信した各走査に係る受信信号から超音波画像を生成する画像生成方法であって、前記各走査について、当該走査の方向を含む前記受信信号の選択範囲を設定することと、前記選択範囲内の前記受信信号に基づいてビームフォーミング処理に用いる重みを算出することと、前記重みに基づいて前記ビームフォーミング処理を行って、当該走査に係る画像を生成することと、を含む画像生成方法を構成してもよい。

【0007】

第 1 の発明等によれば、超音波画像を生成する際に、超音波の走査の方向を含む選択範囲内の複数の送受信信号から、ビームフォーミング処理に用いる重みを算出することができる。そして、算出した重みに基づき適応的なビームフォーミング処理を行うことができるので、従来に比べて更なる高分解能の超音波画像を得ることができる。

30

【0008】

第 2 の発明は、前記選択範囲を設定することは、前記走査に係る駆動条件に応じて前記選択範囲を設定することを含む、第 1 の発明の画像生成装置である。

【0009】

第 2 の発明によれば、超音波の走査に係る駆動条件に応じて選択範囲を設定することができる。

【0010】

40

第 3 の発明は、前記駆動条件に応じた前記選択範囲の設定は、前記超音波の送信周波数が高いほど、前記選択範囲を狭く設定することを含む、第 2 の発明の画像生成装置である。

【0011】

第 3 の発明によれば、超音波の送信周波数が高いほど選択範囲を狭く設定することができる。

【0012】

第 4 の発明は、前記駆動条件に応じた前記選択範囲の設定は、前記走査に係る駆動素子の開口幅が広いほど、前記選択範囲を狭く設定することを含む、第 2 又は第 3 の発明の画像生成装置である。

50

【0013】

第4の発明によれば、駆動素子の開口幅が広いほど選択範囲を狭く設定することができる。

【0014】

第5の発明は、前記画像を生成することは、当該走査に係る画像を生成する際に、所定のハーモニックイメージング処理を行うか否かを切り替え可能であり、前記選択範囲を設定することは、前記ハーモニックイメージング処理を行う場合は、行わない場合に比べて前記選択範囲を狭く設定することを含む、第1～第4の何れかの発明の画像生成装置である。

【0015】

第5の発明によれば、ハーモニックイメージング処理を行う場合に、行わない場合と比べて選択範囲を狭く設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】画像生成装置のシステム構成例を示す図。

【図2】超音波画像を説明するための図。

【図3】従来の空間平均処理の概要を説明するための図。

【図4】シミュレーション条件(1)、(2)を示す図。

【図5】シミュレーション条件(1)で得られた超音波画像を示す図。

【図6】シミュレーション条件(1)で得られた他の超音波画像を示す図。

【図7】シミュレーション条件(1)で得られた他の超音波画像を示す図。

【図8】シミュレーション条件(1)で得られた他の超音波画像を示す図。

【図9】シミュレーション条件(2)で得られた超音波画像を示す図。

【図10】シミュレーション条件(2)で得られた他の超音波画像を示す図。

【図11】シミュレーション条件(2)で得られた他の超音波画像を示す図。

【図12】シミュレーション条件(2)で得られた他の超音波画像を示す図。

【図13】ハーモニックモードを選択した実機データ取得条件を示す図。

【図14】高調波条件で得られた超音波画像を示す図。

【図15】基本波条件で得られた超音波画像を示す図。

【図16】高調波条件での信号強度と基本波条件での信号強度とをグラフ化した図。

【図17】画像生成装置の機能構成例を示すブロック図。

【図18】パラメーター設定テーブルのデータ構成例を示す図。

【図19】超音波画像の生成処理の流れを示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施形態について説明する。なお、以下説明する実施形態によって本発明が限定されるものではなく、本発明を適用可能な形態が以下の実施形態に限定されるものでもない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付す。

【0018】

図1は、本実施形態における画像生成装置10のシステム構成例を示す図である。画像生成装置10は、測定結果や操作情報を画像表示するための手段および操作入力のための手段を兼ねるタッチパネル12と、操作入力をするためのキーボード14と、超音波プローブ(探触子)16と、処理装置30とを備え、超音波測定を利用して被検体2の生体情報を取得する。

【0019】

処理装置30には、制御基板31が搭載されており、タッチパネル12、キーボード14、超音波プローブ16等の装置各部と信号送受可能に接続されている。制御基板31には、CPU(Central Processing Unit)32や、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、FPGA(Field Programmable Gate Array)、各種集積回路の他、

10

20

30

40

50

IC (Integrated Circuit) メモリーやハードディスク等による記憶媒体 33 と、外部装置とのデータ通信を実現する通信 IC 34 とが搭載されている。この処理装置 30 は、CPU 32 等が記憶媒体 33 に記憶されているプログラムを実行することにより、超音波測定をはじめとする生体情報の取得に必要な処理を行う。

【0020】

具体的には、画像生成装置 10 は、処理装置 30 の制御により超音波プローブ 16 から被検体 2 へ超音波ビームを送信し、その反射波を受信して超音波測定を行う。そして、反射波の受信信号を増幅・信号処理することにより、被検体 2 の生体内構造の位置情報や経時変化等の反射波データを生成する。超音波測定は、所定周期で繰り返し行われる。この所定周期での測定単位を「フレーム」と呼ぶ。なお、超音波プローブ 16 が当てられる測定部位は、図示した頸部に限らず、手首や腕、腹部等、測定の目的に応じた被検体 2 の部位とされる。

10

【0021】

反射波データには、いわゆる A モード、B モード、M モード、カラードップラーモードの各モードの画像が含まれる。A モードは、第 1 軸を所定の体表面位置からの深さ方向の距離とし、第 2 軸を反射波の受信信号強度として、反射波の振幅 (A モード像) を表示するモードである。また、B モードは、超音波ビームを所定のプローブ走査範囲 (走査角) 内で走査させながら得た反射波振幅 (A モード像) を輝度値に変換することで可視化した、生体内構造の二次元の超音波画像 (B モード像) を表示するモードである。

【0022】

20

[原理]

図 2 は、超音波画像を説明するための図であり、超音波プローブ 16 を被検体 2 の測定部位 (体表面) に当てて超音波測定している状態を簡略的に示している。

【0023】

超音波プローブ 16 は、1 列又は複数列に配列された駆動素子である複数の超音波素子 (超音波振動子) 161 を内蔵している。本実施形態では、超音波プローブ 16 は、入射角度を所定の角度 (走査角ピッチ) ずつ変えながら、所定の体表面位置を基点 P とする複数の走査線 L に沿って超音波ビームを放射状に送受信して、走査角である所定の角度範囲を扇形に走査する、いわゆるセクタスキャン方式で超音波測定を行うものとして説明する。画像生成装置 10 は、各走査線 L の走査に係る各超音波素子 161 の受信信号をもとに各走査に係る画像を走査線 L 毎に生成し、超音波画像を得る。

30

【0024】

各走査に係る画像の生成に際しては、当該走査に係る各超音波素子 (以下、単に「素子」ともいう) 161 の受信信号を加算するビームフォーミング処理を行う。以下、ある走査線 (例えば図 2 の走査線 L11) に注目して、本実施形態のビームフォーミング処理を説明する。

【0025】

ここで、超音波ビームは、その送信時に各素子 161 にディレイ時間を持たせることで、対象の走査線 L (例えば注目する対象走査線 L11) の方向の音圧が高くなるように送信される (図 2 中にハッチングを付して示したメインローブ)。しかし実際には、このメインローブと併せて、対象走査線 L11 の方向から外れた斜めの方向にも感度の低い超音波ビームが放射される (サイドローブ)。また、超音波は球面状に広がる特性を有するため、メインローブ自体もある程度の幅 (以下「メインローブ幅」という) θ_m を有する。そのため、受信信号には、対象走査線 L11 上の反射体からの反射波 (所望波) だけでなく、当該方向から外れた位置に存在する反射体からの反射波 (不要波) も含まれ得る。このように、超音波ビームは、対象走査線 L11 以外の方向からの不要波に対しても感度を持つため、そのまま各素子 161 の受信信号を加算するのでは、分解能を悪化させる問題があった。なお、図 2 中のメインローブは、理解を容易にするために大きめに示しており、実際とは異なる。

40

【0026】

50

この問題を解決するための技術として、従来から、適応型ビームフォーミングとも呼ばれるMVB処理が知られている。このMVB処理によれば、所望波のみに感度を持ち、不要波に対しては感度を持たないように方向に拘束を付けてビームフォーミング処理を行うことから、分解能の向上が図れる。

【0027】

MVB処理の概要について簡単に説明する。MVB処理では、先ず、各素子161の受信信号に予め定められるディレイ時間の遅延をかける整相処理を行う。

【0028】

続いて、相関行列を算出して用い、ウェイトを算出する。この相関行列の算出に際しては、所望波と不要波との相関性を低減するため、空間平均法が適用される（空間平均処理）。図3は、空間平均処理の概要を説明するための図であり、超音波プローブ16を構成する複数の超音波素子161の素子配列を簡略化して示している。素子配列の全体の幅（素子開口）A2を、開口幅ともいう。

【0029】

空間平均処理は、所望波と、所望波に干渉する不要波（干渉波）とが相関する点に着目し、干渉波の影響を抑制するための処理として実装される。この空間平均処理は、超音波プローブ16を構成する各素子161のうちの一部の素子161で構成される部分的な素子開口（サブアレイ）A21～A26で得られた受信信号から相関行列を算出し、得られたサブアレイA21～A26毎の相関行列を平均して開口幅A2全体の相関行列を求める処理である。サブアレイA21～A26を選択的に横にずらしながら相関行列を求めることから、その平均化効果により所望波と干渉波との相関性を低減できる。

【0030】

続いて、対象走査線L11の方向に基づき規定したステアリングベクトル a_θ を用い、得られた相関行列からウェイトを求める。その後は、算出したウェイトを用いて整相処理後の各素子161の受信信号を重み付き加算する。

【0031】

しかし、このMVB処理には、相関行列の算出にあたって空間平均法を適用する点で次のような問題があった。すなわち、空間平均処理では、実際の開口幅A2よりも素子開口が狭いサブアレイA21～A26の単位で相関行列を算出しウェイトを求めることから、算出したウェイトを用いた重み付き加算についてもサブアレイA21～A26単位で行う。そのため、結果的に素子開口を狭めて各素子161の受信信号を加算することとなるため、分解能の向上には自ずと限界があった。言い換えれば、干渉波の影響を抑制することと、重み付き加算を開口幅A2の単位で行うこととの両立を図ることができれば、さらなる高分解能化が図れる。

【0032】

そこで本実施形態では、ウェイトの算出に際し、所望波の方向を含む複数の走査線Lの走査に係る各素子161の受信信号を用いる新たな手法を採用する。処理内容の一部がMVB処理と近似することから、本実施形態では「マルチビームMVB処理」と呼称することとする。以下、ウェイトの算出に用いる走査線の選択範囲を「走査線選択範囲」といい、この走査線選択範囲内の走査線を「範囲内走査線」という。走査線選択範囲は、中心を対象走査線L11の方向（つまり所望波の方向）とする角度範囲であり、範囲内走査線Lは、少なくとも対象走査線L11を含む。

【0033】

マルチビームMVB処理では先ず、MVB処理と同様の整相処理を、範囲内走査線L毎に行う。

【0034】

続いて、ステアリングベクトル a_θ を算出する。ステアリングベクトル a_θ は、次式（1）で表される。式（1）において、 θ は、位相シフト角度を表す。この位相シフト角度 θ は、該当する範囲内走査線Lの角度（後述する走査線角度 χ ）に相当する。Mは、素子数（超音波素子161の数）を表す。なお、上記したMVB処理で用いるステアリングベ

10

20

30

40

50

クトル $\mathbf{a}_\theta$ は、 $\mathbf{a}_\theta = 1$ ($\theta = 0$) で固定とされる。

【数 1】

$$\mathbf{a}_\theta = \begin{pmatrix} 1 & e^{-j\pi\sin(\theta)} & e^{-j2\pi\sin(\theta)} & \dots & e^{-j(M-1)\pi\sin(\theta)} \end{pmatrix} \quad \dots(1)$$

【0035】

このステアリングベクトル $\mathbf{a}_\theta$ を範囲内走査線 L のそれぞれについて算出し、次式 (2) に示す $A[n]$ を得る。 $A[n]$ は $M \times K$ 行列であり、 K は、範囲内走査線 L の走査線番号を表す。

【数 2】

$$A[n] = [\mathbf{a}_{\theta_1,n} \quad \mathbf{a}_{\theta_2,n} \quad \dots \quad \mathbf{a}_{\theta_K,n}] \quad \dots(2)$$

10

【0036】

続いて、位相シフト処理を行う。位相シフト処理は、次式 (3) に従い、整相処理後の範囲内走査線 L 毎の各素子 161 の受信信号 $X[n]$ と、式 (2) で求めた $A[n]$ とのアダマール積 $X \sim [n]$ を求めることで行う。なお、 $X \sim$ は、「 X 」の上に「 $\sim$ 」が付された式 (3) の表記に対応する。

【数 3】

$$\tilde{X}[n] = A[n] \circ X[n] \quad \dots(3)$$

【0037】

20

式 (3) の $X[n]$ は、次式 (4) で表され、 $A[n]$ と同じ $M \times K$ 行列である。 $x_i[n]$ ($i = 1, 2, \dots, K$) は、走査線番号 i の範囲内走査線 L の走査に係る整相処理後の各素子 161 の受信信号を表す。

【数 4】

$$X[n] = [x_1[n] \quad x_2[n] \quad \dots \quad x_K[n]] \quad \dots(4)$$

【0038】

続いて、位相シフト処理後の範囲内走査線 L 毎の各素子 161 の受信信号 $X \sim [n]$ を用い、次式 (5) に従って相関行列 $R \wedge [n]$ を算出する。なお、 $R \wedge$ は、「 R 」の上に「 $\wedge$ 」が付された式 (5) の表記に対応する。

30

【数 5】

$$\hat{R}[n] = \frac{1}{K} \tilde{X}[n] \tilde{X}[n]^T \quad \dots(5)$$

【0039】

続いて、次式 (6)、(7) に示す最小化問題を解き、各素子 161 のウェイト w を算出する。

【数 6】

$$\min_w w^T R[n] w, \quad \text{s.t. } w^T \mathbf{a}_{\theta,n} = 1 \quad \dots(6)$$

40

$$w = \frac{R^{-1}[n] \mathbf{a}_{\theta,n}}{\mathbf{a}_{\theta,n}^T R^{-1}[n] \mathbf{a}_{\theta,n}} \quad \dots(7)$$

【0040】

その後は、次式 (8) に従い、求めた各素子 161 のウェイト w に基づいて、位相シフト処理後の対象走査線 $L11$ の走査に係る各素子 161 の受信信号 $x_t \sim [n]$ を重み付き加算する。式 (8) の添え字 t は、対象走査線 $L11$ の走査線番号を表す。なお、 $x_t \sim$ は、「 x_t 」の上に「 $\sim$ 」が付された式 (8) の表記に対応する。

【数 7】

$$\left| \mathbf{w}^T \tilde{\mathbf{x}}_t[n] \right| \quad \dots (8)$$

【0041】

以上説明したマルチビームMVB処理では、対象走査線L11（観察ライン）の外に対象走査線L11以外の送信ビーム角度で得られた受信信号も活用することによって所望波と干渉波の相関性を低減できる。したがって、従来のMVB処理のように素子開口を狭めることなく開口幅A2の単位で、干渉波の影響を抑えた重み付き加算が実現できる。ただしこの場合、範囲内走査線Lの選出（走査線選択範囲をどう設定するのか）が問題となる。少なくとも、対象走査線L11と信号強度が同程度で強度ばらつきが小さい走査線Lを選ぶのがよい。そこで、メインローブ幅 θ_m を走査線選択範囲の目安として利用し、走査線選択範囲をメインローブ幅 θ_m より広狭変化させて複数のシミュレーションを行い、分解能を検証した。

【0042】

まず、メインローブ幅 θ_m は、例えば、次式（9）で表される。このメインローブ幅 θ_m は、送信周波数 f が高いと狭くなり、開口幅 D が長くても狭くなる。式（9）において、 f は送信周波数、 D は開口幅、 c は媒質音速、 λ は波長を表す。

【数 8】

$$\theta = \text{asin}\{1.02 * c / (f \cdot D)\} \quad \dots (9)$$

【0043】

したがって、走査線Lの角度（走査線角度）を χ とすると、当該走査線Lの走査に係るメインローブ幅 θ_m の角度範囲は、 $\chi - \theta / 2$ から $\chi + \theta / 2$ となる。よって、各走査線Lの走査線角度 χ を次式（10）で表すと、そのメインローブの内側となる走査線Lは、次式（11）に従い式（10）の要素を抽出することで特定が可能である。式（10）において、 α は走査角であり、 ϕ_p は走査角ピッチである。ここでいう角度は方位角であり、例えば、入射角度が 0° の方向を基準に定められる。

【数 9】

$$A = [-\alpha/2 \quad -\alpha/2 + \phi_p \quad -\alpha/2 + 2\phi_p \quad \dots \quad -\alpha/2] \quad \dots (10)$$

$$\chi - \theta/2 < A < \chi + \theta/2 \quad \dots (11)$$

【0044】

なお、メインローブ幅 θ_m の算出式は、式（9）に限定されない。メインローブ幅 θ_m は、超音波素子161の素子形状や、アポダイゼーションの有無、フォーカス位置からの距離等によっても変動するため、それらを考慮して定めるのが望ましい。

【0045】

次に、実際にメインローブ幅 θ_m を決定する式（9）のパラメーターの1つである送信周波数は、超音波ビームの送受信に係る超音波プローブ16の駆動条件の1つであり、観察対象（関心領域とも呼ばれる）の深度（超音波プローブ16からの距離）等によって設定が変更される。具体的には、送信周波数は、体表面に近い浅い位置を観察する場合は高く、深い位置を観察する場合は低く設定される。生体内を伝搬する超音波は送信周波数に比例して減衰し易くなることから、深部を観察する場合は減衰の影響を受け難い低周波を用い、浅い位置（浅部）を観察する場合には、周波数の性質上、高分解能が得られる高周波を用いるといった設定が、駆動条件の設定によって行われている。

【0046】

そこで、シミュレーションは、図4に示す2つのシミュレーション条件で行った。まず、シミュレーション条件（1）では、測定部位において体表面に近い浅い位置を観察する場合を想定し、送信周波数を5.0MHzとした。開口幅は19.2mm、走査角ピッチ

は0.05°で固定とした。また、観察対象として深度50mmの深さ位置に0.5mm間隔で散乱体を配置し、超音波測定を行って超音波画像を生成した。

【0047】

次に、シミュレーション条件(2)では、測定部位において深部を観察する場合を想定し、送信周波数を2.5MHzとした。開口幅と走査角ピッチは、シミュレーション条件(1)と同じ値で固定とした。また、観察対象として深度100mmの深さ位置に3mm間隔で散乱体を配置し、超音波測定を行って超音波画像を生成した。

【0048】

シミュレーションにおける走査線選択範囲の変更(範囲内走査線Lの選出)は、式(11)を変形した次式(12)を用いて補正係数Cを可変に設定することで行った。C=1.0とすれば、走査線選択範囲はメインローブ幅 θ mと一致する。Cを1.0より小さくすると走査線選択範囲はメインローブ幅 θ mより狭く、Cを1.0より大きくすると走査線選択範囲はメインローブ幅 θ mより広くなる。例えば、図2の例で対象走査線L11についてみれば、C=1.0とした場合、メインローブの内側となる対象走査線L11を含む3本の走査線L11, L13, L15が選出される。

【数10】

$$\chi - C * \theta / 2 < A < \chi + C * \theta / 2 \quad \cdots (12)$$

【0049】

図5～図8は、シミュレーション条件(1)で得られた超音波画像を示す図であり、図5は補正係数C=0.6とした場合、図6はC=0.8とした場合、図7はC=1.0とした場合、図8はC=1.2とした場合の超音波画像である。また、図9～図12は、シミュレーション条件(2)で得られた超音波画像を示す図であり、図9は補正係数C=0.6とした場合、図10はC=0.8とした場合、図11はC=1.0とした場合、図12はC=1.2とした場合の超音波画像である。

【0050】

シミュレーション条件(1)およびシミュレーション条件(2)の何れの場合も、Cを1.0以下、すなわち走査線選択範囲をメインローブ幅 θ m以下とすることで、散乱体間の境界を視認可能な画像が得られ、分解能は良好であった。これに対し、走査線選択範囲がメインローブ幅 θ mより広いC=1.2の場合では、散乱体間の境界部分を視認しづらく、左右2つの散乱体が一体と判断され得る分解能の低い結果となった。

【0051】

また、シミュレーション条件(1)の結果と、シミュレーション条件(2)の結果とを比較すると、シミュレーション条件(1)の送信周波数(5.0MHz)は、シミュレーション条件(2)の送信周波数(2.5MHz)の倍であることから、図8に示すシミュレーション条件(1)でC=1.2の場合と、図9に示すシミュレーション条件(2)でC=0.6の場合とで走査線選択範囲が略同程度の角度範囲となる。この図8と図9の画像を比較すると、図9の画像では走査線選択範囲がメインローブ幅 θ m以下であることから分解能が良好であるのに対し、図8の画像では、走査線選択範囲がメインローブ幅 θ mより広くなるため他の条件に比べ分解能が低いことがわかった。すなわち、走査線選択範囲が同じ場合には、送信周波数が低い方が分解能向上効果が高くなるため、分解能向上効果を維持するためには、送信周波数を高くする場合、相対的に走査線選択範囲を狭く設定する必要があるといえる。

【0052】

さて、超音波プローブ16が行う超音波測定には、その測定モードの1つにハーモニクモードがある。ハーモニクモードは、ハーモニク成分(高調波成分)を抽出するハーモニクイメージング処理を行って超音波画像を生成するモードである。ハーモニクイメージング処理によれば、超音波が生体内を伝搬する過程で発生する高調波成分を画像化することができ、解像度やコントラストを向上させることができる。そこで、ハーモニクモードにおける走査線選択範囲の設定による効果についても検証した。

【0053】

実機データ取得条件を図13に示す。ここで、ハーモニックイメージング処理は、例えば、周波数フィルター（ハイパスフィルター）により基本波成分と高調波成分とを分離し、2次高調波成分を抽出することで行った。そのため、メインローブ幅 θ_m を算出するときに式（9）に代入する送信周波数 f は、実際の送信周波数の2.6MHzではなく、2倍の5.2MHzとした。また、本実機検証の比較例として、式（9）に代入する送信周波数 f を実際の送信周波数の2.6MHzとして超音波画像を生成した。観察対象は、深度50mmの深さ位置に0.5mm間隔で配置した分解能評価ファントム（ワイヤ）である。

【0054】

図14は、実機ハーモニックイメージング処理にマルチビームMVBの処理において周波数 $f = 5.2\text{MHz}$ 、 $C = 1.0$ の条件で得られた超音波画像を示す図であり、図15は、先のマルチビームMVBの処理において周波数 $f = 2.6\text{MHz}$ 、 $C = 1.0$ の条件（基本波条件）で得られた超音波画像を示す図である。これらの画像を比べると、分解能評価ファントム（ワイヤ）間の境界の明瞭さから、図15の画像（基本波条件）と比べて、図14の画像（高調波条件）の方が高い分解能が得られている。また、図16は、高調波条件で得られた信号強度と、基本波条件で得られた信号強度とを併せてグラフ化した図である。方位角 0° の方向に、分解能評価ファントム（ワイヤ）間の境界が位置する。方位角 0° 前後の信号強度の変化を比べると、基本波条件よりも高調波条件の方が信号強度のピークが鋭く、高分解能な画像を得ることができていることが分かる。

【0055】

したがって、ハーモニックモードの場合は、抽出する高調波成分の周波数を基準として用い、当該周波数が高いほど走査線選択範囲を狭く設定するのがよい。

【0056】

〔機能構成〕

図17は、画像生成装置10の機能構成例を示すブロック図である。画像生成装置10は、処理装置30と、超音波プローブ16とを備え、処理装置30は、操作入力部310と、表示部320と、通信部340と、演算処理部としての処理部350と、記憶部500とを備える。

【0057】

超音波プローブ16は、複数の超音波素子161を備え、処理装置30（より詳細には、処理部350の超音波測定制御部351）から出力されるパルス電圧で超音波を送信する。そして、送信した超音波の反射波を受信し、受信信号を超音波測定制御部351へ出力する。

【0058】

操作入力部310は、ユーザーによる各種操作入力を受け付け、操作入力に応じた操作入力信号を処理部350へ出力する。ボタンスイッチやレバースイッチ、ダイヤルスイッチ、トラックパッド、マウス等により実現できる。図1ではタッチパネル12やキーボード14がこれに該当する。

【0059】

この操作入力部310は、送信周波数の指示値を入力するための送信周波数ダイヤル311と、通常モードおよびハーモニックモードとを選択的に切り換えるための測定モード切換ボタン313とを含む。なお、送信周波数ダイヤル311および測定モード切換ボタン313は、ダイヤルスイッチやボタンスイッチ等の物理的なスイッチで実現する場合に限らず、表示部320を兼ねるタッチパネルを用いたソフトウェアによるキースイッチ等により実現してもよい。この場合、ユーザーは、タッチパネルをタッチ操作して観察深度の指示値を入力し、あるいは測定モード（通常モード又はハーモニックモード）を切り換える。

【0060】

表示部320は、LCD（Liquid Crystal Display）等の表示装置によって実現され、

10

20

30

40

50

処理部 350 からの表示信号に基づく各種表示を行う。図 1 ではタッチパネル 12 がこれに該当する。

【0061】

通信部 340 は、処理部 350 の制御のもと、外部との間でデータを送受するための通信装置である。この通信部 340 の通信方式としては、所定の通信規格に準拠したケーブルを介して有線接続する形式や、クレイドル等と呼ばれる充電器と兼用の中間装置を介して接続する形式、無線通信を利用して無線接続する形式等、種々の方式を適用可能である。図 1 では通信 IC 34 がこれに該当する。

【0062】

処理部 350 は、例えば、CPU や GPU (Graphics Processing Unit) 等のマイクロプロセッサや、ASIC、FPGA、IC メモリ等の電子部品によって実現される。そして、処理部 350 は、各機能部との間でデータの入出力制御を行い、所定のプログラムやデータ、操作入力部 310 からの操作入力信号、超音波プローブ 16 からの各素子 161 の受信信号等に基づき各種の演算処理を実行して、被検体 2 の生体情報を取得する。図 1 では CPU 32 がこれに該当する。なお、処理部 350 を構成する各部は、専用のモジュール回路等のハードウェアで構成することとしてもよい。

【0063】

この処理部 350 は、超音波測定制御部 351 と、画像生成部 400 とを含む。

【0064】

超音波測定制御部 351 は、超音波プローブ 16 とともに超音波測定部 20 を構成し、この超音波測定部 20 によって超音波測定が行われる。超音波測定制御部 351 は、超音波プローブ 16 による超音波パルスの送信タイミングを制御し、送信タイミングでパルス電圧を発生させて超音波プローブ 16 へ出力する。その際、送信遅延処理を行って各素子 161 へのパルス電圧の出力タイミングの調整を行う。また、超音波プローブ 16 から入力された各素子 161 の受信信号のフィルタ処理等を行い、処理後の各素子 161 の受信信号（測定結果）を画像生成部 400 へ出力する。

【0065】

画像生成部 400 は、超音波測定制御部 351 から入力される各素子 161 の受信信号に基づいて超音波画像を生成する。この画像生成部 400 は、パラメーター設定部 410 と、ハーモニック処理部 420 と、ビームフォーミング処理部 440 との機能部を備える。これらの機能部は、処理部 350 が画像生成プログラム 510 を実行することでソフトウェア的に実現される構成としてもよいし、専用の電子回路を備えて構成するとしてもよい。本実施形態では前者を例に挙げて説明する。

【0066】

パラメーター設定部 410 は、送信周波数ダイヤル 311 のダイヤル位置および測定モード切換ボタン 313 の選択状態をもとに、駆動条件情報 550 と、走査線選択数 560 とを設定する。

【0067】

ハーモニック処理部 420 は、超音波測定制御部 351 から入力される各素子 161 の受信信号からハーモニック成分（高調波成分）を抽出するハーモニックイメージング処理を行う。

【0068】

ビームフォーミング処理部 440 は、マルチビーム MVB 処理を行う機能部である。このビームフォーミング処理部 440 は、上述したマルチビーム MVB 処理の各工程それぞれに対応して、走査線選択範囲内となる範囲内走査線を選出する範囲内走査線選出部 441 と、整相処理を行う整相処理部 442 と、ステアリングベクトルを算出するステアリングベクトル算出部 443 と、位相シフト処理を行う位相シフト処理部 444 と、相関行列を算出する相関行列算出部 445 と、ウェイトを算出するウェイト算出部 446 と、ウェイトを用いて各素子 161 の受信信号を重み付き加算する重み付き加算部 447 との各機能部に分けることができ、走査線毎にビームフォーミング処理を行う。これらの各機能部

も、それぞれを専用の電子回路で構成するとしてもよい。

【0069】

記憶部500は、ICメモリーやハードディスク、光学ディスク等の記憶媒体により実現されるものである。記憶部500には、画像生成装置10を動作させ、画像生成装置10が備える種々の機能を実現するためのプログラムや、当該プログラムの実行中に使用されるデータ等が事前に記憶され、或いは処理の都度一時的に記憶される。図1では、制御基板31に搭載されている記憶媒体33がこれに該当する。なお、処理部350と記憶部500との接続は、装置内の内部バス回路による接続に限らず、LAN (Local Area Network) やインターネット等の通信回線で実現してもよい。その場合、記憶部500は、画像生成装置10とは別の外部記憶装置により実現されるとしてもよい。

10

【0070】

この記憶部500には、画像生成プログラム510と、パラメーター設定テーブル520と、受信信号データ530と、反射波データ540と、駆動条件情報550と、走査線選択数560とが格納される。

【0071】

処理部350は、画像生成プログラム510を読み出して実行することにより、超音波測定制御部351や画像生成部400等の機能を実現する。なお、これらの機能部を電子回路等のハードウェアで実現する場合には、当該機能を実現させるためのプログラムの一部を省略することができる。

【0072】

パラメーター設定テーブル520は、パラメーター設定部410が駆動条件情報550および走査線選択数560を設定する際に参照され、送信周波数、選択走査線範囲、および走査線数の各値が、上記した送信周波数と走査線選択範囲との関係に基づき予め設定される。このパラメーター設定テーブル520は、通常モード用521と、ハーモニックモード用523とが用意される。それぞれのテーブル構造は同じであり、図18に示すテーブル中の上下の数値の大小傾向も同じであり、各測定モードに適した値が予め設定される。

20

【0073】

図18は、パラメーター設定テーブル520のデータ構成例を示す図である。図18に示すように、パラメーター設定テーブル520は、送信周波数ダイヤル311の各ダイヤル位置が指示する指示値（送信周波数ダイヤル指示値）と、選択走査線範囲と、走査線数との対応関係を設定したデータテーブルである。

30

【0074】

選択走査線範囲には、対応する送信周波数が高い上段ほど狭くなるように各値が設定され、走査線数には、対応する選択走査線範囲内となる走査線数が走査角ピッチに基づき設定される。より詳細には、通常モード用521の選択走査線範囲に設定される各値は、前提として、対応する送信周波数および開口幅（本実施形態では固定）を代入することで求まるメインローブ幅以下の値とされる。一方、ハーモニックモード用523の選択走査線範囲に設定される各値は、対応する送信周波数によって定まる高調波成分の周波数（例えば2次高調波成分を抽出する場合であれば送信周波数の倍の値）および固定の開口幅を代入することで求まるメインローブ幅以下の値とされる。

40

【0075】

本実施形態では、パラメーター設定部410は、パラメーター設定テーブル520を参照し、送信周波数ダイヤル311で選択中の送信周波数ダイヤル指示値の送信周波数を送信周波数情報553として設定するとともに、当該送信周波数ダイヤル指示値に対応する走査線数を走査線選択数560として設定する。そして、範囲内走査線選出部441がビームフォーミング処理の際に処理対象の走査線を中心とする走査線選択数560の走査線を範囲内走査線として選出することで、走査線選択範囲の設定を行う。

【0076】

受信信号データ530は、超音波測定の結果得られた各走査線の走査に係る各素子16

50

1の受信信号を格納する。

【0077】

反射波データ540は、フレーム毎に繰り返される超音波測定で得た反射波データを格納する。この反射波データ540は、超音波画像であるフレーム毎のBモード像のデータを含む。

【0078】

駆動条件情報550は、測定モード情報551と、送信周波数情報553と、開口幅情報555とを格納する。測定モード情報551は、測定モード切換ボタン313で選択中の測定モードが通常モードなのかハーモニックモードなのかを示す。送信周波数情報553には、上記のように送信周波数ダイヤル311で選択中の送信周波数ダイヤル指示値がパラメータ設定部410によって設定される。開口幅情報555には、予め超音波プローブ16の開口幅A2（図3を参照）が固定値として設定される。

【0079】

走査線選択数560は、走査線選択範囲内となる範囲内走査線の本数を格納する。この走査線選択数560は、超音波測定に先立ち、パラメータ設定部410によって駆動条件情報550とともに設定される。

【0080】

〔処理の流れ〕

図18は、本実施形態における超音波画像の生成処理の流れを示すフローチャートである。ここで説明する処理は、処理部350が記憶部500から画像生成プログラム510を読み出して実行し、画像生成装置10の各部を動作させることで実現できる。測定に先立ち、ユーザーによって超音波プローブ16が被検体2の体表面に当てられる。

【0081】

まず、操作入力部310によるユーザーの操作入力を受け付ける。ここでは、送信周波数ダイヤル311および測定モード切換ボタン313の操作を受け付けるとともに（ステップS1）、所定の測定開始操作が入力されるまで待機状態となる（ステップS3：NO）。

【0082】

そして、測定開始操作が入力されたならば（ステップS3：YES）、パラメータ設定部410がまず、測定モード切換ボタン313の選択状態を取得し、測定モード情報551を設定する（ステップS5）。続いて、パラメータ設定部410は、送信周波数ダイヤル311のダイヤル位置に基づいて、その送信周波数ダイヤル指示値を送信周波数情報553に設定する（ステップS7）。また、パラメータ設定部410は、送信周波数ダイヤル311の送信周波数ダイヤル指示値に対応する走査線数をパラメータ設定テーブル520から読み出し、走査線選択数560を設定する（ステップS9）。これら送信周波数情報553および走査線選択数560の設定は、測定モードが通常モードの場合はパラメータ設定テーブル520として通常モード用521を参照し、ハーモニックモードの場合はハーモニックモード用523を参照して行う。

【0083】

駆動条件情報550および走査線選択数560を設定したならば、超音波測定部20が、駆動条件情報550に従って超音波測定を行う（ステップS11）。ここでの処理により、受信信号データ530に1フレーム分のデータが格納される。

【0084】

続いて、測定モードを判定し、ハーモニックモードの場合に（ステップS13：YES）、ハーモニック処理部420が、ステップS11の超音波測定で得られた受信信号のハーモニックイメージング処理を行う（ステップS15）。

【0085】

続いて、ビームフォーミング処理部440が、走査線毎にループAの処理を繰り返し、マルチビームMVB処理を行う（ステップS17～ステップS33）。まず、ビームフォーミング処理部440は、処理対象の走査線を中心とした走査線選択数560の走査線を

10

20

30

40

50

範囲内走査線として選出する（ステップS19）。

【0086】

範囲内走査線を選出したならば、整相処理部442が、各範囲内走査線の走査に係る各素子161の受信信号にディレイ時間の遅延をかける整相処理を行う（ステップS21）。このとき、ハーモニックモードの場合には、ステップS15でのハーモニックイメージング処理後の各素子の受信信号を対象に整相処理を行う。

【0087】

次いで、ステアリングベクトル算出部443が、式（2）に従い、範囲内走査線毎に式（1）で規定されるステアリングベクトルを算出する（ステップS23）。次いで、位相シフト処理部444が、ステアリングベクトルを用い、式（3）、（4）に従って整相処理後の範囲内走査線毎の各素子161の受信信号の位相シフト処理を行う（ステップS25）。次いで、相関行列算出部445が、式（5）に従い、位相シフト処理後の範囲内走査線毎の各素子161の受信信号から相関行列を算出する（ステップS27）。次いで、ウェイト算出部446が、式（6）、（7）に従い、ステアリングベクトルと相関行列とを用いてウェイトを算出する（ステップS29）。その後、重み付き加算部447が、ステップS29で求めたウェイトを用い、位相シフト処理後の処理対象の走査線の各素子161の受信信号を重み付き加算する（ステップS31）。

【0088】

すべての走査線を処理対象としてループAの処理を行ったならば、得られた各走査に係る画像に必要な処理を行って超音波画像を生成し（ステップS35）、1フレーム分の処理を終える。生成された超音波画像は、適宜表示部320に表示制御される。

【0089】

以上説明したように、本実施形態によれば、走査線毎に選択走査線範囲内の範囲内走査線を選出して用い、マルチビームMVB処理を行うことができる。その際、送信周波数が高いほど選択走査線範囲を狭く設定することができ、超音波画像の高い分解能を実現できる。この選択走査線範囲の設定は、例えば、超音波測定に先立ち、送信周波数が高いほど少ない本数の走査線数を走査線選択数560として設定する。そして、走査線毎にビームフォーミング処理を行う際に、処理対象の走査線を中心とした走査線選択数560の走査線を範囲内走査線として選出することで行うことができる。

【0090】

また、ハーモニックモードにおいては、抽出する高周波成分の周波数を基準とし、当該周波数が高いほど選択走査線範囲を狭く（範囲内走査線の数少なく）することができる。したがって、分解能をより一層高め、高精細な超音波画像を得ることができる。

【0091】

なお、上記した実施形態では、超音波プローブ16のスキャン方式としてセクタースキャン方式を例示したが、例えばリニアスキャン方式等の他のスキャン方式を採用する場合にも同様に適用が可能である。ここで、リニアスキャン方式では、超音波素子161の配列方向に沿って超音波ビームの入射位置をずらしながら、互いに平行な複数の走査ラインに沿って超音波ビームを送受信する。そのため、必要に応じて開口幅（駆動開口）の設定を変更することも可能である。したがって、リニアスキャン方式を採用する場合には、開口幅に応じて走査線選択範囲の設定（範囲内走査線の選出）を行うようにしてもよい。その場合は、開口幅が広いほど選択走査線範囲を狭く設定する（少ない本数の範囲内走査線を選出する）ようにするとよく、高い分解能を得ることができる。

【0092】

また、上記した実施形態のようにセクタースキャン方式を採用する場合であっても、超音波プローブ16を開口幅の異なる別のものに変えて超音波測定を行う場合も考えられる。このような場合を想定し、リニアスキャン方式を採用する場合と同様に開口幅が広いほど選択走査線範囲を狭く設定する（少ない本数の範囲内走査線を選出する）ようにしてもよい。これは、例えば、パラメータ設定テーブルを開口幅毎に用意することで実現できる。具体的には、同じ送信周波数ダイヤル指示値に対応する値を比べたときに、広い開口

10

20

30

40

50

幅用のパラメーター設定テーブルほど選択走査線範囲が狭く、走査線数が少なくなるように各値を設定する。これによれば、分解能をより一層高めることができる。

【0093】

また、上記実施形態では、走査角ピッチを一定として説明したが、走査角の中心付近では走査角ピッチを細かくし、走査角の端部付近では粗くする等の制御を行う場合もある。その場合は、実際の走査角ピッチに応じて式(10)の要素を設定すればよい。これによれば、ビームフォーミング処理に際し、処理対象の走査線と隣接する走査線との走査角ピッチに応じて選択走査線範囲を設定することができる。

【0094】

また、超音波画像の生成手順は、図19を参照して説明したように先に1フレーム分の超音波測定を行い、その上で各走査に係る画像を順次生成する手順に限らず、ステップS11の超音波測定と並行してループAのマルチビームMVB処理を行うのでもよい。その場合は、少なくともステップS9で設定される走査線選択数560分の走査を終了した後、ループAの処理を開始すればよい。これによれば、走査線選択数560として設定され得る走査線数分の受信データの記憶領域を確保できればよく、1フレーム分の全ての受信データを記憶しておく必要がなくなるため、少ないメモリーでマルチビームMVB処理を行うことができる。

【0095】

また、本発明の画像生成装置は、上記した実施形態のように被検体2の超音波測定を行う超音波診断装置に限らず、ソナーや、非破壊検査用の超音波探傷機等にも適用できる。

【符号の説明】

【0096】

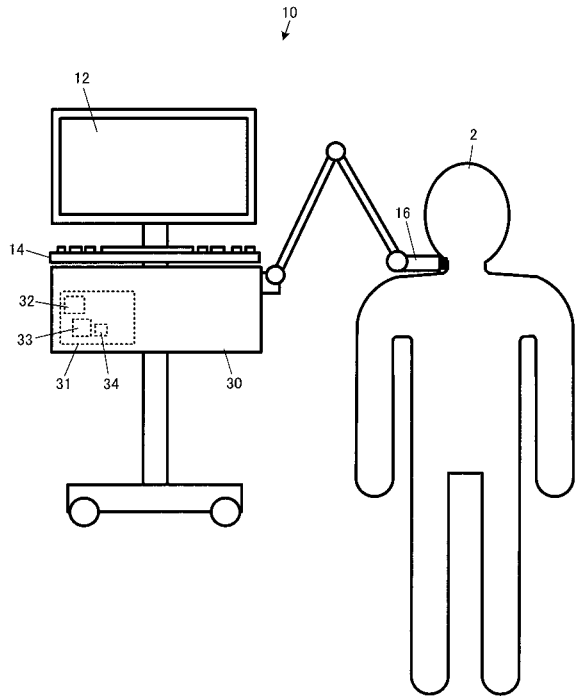
10…画像生成装置、16…超音波プローブ、161…超音波素子、20…超音波測定部、30…処理装置、310…操作入力部、311…送信周波数ダイヤル、313…測定モード切換ボタン、320…表示部、340…通信部、350…処理部、351…超音波測定制御部、400…画像生成部、410…パラメーター設定部、420…ハーモニック処理部、440…ビームフォーミング処理部、441…範囲内走査線選出部、442…整相処理部、443…ステアリングベクトル算出部、444…位相シフト処理部、445…相関行列算出部、446…ウェイト算出部、447…重み付き加算部、500…記憶部、510…画像生成プログラム、520…パラメーター設定テーブル、521…通常モード用、523…ハーモニックモード用、530…受信信号データ、540…反射波データ、550…駆動条件情報、551…測定モード情報、553…送信周波数情報、555…開口幅情報、560…走査線選択数

10

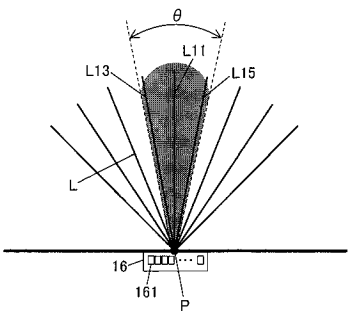
20

30

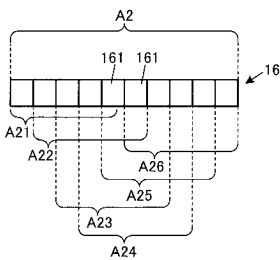
【図 1】



【図 2】



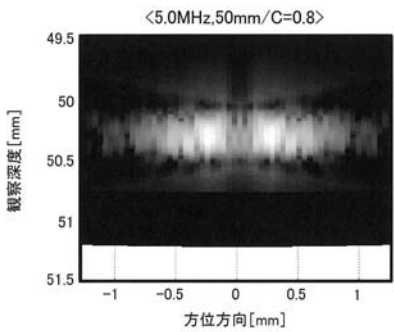
【図 3】



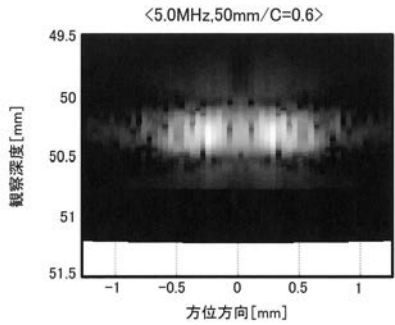
【図 4】

シミュレーション条件		(1)	(2)
駆動条件	送信周波数	5.0MHz	2.5MHz
	開口幅	19.2mm	19.2mm
	走査角ピッチ	0.05°	0.05°
観察深度		50mm	100mm
観察対象(散乱体)		0.5mm間隔	3mm間隔

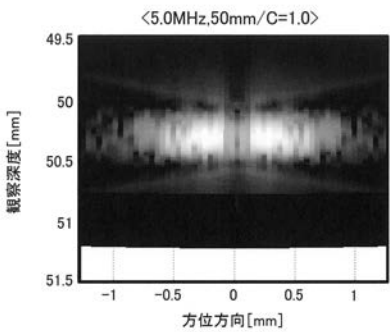
【図 6】



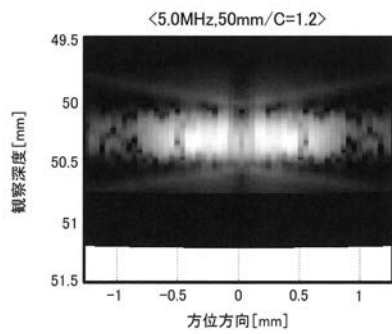
【図 5】



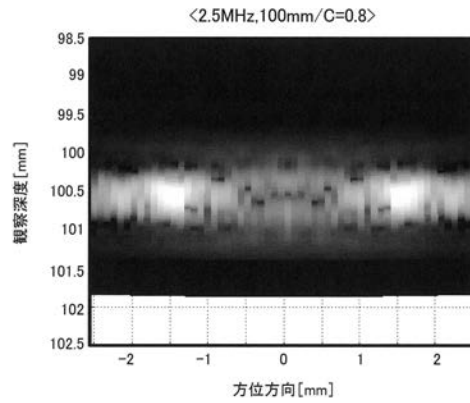
【図 7】



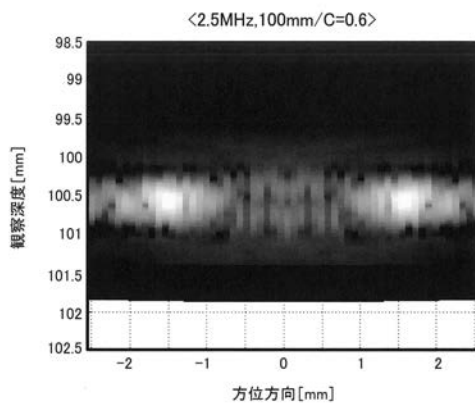
【図 8】



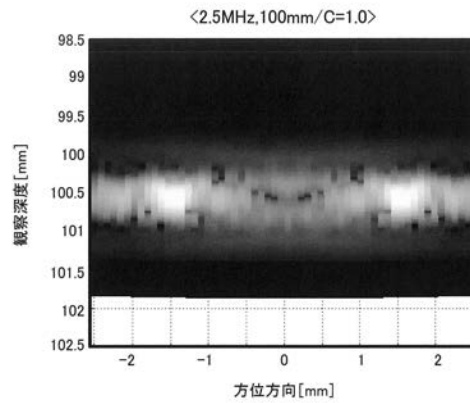
【図 10】



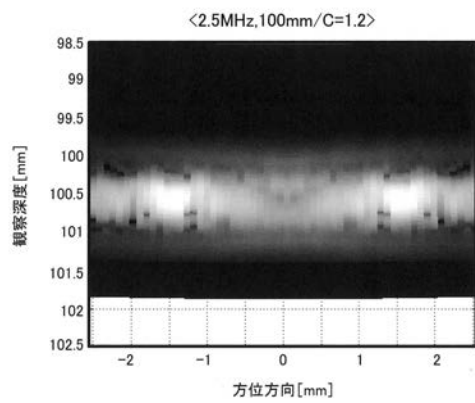
【図 9】



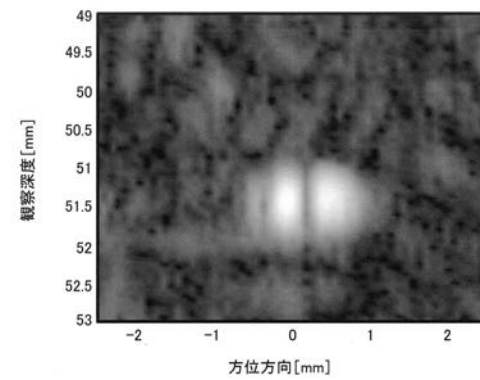
【図 11】



【図 12】



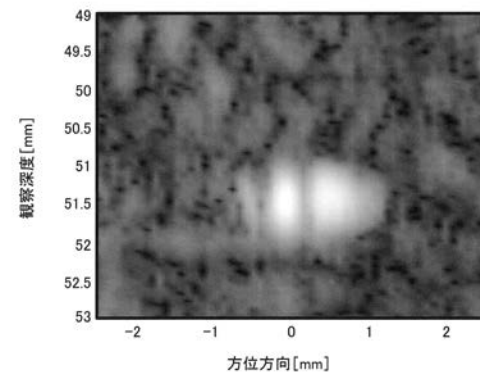
【図 14】



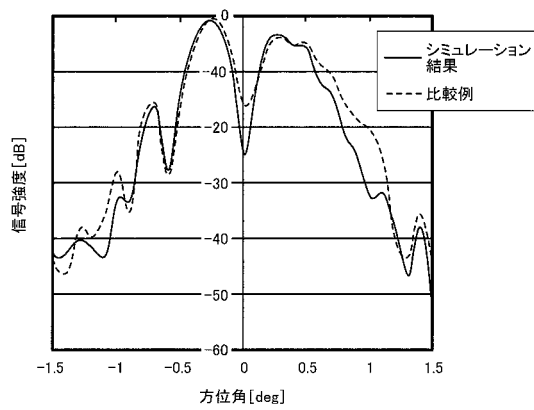
【図 13】

駆動条件	送信周波数	2.6MHz
	開口幅	38.4mm
	走査角ピッチ	0.1°

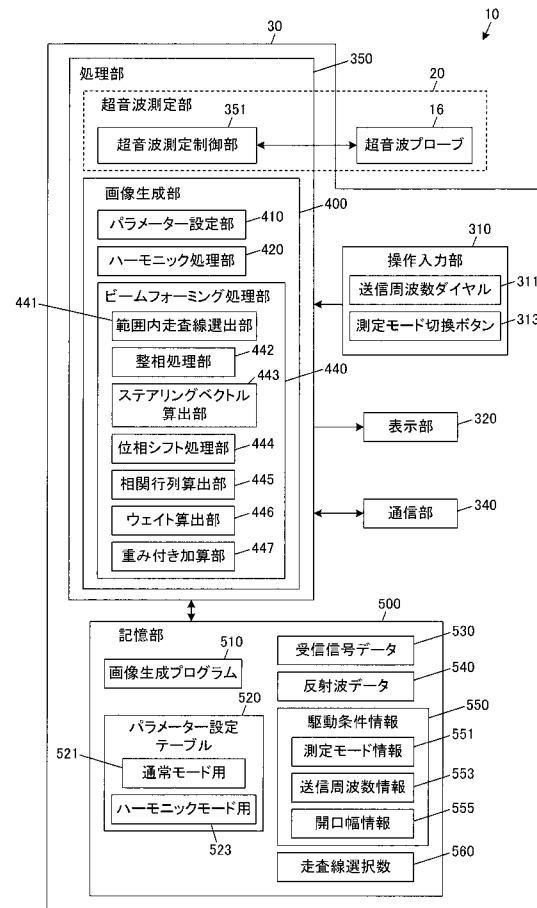
【図 15】



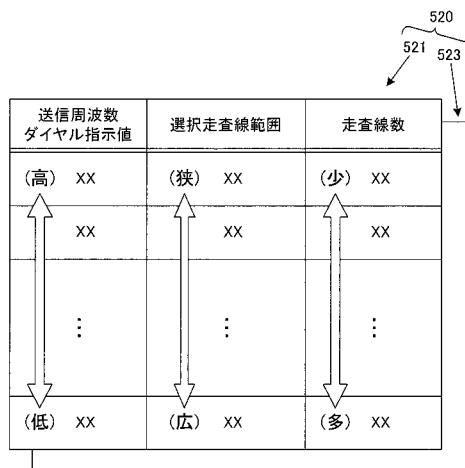
【図 16】



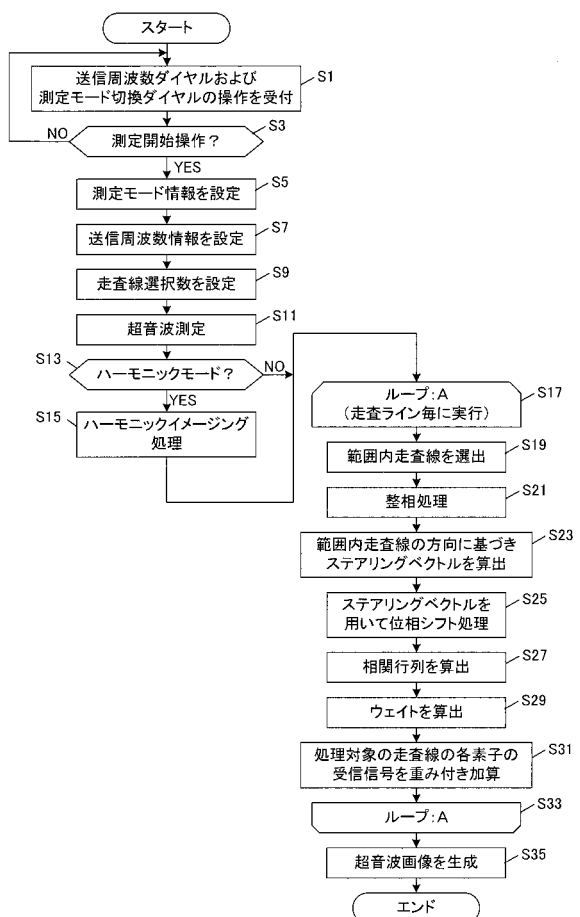
【図 17】



【図 18】



【図 19】



专利名称(译)	图像生成装置和图像生成方法		
公开(公告)号	JP2017164408A	公开(公告)日	2017-09-21
申请号	JP2016054944	申请日	2016-03-18
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	増田博之		
发明人	増田 博之		
IPC分类号	A61B8/14		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB23 4C601/EE01 4C601/HH21 4C601/JB34 4C601/JB41 4C601/JB47 4C601/JB48 4C601/JB51 4C601/JB60		
代理人(译)	渡边和明 西田圭介 仲井 智至		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

高分辨率梁成形加工新方法解决的问题。根据各个扫描甲从接收到的信号发送和接收超声波的图像生成装置具有产生超声波图像的运算处理单元，对每个扫描，包括扫描的方向的接收信号根据选择范围内的接收信号设置选择范围;并且基于权重执行波束形成处理，以生成与算术处理单元的扫描相关的图像。

