

(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2017-209316

(P2017-209316A)

(43) 公開日 平成29年11月30日(2017.11.30)

(51) Int.Cl.
A61B 8/14 (2006.01)

F I
A61B 8/14

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2016-104835 (P2016-104835)
 (22) 出願日 平成28年5月26日 (2016. 5. 26)
 (11) 特許番号 特許第6182241号 (P6182241)
 (45) 特許公報発行日 平成29年8月16日 (2017. 8. 16)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 隈▲崎▼ 健二
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
 式会社日立製作所内
 (72) 発明者 栗原 浩
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
 式会社日立製作所内
 Fターム(参考) 4C601 EE07 HH28 HH29 JB05 JB08
 JB09

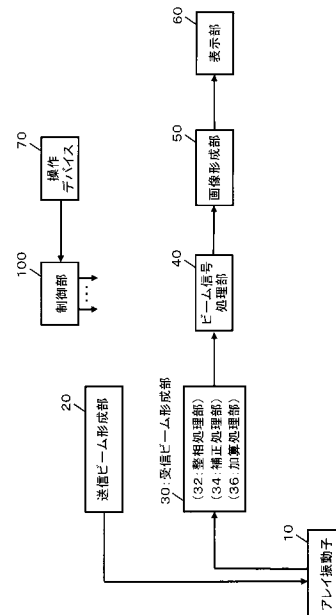
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】超音波ビームのビーム信号を得る改良技術を提供する。

【解決手段】整相処理部32は、基本ビームラインに対応した整相処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに整相信号を得る。補正処理部34は、平面波モデルに基づく補正処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに、基本ビームラインに対応した整相信号から補正ビームラインに対応した補正信号を得る。加算処理部36は、複数の振動素子に対応した補正信号に基づいて補正ビームラインのビーム信号を得る。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波を送受する複数の振動素子と、
 基本ビームラインに対応した整相処理により、前記複数の振動素子の各振動素子ごとに整相信号を得る整相処理部と、
 平面波モデルに基づく補正処理により、前記複数の振動素子の各振動素子ごとに、前記基本ビームラインに対応した整相信号から補正ビームラインに対応した補正信号を得る補正処理部と、
 を有し、
 前記複数の振動素子に対応した補正信号に基づいて前記補正ビームラインのビーム信号を得る、
 ことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波診断装置において、
 前記補正処理部は、前記基本ビームラインに対応した平面波と前記補正ビームラインに対応した平面波の 2 つの平面波を用いた前記平面波モデルに基づく補正処理により、前記各振動素子ごとに前記整相信号から前記補正信号を得る、
 ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の超音波診断装置において、
 前記補正処理部は、前記各振動素子ごとに、当該各振動素子に対応した位置における前記 2 つの平面波間の距離に応じた補正量で前記整相信号を補正することにより前記補正信号を得る、
 ことを特徴とする超音波診断装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置において、
 前記整相処理部は、前記基本ビームラインの深さに応じた遅延パターンに基づく前記整相処理により、前記各振動素子ごとに複数の深さに対応した前記整相信号を導出し、
 前記補正処理部は、前記各振動素子ごとに、前記平面波モデルに基づく深さに依存しない補正量で複数の深さに対応した前記整相信号を補正することにより、複数の深さに対応した前記補正信号を得る、
 ことを特徴とする超音波診断装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置に関し、特に、超音波ビームのビーム信号を得る技術に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、超音波を送受することにより得られた受信データに基づいて超音波画像を形成して表示する装置である。例えば、超音波ビームを走査することにより診断対象を含む断面内から得られる受信データに基づいて超音波画像が形成される。超音波画像としては、例えば B モード画像などが良く知られている。

40

【0003】

超音波ビームを利用した送受信処理には様々な態様がある。例えば 1 本の送信ビームから 1 本の受信ビームを得る基本的な送受信処理の他に、1 本の送信ビームから複数本の受信ビームを得る多方向同時受信と呼ばれる送受信処理も知られている。例えば、特許文献 1 には、超音波の複数の受信ビームを実質的に同時に得る発明が記載されている。特許文献 1 の発明によれば、中心となるビーム方向（送信ビーム方向）から変位角（ θ / 2）だけずれた複数の受信ビームを実質的に同時に形成することができる。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第2933631号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、超音波ビームのビーム信号を得るにあたっては、演算に要するデータ量や演算量が膨大になってしまう場合がある。例えば、特許文献1の発明では、深さ（距離R）に応じた位相回転量 θ を利用している（特許文献1，第4頁，右欄の（1）（1a）（1b）式参照）。したがって、特許文献1の発明において、各受信ビームごとに複数の深さに対応したビーム信号を得るためには、例えば、各受信ビームごとに、複数の深さに対応した複数の位相回転量 θ のデータを予め用意しておくか、または、複数の深さに対応した複数の位相回転量 θ を各深さごとに演算する必要があり、データ量と演算量の少なくとも一方が膨大になってしまう。

10

【0006】

こうした事情から、超音波ビームのビーム信号を得るにあたっての改良技術の登場が望まれていた。

【0007】

本発明の目的は、超音波ビームのビーム信号を得る改良技術を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的にかなう好適な超音波診断装置は、超音波を送受する複数の振動素子と、基本ビームラインに対応した整相処理により、前記複数の振動素子の各振動素子ごとに整相信号を得る整相処理部と、平面波モデルに基づく補正処理により、前記複数の振動素子の各振動素子ごとに、前記基本ビームラインに対応した整相信号から補正ビームラインに対応した補正信号を得る補正処理部とを有し、前記複数の振動素子に対応した補正信号に基づいて前記補正ビームラインのビーム信号を得ることを特徴とする。

【0009】

上記構成において、基本ビームラインは、超音波の受信ビームを形成するにあたって基準となるライン（主ライン又は親ライン）であり、例えば二次元平面内または三次元空間内で送信ビームに追従するように走査される。基本ビームラインは、送信ビームと同じ方向であることが望ましいものの、例えば送信ビームと必ずしも一致する必要はない。整相処理部は、基本ビームラインに対応した整相処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに整相信号を得る。整相処理部は、例えば超音波のビームフォーミングにおける整相加算処理のうちの整相処理を実行する。なお、複数の振動素子に対応した整相信号に基づいて、例えば複数の振動素子に対応した整相信号を加算して、基本ビームラインに対応したビーム信号が形成されてもよい。

30

【0010】

また、上記構成において、補正ビームラインは、基本ビームラインに基づいて得られるライン（従ライン又は子ライン）であり、例えば二次元平面内または三次元空間内で走査される基本ビームラインの近傍に形成される。例えば基本ビームラインの各走査位置（各走査方向）ごとに1つ以上の補正ビームラインが形成される。基本ビームラインの各走査位置（各走査方向）ごとに複数の補正ビームラインを形成することにより、例えば多方向同時受信（一般的な平行受信や合成開口や空間コンパウンド等を含む）を実現することができる。

40

【0011】

また、上記構成において、補正処理部は、平面波モデルに基づく補正処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに、基本ビームラインに対応した整相信号から補正ビームラインに対応した補正信号を得る。平面波モデル（平面波近似）としては、例えば、基本ビ

50

ームラインに対応した平面波と補正ビームラインに対応した平面波の2つの平面波を用いたモデルが好適である。つまり、基本ビームラインと補正ビームラインの各ビームラインごとに、超音波の収束点（フォーカス点）が無限大の深さ（無限深度）にあると仮定した平面波を用いたモデルが好適である。なお、平坦（フラット）な平面波が好適であるものの、例えば複数の振動素子で構成される振動子面の形状に応じた湾曲（微小であることが望ましい）を備えた平面波が利用されてもよい。

【0012】

上記構成によれば、平面波モデルを利用することにより、超音波の収束点が無限大の深さにあると仮定した比較的簡易な補正処理が実現できる。例えば、深さに依存しない補正処理が実現される。これにより、例えば複数の深さに亘って各深さごとに異なる補正処理を実行する場合に比べて補正処理の負荷が軽減される。例えば、補正処理に要するデータ量と演算量の少なくとも一方が軽減される。これに対し、基本ビームラインに対応した整相処理においては、例えば複数の深さに亘って各深さに応じた整相処理を行うことが望ましい。つまり、基本ビームラインを対象とした高精度な整相処理と、補正ビームラインを対象とした低負荷の補正処理とを組み合わせることが望ましい。これにより、比較的低負荷の処理でありながら比較的高い精度をもって補正ビームラインのビーム信号を得ることが可能になる。

10

【0013】

望ましい具体例において、前記補正処理部は、前記基本ビームラインに対応した平面波と前記補正ビームラインに対応した平面波の2つの平面波を用いた前記平面波モデルに基づく補正処理により、前記各振動素子ごとに前記整相信号から前記補正信号を得る、ことを特徴とする。

20

【0014】

望ましい具体例において、前記補正処理部は、前記各振動素子ごとに、当該各振動素子に対応した位置における前記2つの平面波間の距離に応じた補正量で前記整相信号を補正することにより前記補正信号を得る、ことを特徴とする。

【0015】

望ましい具体例において、前記整相処理部は、前記基本ビームラインの深さに応じた遅延パターンに基づく前記整相処理により、前記各振動素子ごとに複数の深さに対応した前記整相信号を導出し、前記補正処理部は、前記各振動素子ごとに、前記平面波モデルに基づく深さに依存しない補正量で複数の深さに対応した前記整相信号を補正することにより複数の深さに対応した前記補正信号を得る、ことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0016】

本発明により、超音波ビームのビーム信号を得る改良技術が提供される。例えば、本発明の好適な態様によれば、基本ビームラインを対象とした高精度な整相処理と補正ビームラインを対象とした低負荷の補正処理との組み合わせにより、比較的低負荷の処理でありながら比較的高い精度をもって補正ビームラインのビーム信号を得ることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施において好適な超音波診断装置の具体例を示す図である。

【図2】多方向同時受信の具体例を示す図である。

【図3】平面波モデルの具体例を示す図である。

【図4】受信ビーム形成部の好適な構成例1を示す図である。

【図5】受信ビーム形成部の好適な構成例2を示す図である。

【図6】4方向平行受信で形成されるBモード画像の具体例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図1は、本発明の実施において好適な超音波診断装置の具体例を示す図である。アレイ振動子10は、超音波を送受する複数の振動素子で構成される。図1に示す具体例におい

40

50

て、アレイ振動子 10 としては、例えばセクタ走査型が好適である。但し、セクタ走査型とは異なる走査態様のアレイ振動子 10 が利用されてもよいし、超音波ビームを立体的に走査することができるアレイ振動子 10 が利用されてもよい。

【0019】

送信ビーム形成部 20 は、送信ビームフォーマとしての機能を備えており、アレイ振動子 10 が備える複数の振動素子を送信制御することにより、送信ビームを形成して走査する。また、受信ビーム形成部 30 は、受信ビームフォーマとしての機能を備えており、複数の振動素子から得られる信号を処理することにより受信ビームを形成する。図 1 の超音波診断装置は、多方向同時受信を実行する機能を備えている。

【0020】

図 2 は、多方向同時受信の具体例を示す図である。図 2 を利用して、多方向同時受信の好適な具体例である 4 方向平行受信について説明する。

【0021】

図 2 には、セクタ走査により得られる扇型の走査面が図示されている。送信ビーム TB は、二次元平面内において扇状に走査される。例えば走査面の扇の要の位置を走査原点として、段階的に角度（方位）を変えながら各角度（各方位）ごとに送信ビーム TB が形成される。

【0022】

4 方向平行受信では、各方位ごとに 1 本の送信ビーム TB が形成される度に 4 本の受信ビーム RB が形成される。例えば、図 2 に示す具体例のように、送信ビーム TB の右側に 2 本と左側に 2 本の合計 4 本の受信ビーム RB が形成される。そして、段階的に角度（方位）を変えながら各角度（各方位）ごとに 1 本の送信ビーム TB と 4 本の受信ビーム RB が形成されることにより、走査面を構成する多数の受信ビーム RB が形成される。

【0023】

なお、図 1 の超音波診断装置は、各方位ごとに 1 本の送信ビーム TB が形成される度に 2 本の受信ビーム RB を形成する 2 方向平行受信や、各方位ごとに 1 本の送信ビーム TB が形成される度に 4 本より多い受信ビーム RB を形成する多方向平行受信を実行してもよい。

【0024】

図 1 に戻り、受信ビーム形成部 30 は、整相処理部 32 と補正処理部 34 と加算処理部 36 を備えており、多方向同時受信により得られるビーム信号を出力する。ビーム信号処理部 40 は、ビーム信号に対して各種の処理を施し、画像形成部 50 は、超音波画像を形成する。

【0025】

例えば、画像形成部 50 において B モード画像を形成する場合には、ビーム信号処理部 40 において、ビーム信号に対して検波処理や対数圧縮処理などが施される。また、画像形成部 50 においてドプラ画像を形成する場合には、ビーム信号処理部 40 において、ビーム信号に対して直交検波処理や自己相関処理などのドプラ処理が施される。画像形成部 50 において形成された超音波画像（B モード画像やドプラ画像など）は表示部 60 に表示される。

【0026】

制御部 100 は、図 1 の超音波診断装置内を全体的に制御する。制御部 100 による全体的な制御には、操作デバイス 70 を介して医師や検査技師などのユーザから受け付けた指示も反映される。

【0027】

図 1 に示す構成（符号を付した各部）のうち、送信ビーム形成部 20，受信ビーム形成部 30，ビーム信号処理部 40，画像形成部 50 の各部は、例えば電気電子回路やプロセッサ等のハードウェアを利用して実現することができ、その実現において必要に応じてメモリ等のデバイスが利用されてもよい。また、上記各部に対応した機能の少なくとも一部がコンピュータにより実現されてもよい。つまり、上記各部に対応した機能の少なくとも

10

20

30

40

50

一部が、CPUやプロセッサやメモリ等のハードウェアと、CPUやプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現されてもよい。

【0028】

表示部60の好適な具体例は液晶モニタ等である。操作デバイス70は、例えば、マウス、キーボード、トラックボール、タッチパネル、その他のスイッチ類等のうちの少なくとも一つにより実現できる。そして、制御部100は、例えば、CPUやプロセッサやメモリ等のハードウェアと、CPUやプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現することができる。

【0029】

図1の超音波診断装置の全体構成は以上のとおりである。次に、図1の超音波診断装置により実現される受信ビームの形成に係る機能等について詳述する。なお、図1に示した構成（部分）については、以下の説明において図1の符号を利用する。受信ビームの形成において、図1の超音波診断装置は平面波モデルを利用する。

10

【0030】

図3は、平面波モデルの具体例を示す図である。図3において、アレイ振動子10は、直線状に一行に配列されたM個（Mは2以上の整数）の振動素子で構成されている。アレイ振動子10は、例えば数十個から数百個の多数の振動素子により構成されることが望ましい。なお、図3においては、振動素子の個数（開口素子数）が4個（ $M = 4$ ）に簡略化されている。

【0031】

基本ビームラインは、超音波の受信ビームを形成するにあたって基準となるラインである。図3の具体例において、基本ビームラインは、アレイ振動子10の中心位置を原点とし、アレイ振動子10に対して角度 $S \times A$ だけ傾いている。また、補正ビームラインは、基本ビームラインの近傍のラインである。図3の具体例において、補正ビームラインは、アレイ振動子10の中心位置を原点とし、アレイ振動子10に対して角度 $R \times A$ だけ傾いている。なお、基本ビームラインと補正ビームラインの角度差は $dA (R \times A - S \times A)$ である。

20

【0032】

さらに、図3には、基本ビームラインに対応した平面波と補正ビームラインに対応した平面波が図示されている。つまり、アレイ振動子10の中心位置（原点）において、基本ビームラインに直交する平面波と補正ビームラインに直交する平面波が、それぞれ破線の直線で図示されている。

30

【0033】

超音波の受信ビームの形成においては、まず、基準ビームラインに対応した整相処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに整相信号が生成される。例えば、基本ビームライン上における複数の深さ r に応じた遅延パターンに基づく整相処理により、各振動素子ごとに複数の深さ r に対応した整相信号（ m, r ）が生成される。なお、各振動素子の素子番号 m は、 $m = n - (M - 1) / 2$ となる。ここで、 n は各振動素子に対応付けられた整数であり、 $n = 0 \sim (M - 1)$ である。

【0034】

次に、平面波モデルに基づく補正処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに、基本ビームラインに対応した整相信号から補正ビームラインに対応した補正信号が生成される。例えば、各振動素子ごとにその振動素子（素子番号 m ）に対応した位置における2つの平面波間の距離 $dZ(m)$ に応じた補正量で整相信号（ m, r ）が補正される。距離 $dZ(m)$ に応じた補正量の好適な具体例は、数1式により算出される位相補正量（ m ）である。なお、数1式では、複数の振動素子の素子間隔 $pitch$ と、超音波の音速 V と、超音波の中心周波数 f_c が利用されている。

40

【0035】

【数 1】

$$\omega(m) = \frac{-2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot dZ(m)}{V}$$

$$dZ(m) = m \cdot \text{pitch} \cdot (\sin(RxA) - \sin(SxA))$$

【0036】

そして、複数の振動素子に対応した補正信号に基づいて、補正ビームラインのビーム信号が形成される。例えば、複数の振動素子（素子番号 m ）に対応した補正信号（補正された整相信号（ m, r ））を加算することにより、数 2 式または数 3 式により、補正ビームラインのビーム信号 $B(RxA, r)$ が形成される。なお、数 2 式は整相信号（ m, r ）が実数の場合の計算式であり、数 3 式は整相信号（ m, r ）が複素数の場合の計算式である。

【0037】

【数 2】

$$B(RxA, r) = \sum_m \alpha(m, r) \cdot e^{j\omega(m)} = \sum_m \alpha(m, r) \cdot (\cos(\omega(m)) + j \cdot \sin(\omega(m)))$$

【数 3】

$$B(RxA, r) = \sum_m \{ \alpha_I(m, r) \cdot \cos(\omega(m)) - \alpha_Q(m, r) \cdot \sin(\omega(m)) \} \\ + j \cdot \sum_m \{ \alpha_I(m, r) \cdot \sin(\omega(m)) + \alpha_Q(m, r) \cdot \cos(\omega(m)) \}$$

【0038】

図 1 の超音波診断装置は、図 3 を利用して説明した平面波モデルを利用して受信ビームを形成する。例えば、4 方向平行受信を実現する場合には、走査面内において走査される 1 本の送信ビーム TB （図 2）の走査方向に基本ビームラインが対応付けられ、さらに、4 本の受信ビーム RB （図 2）が補正ビームラインに対応付けられる。つまり、基本ビームラインに対して互いに異なる角度差 dA （図 3）をもつ 4 本の補正ビームラインが形成されて 4 本の受信ビーム RB に対応付けられる。そして、図 3 を利用して説明した平面波モデルを利用して得られる 4 本の補正ビームラインに対応した 4 つのビーム信号が 4 本の受信ビーム RB の受信ビーム信号とされる。

【0039】

図 4 は、受信ビーム形成部 30 の好適な構成例 1 を示す図である。図 4 には、受信ビーム形成部 30 が備える整相処理部 32 と補正処理部 34 と加算処理部 36 の好適な具体例 1 が図示されている。

【0040】

整相処理部 32 は、基本ビームラインに対応した整相処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに整相信号を得る。例えば、送信ビームの方向が基本ビームラインとされ、その送信ビームに対応した超音波の送波後に、各振動素子（素子番号 m ）から得られる信号をアナログデジタル変換（A/D 変換）してから遅延処理が行われる。その遅延処理は基本ビームラインの方向に受信ビームを形成する場合と同じ処理である。つまり、基本ビームラインの深さに応じた遅延パターンに基づく整相処理により、各振動素子（素子番号 m ）ごとに複数の深さ r に対応した整相信号（ m, r ）が得られ、信号メモリに記憶される。

【0041】

なお、複数の振動素子の各振動素子ごとの遅延パターンを定めた遅延データ（テーブル

)は、遅延データメモリに予め記憶されている。遅延データメモリには、基本ビームラインの各方向ごとに複数の深さに対応した遅延データ(テーブル)が記憶される。

【0042】

補正処理部34は、平面波モデルに基づく補正処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに、基本ビームラインに対応した整相信号から補正ビームラインに対応した補正信号を得る。補正処理部34は、各振動素子(素子番号m)ごとに、平面波モデルに基づく深さに依存しない補正量、つまり数1式の位相補正量 (m) により、複数の深さrに対応した整相信号 (m, r) を遅延補正する。

【0043】

なお、各振動素子(素子番号m)に対応した位相補正量 (m) は、数1式に基づいて予め算出されて補正量メモリに記憶されていることが望ましい。例えば、数1式の位相補正量 (m) は、各振動素子(素子番号m)ごとに算出されるものの、深さには依存しないため、各振動素子(素子番号m)ごとに複数の深さにおいて同一の位相補正量 (m) を利用することができる。もちろん、補正処理の段階で、補正処理部34が数1式を利用して位相補正量 (m) を算出してもよい。

【0044】

加算処理部36は、複数の振動素子に対応した補正信号に基づいて補正ビームラインのビーム信号を得る。加算処理部36は、複数の振動素子(素子番号m)に対応した補正信号(補正された整相信号 (m, r))を加算することにより、補正ビームラインのビーム信号 $B(R \times A, r)$ を形成する。

【0045】

図4の構成例1は、整相信号 (m, r) が実数の場合の具体例であり、数2式に基づいてビーム信号 $B(R \times A, r)$ が形成される。また、図4の構成例1では、加算処理部36の後段に後処理部38が設けられている。

【0046】

後処理部38は、加算処理部36から得られるビーム信号 $B(R \times A, r)$ に対して公知のヒルベルト変換を実行する。図4には、FIRを利用したヒルベルト変換の具体例が図示されている。FIRによるヒルベルト変換には例えば次式に示す係数が利用される。

【0047】

【数4】

$$COE = COE_{Re} + j \cdot COE_{Im}$$

$$COE_{Re} = \begin{cases} 1 & : \rho = 0; \\ 0 & : \rho \neq 0; \end{cases}$$

$$COE_{Im} = \begin{cases} 0 & : \rho = 0; \\ \frac{(\sin(\rho))^2}{\rho} & : \rho \neq 0; \end{cases}$$

$$\rho = \frac{\pi}{2} \cdot \{-\text{floor}\left(\frac{\text{tap}}{2}\right) \sim (\text{ceil}\left(\frac{\text{tap}}{2}\right) - 1)\}$$

【0048】

ビーム信号処理部40は、後処理部38から得られるヒルベルト変換された補正ビームラインのビーム信号 $B(R \times A, r)$ に対して検波処理を実行し、補正ビームライン上におけるエコー強度(例えば、検波処理後の信号の絶対値)を示すラインデータ(ビームデータ)を得る。

【0049】

図4に示す整相処理部32からビーム信号処理部40までの処理は、走査面内において送信ビームTB(図2)が形成される度に、送信ビームTBの走査方向に基本ビームライ

10

20

30

40

50

ンを対応付けて実行される。また、走査面内において送信ビームTBが形成される度に、基本ビームラインに対して互いに異なる角度差 dA （図3）をもつ4本の補正ビームラインについて、各補正ビームラインごとにビーム信号 $B(R \times A, r)$ が形成される。

【0050】

これにより、走査面を構成する多数の受信ビームRBに対応した多数の補正ビームラインのラインデータが得られる。画像形成部50（図1）は、走査面から得られる多数のラインデータに基づいてBモード画像を形成する。なお、画像形成部50においてドブラ画像を形成する場合には、ビーム信号処理部40において、ビーム信号に対して直交検波処理や自己相関処理などのドブラ処理が施される。なお、後処理部38において、ヒルベルト変換に代えて直交検波処理が実行されてもよい。

10

【0051】

図5は、受信ビーム形成部30の好適な構成例2を示す図である。図5には、受信ビーム形成部30が備える整相処理部32と補正処理部34と加算処理部36の好適な具体例2が図示されている。

【0052】

整相処理部32は、基本ビームラインに対応した整相処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに整相信号を得る。例えば、送信ビームの方向が基本ビームラインとされ、その送信ビームに対応した超音波の送波後に、各振動素子（素子番号 m ）から得られる信号をアナログデジタル変換（A/D変換）してから遅延処理が行われる。その遅延処理は基本ビームラインの方向に受信ビームを形成する場合と同じ処理である。つまり、基本ビームラインの深さに応じた遅延パターンに基づく整相処理により、各振動素子（素子番号 m ）ごとに複数の深さ r に対応した整相信号 (m, r) が得られ、信号メモリに記憶される。

20

【0053】

なお、複数の振動素子の各振動素子ごとの遅延パターンを定めた遅延データ（テーブル）は、遅延データメモリに予め記憶されている。遅延データメモリには、基本ビームラインの各方向ごとに複数の深さに対応した遅延データ（テーブル）が記憶される。

【0054】

図5の構成例2では、整相信号 (m, r) が直交検波処理を施される。つまり、実数として得られた整相信号 (m, r) が直交検波により同相成分Iと直交成分Qで構成される複素形式に変換される。また、直交検波後の同相成分Iと直交成分Qに対して、サンプリングデータの間引き処理を実行してデータ量を削減することが望ましい。なお、各振動素子（素子番号 m ）から得られるアナログデジタル変換後の信号に対して、直交検波を施してから、直交検波後の同相成分Iと直交成分Qのそれぞれに対して遅延処理を実行してもよい。

30

【0055】

補正処理部34は、平面波モデルに基づく補正処理により、複数の振動素子の各振動素子ごとに、基本ビームラインに対応した整相信号から補正ビームラインに対応した補正信号を得る。補正処理部34は、各振動素子（素子番号 m ）ごとに、平面波モデルに基づく深さに依存しない補正量、つまり数1式の位相補正量 (m) により、複数の深さ r に対応した整相信号 (m, r) を遅延補正する。

40

【0056】

なお、各振動素子（素子番号 m ）に対応した位相補正量 (m) は、数1式に基づいて予め算出されて補正量メモリに記憶されていることが望ましい。例えば、数1式の位相補正量 (m) は、各振動素子（素子番号 m ）ごとに算出されるものの、深さには依存しないため、各振動素子（素子番号 m ）ごとに複数の深さにおいて同一の位相補正量 (m) を利用することができる。もちろん、補正処理の段階で、補正処理部34が数1式を利用して位相補正量 (m) を算出してもよい。

【0057】

加算処理部36は、複数の振動素子に対応した補正信号に基づいて補正ビームラインの

50

ビーム信号を得る。加算処理部 36 は、複数の振動素子（素子番号 m ）に対応した補正信号（補正された整相信号（ m, r ））を加算することにより、補正ビームラインのビーム信号 $B(R \times A, r)$ を形成する。

【0058】

図 5 の構成例 2 では、整相信号（ m, r ）が直交検波処理により同相成分 I と直交成分 Q に分離されている。つまり整相信号（ m, r ）が複素数となっている。そのため、補正処理部 34 において、整相信号（ m, r ）の同相成分 I と直交成分 Q のそれぞれに対して遅延補正が実行され、加算処理部 36 において、数 3 式に基づいて同相成分 I と直交成分 Q のそれぞれについての加算が実行され、実部と虚部からなるビーム信号 $B(R \times A, r)$ が形成される。また、図 5 の構成例 2 では、直交検波処理が行われているため、

10

【0059】

ビーム信号処理部 40 は、加算処理部 36 から得られる補正ビームラインのビーム信号 $B(R \times A, r)$ に対してフィルタ処理（BPF 処理）を実行し、補正ビームライン上におけるエコー強度を示すラインデータ（ビームデータ）を得る。

【0060】

図 5 に示す整相処理部 32 からビーム信号処理部 40 までの処理は、走査面内において送信ビーム TB （図 2）が形成される度に、送信ビーム TB の走査方向に基本ビームラインを対応付けて実行される。また、走査面内において送信ビーム TB が形成される度に、基本ビームラインに対して互いに異なる角度差 dA （図 3）をもつ 4 本の補正ビームラインについて、各補正ビームラインごとにビーム信号 $B(R \times A, r)$ が形成される。

20

【0061】

これにより、走査面を構成する多数の受信ビーム RB に対応した多数の補正ビームラインのラインデータが得られる。画像形成部 50（図 1）は、走査面から得られる多数のラインデータに基づいて B モード画像を形成する。なお、画像形成部 50 においてドブラ画像を形成する場合には、既に直交検波されて実部と虚部に分離されているビーム信号 $B(R \times A, r)$ に対して、ビーム信号処理部 40 において自己相関処理などのドブラ処理が施される。

【0062】

図 6 は、4 方向平行受信により形成される B モード画像の具体例を示す図である。図 6（A）は、平面波モデルを利用した 4 方向平行受信により形成される B モード画像、つまり図 1 の超音波診断装置により得られる B モード画像の画像例である。図 6（B）は、4 方向の各方向ごとにその方向に応じた受信ビームの形成処理、つまり深さに応じた遅延パターンに基づく整相加算処理を実行して形成される B モード画像（比較例 1）である。また、図 6（C）は、4 方向の全てに対して同一の遅延パターンに基づく整相加算処理を実行して形成される B モード画像（比較例 2）である。

30

【0063】

図 6（B）では、4 方向の各方向ごとにその方向に応じた受信ビームの形成処理が行われているため、図 6 に示す具体例の中で、最も理想状態に近い画像が実現されている。しかし、各方向ごとに深さに応じた遅延パターンを用いるため、図 6 に示す具体例の中でビーム形成処理の演算負荷が最も大きい。また、図 6（C）では、4 方向の全てに対して同一の遅延パターンに基づく整相加算処理を実行しているため、図 6 に示す具体例の中でビーム形成処理の演算負荷が最も小さい。しかし、4 方向の全てにおいて実質的に同じビーム信号が得られてしまい、図 6 に示す具体例の中で画像状態（画質等）が最も悪い。

40

【0064】

これに対し、図 6（A）では、平面波モデルを利用しているため、4 方向の各方向ごとにその方向に応じた受信ビームの形成処理を行う場合に比べて、つまり図 6（B）の比較例 1 の画像を得る場合に比べて、ビーム形成処理の演算負荷が小さい。そのうえ、図 6（B）の比較例 1 の画像と同程度の画像状態が実現できている。

【0065】

50

このように、平面波モデルを利用した図1の超音波診断装置によれば、多方向同時受信におけるビーム形成処理の演算負荷を抑えつつ理想状態に近い超音波画像を実現することが可能になる。

【0066】

以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、上述した実施形態は、あらゆる点で単なる例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。本発明は、その本質を逸脱しない範囲で各種の変形形態を包含する。

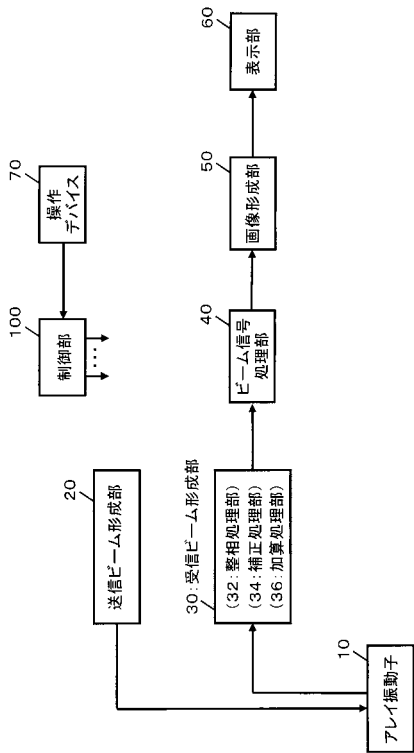
【符号の説明】

【0067】

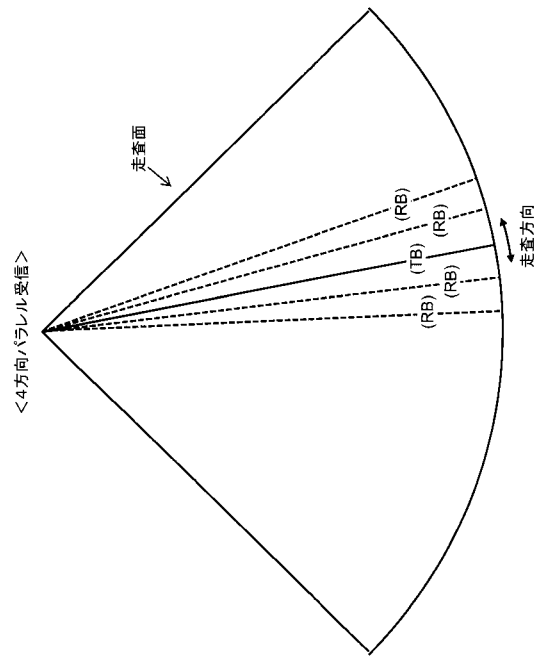
10 アレイ振動子、20 送信ビーム形成部、30 受信ビーム形成部、32 整相処理部、34 補正処理部、36 加算処理部、40 ビーム信号処理部、50 画像形成部、60 表示部、70 操作デバイス、100 制御部。

10

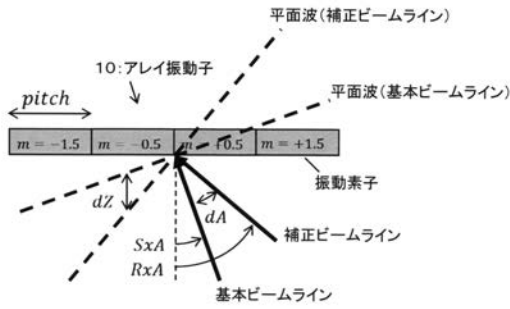
【図1】



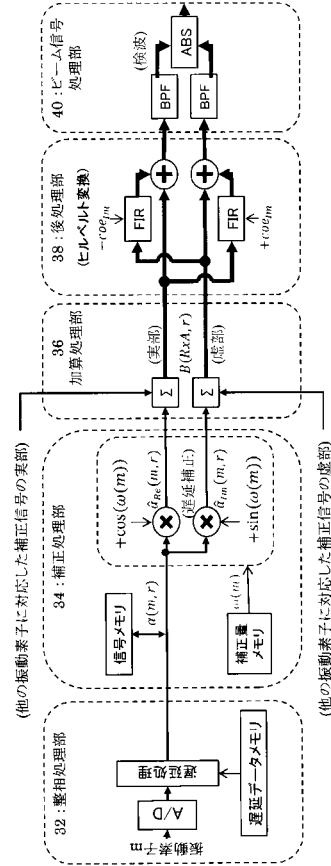
【図2】



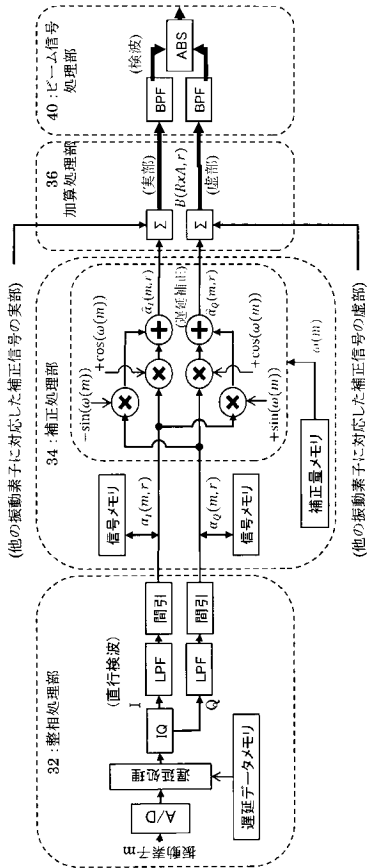
【 図 3 】



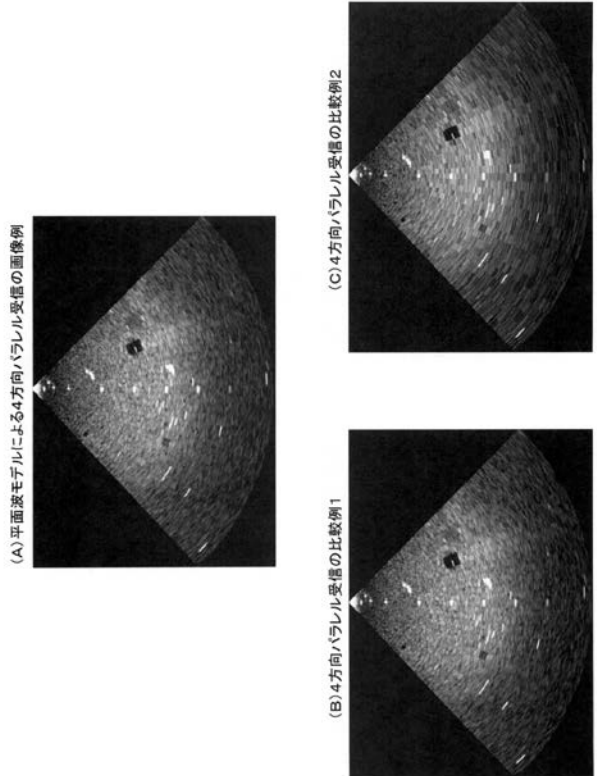
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP2017209316A	公开(公告)日	2017-11-30
申请号	JP2016104835	申请日	2016-05-26
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	栗原浩		
发明人	隈▲崎▼ 健二 栗原 浩		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/14		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE07 4C601/HH28 4C601/HH29 4C601/JB05 4C601/JB08 4C601/JB09		
其他公开文献	JP6182241B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

用于获得的超声波束的波束信号来提供改进的技术。 甲相位处理单元 32， 对应于基本束线调相方法中， 获得所述多个传感器元件中的每个振动元件调相信号。 校正处理单元34通过基于平面波模型的校正处理， 从对应于基本束线的相位信号获得对应于校正束线的校正信号， 用于多个振动元件中的每个振动元件。 相加处理单元36基于与多个振动元件相对应的校正信号获得校正光束线的光束信号。

