

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6180850号  
(P6180850)

(45) 発行日 平成29年8月16日(2017.8.16)

(24) 登録日 平成29年7月28日(2017.7.28)

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

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-180026 (P2013-180026)	(73) 特許権者	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成25年8月30日(2013.8.30)	(74) 代理人	100080159 弁理士 渡辺 望穂
(65) 公開番号	特開2015-47252 (P2015-47252A)	(74) 代理人	100090217 弁理士 三和 晴子
(43) 公開日	平成27年3月16日(2015.3.16)	(74) 代理人	100152984 弁理士 伊東 秀明
審査請求日	平成27年10月1日(2015.10.1)	(74) 代理人	100148080 弁理士 三橋 史生
		(72) 発明者	勝山 公人 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置および超音波画像生成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波探触子から被検体に向けて超音波を送信し、得られた受信データに基づいて超音波画像を生成する超音波診断装置であって、

所望のステア方向に対して、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方を行う送受信部と、

前記送信フォーカス処理および前記受信フォーカス処理に用いられる設定音速の少なくとも一方を変更する設定音速変更部と、

前記設定音速変更部において前記設定音速が変更された際に、前記設定音速に基づいて前記送信フォーカス処理および前記受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正するフォーカス処理補正部とを備え、

前記フォーカス処理補正部は、以下の(A)式で算出される補正角度に基づいて前記送信フォーカス処理および前記受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正することを特徴とする超音波診断装置。

$$= \arcsin(\sin(\theta) \cdot v / V_0) \dots (A);$$

：補正角度，  $\theta$  : ステア方向の角度，  $v$  : 設定音速，  $V_0$  : 別途設定した基準音速

【請求項2】

前記フォーカス処理補正部は、補正テーブルを更に有し、前記補正テーブルに基づいて前記送信フォーカス処理および前記受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正す

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】

前記補正テーブルは、前記被検体内の所定位置から前記超音波探触子の各素子までの距離をそれぞれ記載したものであることを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記補正テーブルは、前記被検体内の所定位置から前記超音波探触子の各素子までの距離と別途設定した基準音速および前記設定音速とから算出される前記所定位置から各素子までの到着時間、または前記到着時間と前記超音波探触子の特定素子における到着時間との差分である遅延をそれぞれ記載したものであることを特徴とする請求項 3 に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 5】

画像生成部を更に備え、

前記画像生成部は、複数の超音波画像を画像データとしてそれぞれ記憶する画像メモリと、

前記画像メモリに記憶された前記画像データに基づく複数の前記超音波画像を合成する画像処理部とを更に有し、

前記画像処理部は、前記ステア方向のそれぞれ異なる複数の超音波画像を合成することで合成超音波画像を生成することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

20

超音波探触子から被検体に向けて超音波を送信し、得られた受信データに基づいて超音波画像を生成する超音波画像生成方法であって、

所望のステア方向に対して、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方を行い、

前記送信フォーカス処理および前記受信フォーカス処理に用いられる設定音速の少なくとも一方を変更し、

前記設定音速が変更された際に、前記設定音速に基づいて前記送信フォーカス処理および前記受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正するに際し、

以下の (A) 式で算出される補正角度に基づいて前記送信フォーカス処理および前記受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正することを特徴とする超音波画像生成方法。

30

$$= \arcsin(\sin(\theta_0) \cdot v / V_0) \dots (A);$$

：補正角度，  $\theta_0$  : ステア方向の角度，  $v$  : 設定音速，  $V_0$  : 別途設定した基準音速

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、超音波診断装置および超音波画像生成方法に係り、特に、送信ビームおよび受信ビームの少なくとも一方をステアして超音波画像の撮像を行う超音波診断装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来から、医療分野において、超音波画像を利用した超音波診断装置が実用化されている。超音波診断装置は、超音波プローブから被検体に向けて超音波を送信し、被検体からの超音波エコーを超音波プローブで受信することで、受信信号に基づく超音波画像を生成する。

【0003】

超音波画像の生成において、広い範囲を観察するためにセクタ走査をする場合や、スペckル低減などの目的で空間コンパウンドをする場合、針のような正反射を呈する対象に

50

垂直にビームを合わせないと描出困難な場合などに送信または受信フォーカスをステアリングして実施する場合がある。そして、ステアリングして送信または受信フォーカスを実施して超音波画像を生成する際に生ずる種々の問題に対して対応策が提案されている。

例えば、特許文献 1 には、超音波プローブの各振動子に所定の遅延時間を与えることによって超音波ビームをステアする際に、遅延回路の周囲の温度変化によって生ずる遅延誤差によってステア角度に誤差を生ずる問題に対して、装置内に設けられた温度センサの信号に基づいて遅延時間を補正することにより正確にステア角度を制御する旨が開示されている。また、特許文献 2 には、超音波ビームをステアする際にサイドローブを抑制するために各振動子に付与する重み（送信出力または受信ゲイン）を、開口における振動子配列の対称軸に対する減衰値の非対称性を相殺するように非対称に付与することによって、焦点から見た各振動子の重みを対称にして所期の超音波ビームを形成できるようにする旨が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 06 - 327670 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 253699 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

送信または受信フォーカスをステアするためには、被検体の音速を仮定して各振動子に所定の遅延時間を与えることとなる。具体的には図 5 に示すように、送受信開口の中心から角度  $\theta$  方向に深さ  $d$  離れた焦点  $F$  に送信または受信フォーカスするためには (22) 式によって各振動子と焦点  $F$  との距離を算出し、その距離を設定音速値  $v$  で除算することで各振動子の遅延時間を算出して与えることとなる。しかしながら、このようにして送信または受信フォーカスを実施する際に、設定音速値  $v$  が被検体の音速と異なると送信ビームまたは受信ビームの方向が所望のステア方向  $\theta$  とずれてしまう。例えば、図 11 に示すように角度  $\theta_0$  方向に送信または受信フォーカスするために設定音速値  $v$  で各振動子の遅延時間を算出し、算出された遅延時間に基いて送信または受信フォーカスを実施する場合、設定音速値  $v$  が被検体の音速  $V_0$  と一致すれば、送信ビームまたは受信ビームの方向は、所望のステア方向  $\theta_0$  と一致するが、設定音速  $v$  が被検体の音速  $V_0$  よりも小さい場合には、送信ビームまたは受信ビームの方向は  $a$  方向となってしまう。そして設定音速  $v$  が被検体の音速  $V_0$  よりも更に小さい場合には、送信ビームまたは受信ビームの方向は、 $b$  方向となってしまう。

30

このように設定音速  $v$  によって被検体内に実際に形成される送信ビームまたは受信ビームの方向が変わってしまうことによって種々の問題が生じる。具体的には送信フォーカスと受信フォーカスの設定音速が異なる場合、各々のビーム方向がずれてしまうために画質劣化してしまったり、送信または受信フォーカスの設定音速を変更する場合、被検体内の画像上の位置が変更されてしまうため設定音速の異なる超音波画像を正確に比較できない問題が生ずる。このような問題に対する対応策は未だ提案されていない。

40

【0006】

本発明の目的は、所望のステア方向に対して送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方を行って超音波診断を行う場合において、送信フォーカス処理または受信フォーカス処理に用いられる設定音速が変更されたとしても、ステア方向（被検体内に実際に形成されるビーム方向）が変化しない超音波診断装置および超音波画像生成方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は、超音波探触子から被検体に向けて超音波を送信し、得られた受信データに基づいて超音波画像を生成する超音波診断装置であって、所望

50

のステア方向に対して、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方を行う送受信部と、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理に用いられる設定音速の少なくとも一方を変更する設定音速変更部と、設定音速変更部において設定音速が変更された際に、設定音速に基づいて送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正するフォーカス処理補正部とを備えることを特徴とする超音波診断装置を提供する。

【0008】

また、フォーカス処理補正部は、以下の(A)式で算出される補正角度に基づいて送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正することが好ましい。

$$= \arcsin(\sin(\theta_0) \cdot v / V_0) \dots (A);$$

θ<sub>0</sub> : 補正角度, θ : ステア方向の角度, v : 設定音速, V<sub>0</sub> : 別途設定した基準音速

。

【0009】

また、フォーカス処理補正部は、補正テーブルを更に有し、補正テーブルに基づいて送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正することが好ましい。

【0010】

さらに、補正テーブルは、被検体内の所定位置から超音波探触子の各素子までの距離をそれぞれ記載したものであってもよい。

【0011】

また、補正テーブルは、被検体内の所定位置から超音波探触子の各素子までの距離と別途設定した基準音速および設定音速とから算出される所定位置から各素子までの到着時間、または到着時間と超音波探触子の特定素子における到着時間との差分である遅延をそれぞれ記載したものであってもよい。

【0012】

また、画像生成部を更に備え、画像生成部は、複数の超音波画像を画像データとしてそれぞれ記憶する画像メモリと、画像メモリに記憶された画像データに基づく複数の超音波画像を合成する画像処理部とを更に有し、画像処理部は、ステア方向のそれぞれ異なる複数の超音波画像を合成することで合成超音波画像を生成することが好ましい。

【0013】

また、本発明は、超音波探触子から被検体に向けて超音波を送信し、得られた受信データに基づいて超音波画像を生成する超音波画像生成方法であって、所望のステア方向に対して、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方を行い、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理に用いられる設定音速の少なくとも一方を変更し、設定音速が変更された際に、設定音速に基づいて送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方の遅延を補正することを特徴とする超音波画像生成方法を提供する。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理に用いられる設定音速の少なくとも一方が変更されたとしても、ステア方向（被検体内に実際に形成されるビーム方向）が変化せず、これによって、送信ビームと受信ビームの方向のずれによる画質劣化を解消でき、また被検体内の画像上の位置が変更しないため設定音速の変更前の超音波画像と変更後の超音波画像との正確な対比を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施の形態1に係る超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

。

【図2】図1の超音波診断装置において、セクタ走査を行って超音波画像を生成する動作

を示すフローチャートである。

【図3】セクタ走査における走査線と走査線のステア角度とを説明する説明図である。

【図4】被検体内の所定の反射点と超音波探触子の送受信開口との距離の関係を説明する説明図である。

【図5】送受信開口の各素子から被検体内の所定の焦点までの距離を説明する説明図である。

【図6】本発明の実施の形態2に係る超音波画像生成方法として、ステア方向のそれぞれ異なる複数の超音波画像を合成して、合成超音波画像を生成する場合の動作を示すフローチャートである。

【図7】(A)は、法線方向の超音波画像を生成する場合の説明図であり、(B)は、第1のステア方向の超音波画像を生成する場合の説明図であり、(C)は、第2のステア方向の超音波画像を生成する場合の説明図である。

【図8】図6のステップS12の詳細なフローを示す部分フローチャートである。

【図9】図6のステップS13の詳細なフローを示す部分フローチャートである。

【図10】図6のステップS14の詳細なフローを示す部分フローチャートである。

【図11】送信フォーカス処理または受信フォーカス処理に用いる設定音速および被検体の音速値とステア方向との関係を説明する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明に係る超音波診断装置を、添付の図面に示す好適実施形態に基づいて以下に詳細に説明する。

【0017】

実施の形態1

図1は、本発明の実施の形態1に係る超音波診断装置の全体構成を表すブロック図である。図1に示すように、実施の形態1に係る超音波診断装置は、超音波探触子1を有し、超音波探触子1には送信回路2および受信回路3が接続される。受信回路3には、画像生成部4、表示制御部5、および表示部6が順次接続される。また、送信回路2および画像生成部3には、フォーカス処理補正部7が接続され、受信回路3には受信信号メモリ8が接続される。

【0018】

また、送信回路2、受信回路3、画像生成部4、表示制御部5、フォーカス処理補正部7および受信信号メモリ8には、制御部9が接続され、制御部9には、設定音速変更部10、操作部11および格納部12が接続される。

また、画像生成部4は、受信回路3から表示制御部5にかけて順次接続される整相加算部13、検波処理部14、DSC(Digital Scan Converter)15および画像処理部16と、DSC15に接続される画像メモリ17とを備える。

【0019】

超音波探触子1は、1次元または2次元のアレイ状に配列された複数の素子からなり、送信回路2より供給された送信信号に基づいて超音波ビーム(送信ビーム)を送信すると共に、被検体から超音波エコーを受信して受信信号を出力する。超音波探触子1を構成する素子としては、例えば、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)に代表される圧電セラミックや、P(VDF)(ポリフッ化ビニリデン)に代表される高分子圧電素子、PMN-PT(マグネシウム・チタン酸鉛固溶体)に代表される圧電単結晶等からなる圧電体の両端に電極を形成した振動子によって構成される。

そのような振動子の電極に、パルス状または連続波の送信信号電圧を印加すると、圧電体が伸縮し、それぞれの振動子からパルス状または連続波の超音波が発生して、それらの超音波の合成により送信ビームが形成される。また、それぞれの振動子は、伝搬する超音波を受信することにより伸縮して電気信号を発生し、それらの電気信号は、超音波の受信信号として出力される。

【0020】

10

20

30

40

50

送信回路 2 は、例えば、複数のパルサを含んでおり、制御部 9 から出力された送信遅延パターンに基づいて、超音波探触子 1 の複数の素子から送信される超音波が上述の送信ビームを形成するように、それぞれの送信信号の遅延量を調節して複数の素子に供給することにより送信フォーカス処理を行う。送信回路 2 において、それぞれの送信信号の遅延量を調節することで、所望のステア方向に送信ビームを形成することができる。

【 0 0 2 1 】

受信回路 3 は、超音波探触子 1 の複数の素子から出力されるアナログの受信信号を増幅して A / D 変換し、デジタルの受信信号として、制御部 9 の指示に基づいて、画像生成部 4 の整相加算部 1 3 へ出力し、また、制御部 9 の指示に基づいて、受信信号メモリ 8 へ出力する。

10

【 0 0 2 2 】

画像生成部 4 の整相加算部 1 3 は、制御部 9 からの指示に基づいて受信回路 3 からのデジタルの受信信号を取得し、制御部 9 からの受信遅延パターンに基づいて、それぞれの受信信号に遅延を与えて加算することで受信フォーカス処理を行う。整相加算部 1 3 において、それぞれの受信信号に遅延を与えることで、所望のステア方向に受信ビームが形成され、受信ビームに基づく受信データ（音線信号）が生成される。また、整相加算部 1 3 は、受信信号メモリ 8 に記憶された受信信号を取得し、上述と同様に受信データを生成してもよい。

【 0 0 2 3 】

検波処理部 1 4 は、受信データに対して超音波の反射位置の深度に応じて距離による減衰の補正を施した後、包絡線検波処理を施すことにより、被検体内の組織に関する断層画像情報である B モード画像信号を生成する。

20

【 0 0 2 4 】

D S C 1 5 は、検波処理部 1 4 で生成された B モード画像信号を通常のテレビジョン信号の走査方式に従う画像信号に変換（ラスタ変換）する。D S C 1 5 において B モード画像信号を変換することで、B モード画像上で、被検体に対応した距離や方向を把握することができる。

【 0 0 2 5 】

画像処理部 1 6 は、D S C 1 5 から入力された B モード画像信号に階調処理等の各種の必要な画像処理を施し、表示用の B モード画像信号を生成する。

30

画像メモリ 1 7 は、D S C 1 5 で変換される前の受信データに対応した B モード画像信号を記憶する。

【 0 0 2 6 】

表示制御部 5 は、制御部 9 の指示に基づいて画像生成部 4 の画像処理部 1 6 から表示用の B モード画像信号を取得し、制御部 9 の指示に基づいて表示用の B モード画像信号を表示部 6 へ出力する。

表示部 6 は、表示制御部 5 から表示用の B モード画像信号を取得し、表示制御部 5 からの指示に基づいて表示用の B モード画像を表示する。

【 0 0 2 7 】

フォーカス処理補正部 7 は、送信フォーカス処理に用いられる設定音速が変更された場合に、所望のステア方向と送信ビームのステア方向とがずれることのないように、変更後の設定音速に基づいて送信フォーカス処理に用いられる送信遅延パターンを補正して送信回路 2 へ出力し、また、同様に、受信フォーカス処理に用いられる設定音速が変更された場合に、所望のステア方向と受信ビームのステア方向とがずれることのないように、受信フォーカス処理に用いられる受信遅延パターンを補正して画像生成部 4 へ出力する。

40

【 0 0 2 8 】

受信信号メモリ 8 は、制御部 9 の指示に基づいて受信回路 3 より出力されるデジタルの受信信号を記憶する。

【 0 0 2 9 】

制御部 9 は、ユーザにより操作部 1 1 から入力された指示に基づいて、上述のとおり各

50

部の制御を行う。また、制御部 9 は、予め設定された設定音速により、送信回路 3 での送信フォーカス処理に用いる送信遅延パターンを算出して送信回路 2 へ出力し、予め設定された設定音速により、整相加算部 13 での受信フォーカス処理に用いる受信遅延パターンを算出して整相加算部 13 へ出力する。さらに、制御部 9 は、設定音速変更部 10 により、上述の設定音速が変更された場合には、変更された設定音速をフォーカス処理補正部 7 へ出力する。

【0030】

設定音速変更部 10 は、予め設定された設定音速をユーザの指示により変更する。設定音速変更部 10 は、送信フォーカス処理に用いられる設定音速のみを変更してもよく、また、受信フォーカス処理に用いられる設定音速のみを変更してもよく、また、送信フォーカス処理に用いられる設定音速および受信フォーカス処理に用いられる設定音速の両方を変更してもよい。

10

【0031】

操作部 11 は、ユーザが入力操作を行うためのものであり、キーボード、マウス、トラックボールおよびタッチパネル等から構成される。

【0032】

格納部 12 は、操作部 11 から入力された各種の情報、上述の送信遅延パターンや受信遅延パターンに基づく情報、被検体内の音速値である基準音速、送信フォーカス処理、受信フォーカス処理および減衰補正処理等に用いられる音速値である設定音速、超音波探触子 1 の送信開口および受信開口等に関する情報、各部の制御に必要な動作プログラム等を格納するもので、ハードディスク、フレキシブルディスク、MO、MT、RAM、CD-ROM、DVD-ROM等の記録媒体を用いることができる。

20

【0033】

次に、本発明の実施の形態 1 に係る超音波診断装置において、セクタ走査を行うことで超音波画像を生成する場合の動作を説明する。

図 2 は、上述の動作を示すフローチャートである。

【0034】

まず、ステップ S1 で、図 3 に示す超音波探触子 1 の超音波送受信面 S の法線方向に対して所定角度  $\theta_i$  ステアした所定方向の走査線  $L_i$  ( $i = 1 \sim n$ ) において、 $i = 1$  とする。ここで  $i$  は、セクタ走査を行った場合の超音波探触子 1 の走査線の並び順であり、超音波探触子 1 は、それぞれの走査線に対応して送信ビームを送信し、それぞれの走査線に対応した受信信号を取得する。

30

【0035】

次に、ステップ S2 で、上述の走査線  $L_1$  のステア角度  $\theta_1$  を算出する。ステア角度  $\theta_1$  は、例えば、セクタ走査における走査線  $L_i$  の振り幅から算出される。走査線  $L_1$  のステア角度  $\theta_1$  および走査線  $L_n$  のステア角度  $\theta_n$  が求まると、走査線  $L_1$  から走査線  $L_n$  までの角度を走査線  $L_i$  の本数  $n - 1$  で除算することで、隣接する走査線間の角度  $\alpha$  が算出でき、隣接する走査線間の角度  $\alpha$  に基づいて一般的な走査線  $L_i$  のステア角度  $\theta_i$  を算出することができる。

【0036】

走査線  $L_1$  のステア角度  $\theta_1$  が算出されると、続くステップ S3 において、被検体内での音速値である基準音速  $V_0$ 、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理における設定音速  $v$  および所定の走査線  $L_1$  のステア角度  $\theta_1$  に基づいて、補正ステア角度  $\theta_1'$  を算出する。補正ステア角度  $\theta_1'$  は、以下の (1) 式で与えられる。

40

【0037】

$$\theta_i' = \arcsin(\sin(\theta_i) \cdot v / V_0) \dots (1)$$

【0038】

なお、上述の (1) 式は、図 4 に基づいて導出される。

図 4 に示すように、被検体内での音速を  $v$  とし、超音波探触子 1 の送受信開口の中心から超音波送受信面 S の法線方向に対して所定角度  $\theta$  方向、深さ  $d$  の反射点 R を考える。反

50

射点 R からの超音波エコーは、送受信開口の中心の素子、送受信開口の右端の素子および送受信開口の左端の素子のそれぞれに到着する。ここで中心の素子、右端の素子および左端の素子のそれぞれに到着する時間は、以下の(2)式~(4)式で表される。

中心の素子：  $d / v \dots (2)$

右端の素子(経路1)：  $\text{sqr t}(d^2 + x^2 - 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\quad)) / v \dots (3)$

左端の素子(経路2)：  $\text{sqr t}(d^2 + x^2 + 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\quad)) / v \dots (4)$

ただし、 $x$  は送受信開口の中心の素子から右端の素子および左端の素子までの距離を示す。

10

【0039】

上述の(2)式~(4)式により、送受信開口の中心の素子に対する送受信開口の右端の素子における到着時間の遅延および送受信開口の左端の素子における到着時間の遅延は、以下の(5)式、(6)式で表される。

右端の素子(経路1)：  $(\text{sqr t}(d^2 + x^2 - 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\quad)) - d) / v \dots (5)$

左端の素子(経路2)：  $(\text{sqr t}(d^2 + x^2 + 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\quad)) - d) / v \dots (6)$

【0040】

(5)式で表される経路1の遅延を  $y_1$ 、(6)式で表される経路2の遅延を  $y_2$  とし、送受信開口の中心の素子から右端の素子および左端の素子までの距離  $x$  を固定値と考えると、 $y_1$  および  $y_2$  は、 $v$ 、 $d$ 、 $\theta$  の3変数の式となる。

20

ここで  $v$ 、 $d$ 、 $\theta$  の微小変化を  $dv$ 、 $dd$ 、 $d\theta$  とすると、 $v$ 、 $d$ 、 $\theta$  が微小変化した場合の  $y_1$  および  $y_2$  の変化量は、偏微分記号を用いて以下の(7)式、(8)式で表される。

$dy_1 = (y_1 / v) \cdot dv + (y_1 / d) \cdot dd + (y_1 / \theta) \cdot d\theta \dots (7)$

$dy_2 = (y_2 / v) \cdot dv + (y_2 / d) \cdot dd + (y_2 / \theta) \cdot d\theta \dots (8)$

【0041】

30

次に、上述の(7)式、(8)式から、被検体内での音速  $v$  が  $dv$  だけ変化しても遅延  $y_1$  および  $y_2$  が変化しない条件、つまり、 $dy_1 = dy_2 = 0$  となるための音速  $v$  と所定角度  $\theta$  との関係を導出する。上述の(7)式、(8)式から、 $dd$  を消去すると以下の(9)式が導出される。

$(y_2 / d) \cdot (y_1 / v) - (y_1 / d) \cdot (y_2 / v) \cdot dv = - (y_2 / d) \cdot (y_1 / \theta) - (y_1 / d) \cdot (y_2 / \theta) \cdot d\theta \dots (9)$

【0042】

また、各偏微分を(5)式、(6)式から求めると、以下の(10)式~(15)式となる。

40

$y_1 / v = - (\text{sqr t}(d^2 + x^2 - 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)) - d) / v^2 \dots (10)$

$y_2 / v = - (\text{sqr t}(d^2 + x^2 + 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)) - d) / v^2 \dots (11)$

$y_1 / \theta = - x \cdot d \cdot \cos(\theta) / \text{sqr t}(d^2 + x^2 - 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)) / v \dots (12)$

$y_2 / \theta = x \cdot d \cdot \cos(\theta) / \text{sqr t}(d^2 + x^2 + 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)) / v \dots (13)$

$y_1 / d = ((d - x \cdot \sin(\theta)) / \text{sqr t}(d^2 + x^2 - 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)) - 1) / v \dots (14)$

50

$$y^2 / d = ((d + x \cdot \sin(\theta)) / \sqrt{d^2 + x^2 + 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)}) - 1 / v \dots (15)$$

【0043】

上述の(10)式～(15)式を上述の(9)式に代入し、 $d^2 + x^2 \pm 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)$ であることから(16)式、(17)式の近似をして整理する。

$$\sqrt{d^2 + x^2 - 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)} \approx d + x^2 / d / 2 - x \cdot \sin(\theta) \dots (16)$$

$$\sqrt{d^2 + x^2 + 2 \cdot x \cdot d \cdot \sin(\theta)} \approx d + x^2 / d / 2 + x \cdot \sin(\theta) \dots (17)$$

【0044】

すると、以下の(18)式のとおりとなる。

$$(1/v) \cdot dv = (1/\tan(\theta)) \cdot d \dots (18)$$

そして、上述の(18)式を積分すると、以下の(19)式となる。

$$\log(\sin(\theta)/v) = C (\text{定数}) \dots (19)$$

【0045】

ここで、(19)式において、被検体内の音速値である基準音速を $V_0$ とし、所定角度 $\theta = \theta_0$ とすると、以下の(20)式のように記載できる。

$$C = \log(\sin(\theta_0)/V_0) \dots (20)$$

よって、(19)式と(20)式とから、以下の(21)式の関係が導き出せる。

$$\sin(\theta)/v = \sin(\theta_0)/V_0 \dots (21)$$

(21)式を、 $\theta$ について解くと上述の(1')式が以下のように得られる。

$$\theta = \arcsin(\sin(\theta_0) \cdot v / V_0) \dots (1')$$

(1')式より、上述の $\theta$ は、焦点の深さ $d$ や、開口の大きさ $x$ に依らず $V_0$ 、 $\theta_0$ および $v$ により一意に決定されることが分かる。

【0046】

ステップS4では、図5に示すように、送受信開口の中心から角度 $\theta_1$ 方向(図5では $\theta_1$ と表示)に深さ $d$ 離れた焦点Fに向けて送信フォーカス処理を行い、送信ビームを送信する。

ここで $j$ は、送受信開口の中心から $j$ 番目の素子であることを示し、隣接素子間の距離を $EP$ とすると、 $j$ 番目の素子から焦点Fまでの距離 $d_j$ は、以下の(22)式で表される。

$$d_j = \sqrt{(d \cdot \cos(\theta))^2 + (d \cdot \sin(\theta) - EP \cdot j)^2} \\ = \sqrt{d^2 + (EP \cdot j)^2 - 2 \cdot EP \cdot j \cdot d \cdot \sin(\theta)} \dots (22)$$

【0047】

上述の(22)式より各素子 $j$ と焦点Fとの距離 $d_j$ を算出し、距離 $d_j$ を音速値 $v$ で除算することで、各素子 $j$ から焦点Fまでの到着時間が算出され、更に送受信開口の中心素子における到着時間との差分をとって各素子 $j$ の遅延時間が算出され、送信フォーカス処理に用いられる送信遅延パターンが算出される。

算出された送信遅延パターンに基づいて送信フォーカス処理し、超音波探触子1より上述の焦点位置に送信ビームを送信し、被検体からの超音波エコーを受信して受信信号を取得する。

【0048】

ステップS5では、画像生成部4の整相加算部13において、受信回路3で取得した受信信号に対して、上述の送信フォーカスの場合と同様に、(22)式により走査線L1に対応した各素子の受信遅延時間を算出することで受信遅延パターンを算出し(受信フォーカス時には送受信開口の中心素子から各受信焦点までの往復の到着時間も付加する)、受信フォーカス処理を行う。整相加算部13で受信フォーカス処理を行うことで、 $\theta_0 \sim \theta_1$ 方向の走査線L1に対応した受信データが生成され、 $\theta_0 \sim \theta_1$ 方向の走査線L1に対応したBモード画像信号が生成され、画像メモリ17へ格納される。

【0049】

10

20

30

40

50

こうして、 $0\_1$ 方向の走査線 $L_1$ に対応するBモード画像信号が画像メモリ17に格納されると、ステップS6において $i = n$ が否かを判定し、 $i = 1$ であるので、ステップS7として $i$ を1増やして $i = 2$ とし、再度ステップS2～ステップS6を繰り返す。

こうして、 $i = n$ となるまでステップS2～ステップS6を繰り返すことで、セクタ走査に対応した全ての走査線においてBモード画像信号が生成され、画像メモリ17へ格納される。

#### 【0050】

$i = n$ となった場合、つまり、セクタ走査によって全ての走査線に対応するBモード画像信号が生成されると、ステップS8に進み、DSC15において、画像メモリ17に格納された走査線 $1 \sim n$ に対応するBモード画像信号をスキャンコンバートすることで実空間に対応した1枚のセクタ画像を生成する。ここでスキャンコンバートの際に用いるステア角度および音速は、補正ステア角度 $1 \sim n$ および設定音速 $v$ ではなく、ステア角度 $0\_1 \sim 0\_n$ および基準音速 $V_0$ 、または別途設定したステア角度および音速とする。生成されたセクタ画像は、画像処理部16において所定の階調処理等が行われ、表示制御部5を通じて表示部6に表示される。

10

#### 【0051】

実施の形態1に係る超音波診断装置において、上述のとおり生成されるセクタ画像は、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理に用いられる設定音速を変更しても画像上の位置が変わることがなく、設定音速の異なる複数の画像間において正確な比較観察を行うことができる。

20

#### 【0052】

実施の形態2

また、本発明の実施の形態2に係る超音波画像生成方法として、実施の形態1に係る超音波診断装置を用いて、それぞれ異なる方向に送信フォーカス処理および受信フォーカス処理の少なくとも一方を行った複数の超音波画像を生成し、それらを合成することで合成画像を生成することもできる。

図6は、法線方向、第1の方向および第2の方向の3方向にそれぞれ送信フォーカス処理および受信フォーカス処理した3枚の超音波画像を生成し、それらを合成することで合成画像を生成する場合の動作を示すフローチャートである。

#### 【0053】

まず、ステップS11で、図7(A)～(C)に示す超音波探触子1の所定位置に対応した走査線 $L_0\_i$ 、 $L_1\_i$ および $L_2\_i$  ( $i = 1 \sim n$ )において、 $i = 1$ とする。ここで $i$ は、3方向に送信フォーカス処理および受信フォーカス処理を行った場合の超音波探触子1の走査線の並び順であり、超音波探触子1は、それぞれの走査線に対応する受信信号を取得する。

30

#### 【0054】

次に、ステップS12で、図7(A)に示す法線方向の走査線 $L_0\_1$ に対応する通常画像のBモード画像信号を生成する。

具体的には、図8のステップS21に示すように、法線方向の所定位置に向けて送信フォーカス処理して超音波探触子1から送信ビームを送信し、被検体からの超音波エコーを受信して受信信号を取得する。そして、ステップS22に示すように、画像生成部4の整相加算部13において法線方向に対して受信フォーカス処理し、法線方向の走査線 $L_0\_1$ の受信データを取得する。法線方向の走査線 $L_0\_1$ の受信データは、検波処理部14において包絡線検波処理され、法線方向の走査線 $L_0\_1$ のBモード画像信号として画像メモリ17に保存される。

40

#### 【0055】

法線方向の走査線 $L_0\_1$ のBモード画像信号が画像メモリ17に保存されると、ステップS13に進んで、図7(B)に示す第1方向 $0\_1$ の走査線 $L_1\_1$ に対応する第1ステア画像のBモード画像信号を生成する。

具体的には、図9のステップS31に示すように、被検体内の音速値である基準音速 $V$

50

0、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理等に用いる設定音速 $v$ 、第1方向（第1ステア角度） $\theta_1$ を上述の(1)式に代入することで、送信フォーカス処理に用いる送信遅延パターンおよび受信フォーカス処理に用いる受信遅延パターンを補正するための第1補正角度 $\alpha_1$ を算出する。

【0056】

次に、ステップS32において、第1の補正角度 $\alpha_1$ に基づいて送信フォーカス処理して超音波探触子1から送信ビームを送信し、被検体からの超音波エコーを受信して受信信号を取得する。そして、ステップS33に示すように、画像生成部4の整相加算部13において第1補正角度 $\alpha_1$ に基づいて受信フォーカス処理し、第1方向 $\theta_1$ の走査線L1\_1の受信データを取得する。第1方向 $\theta_1$ の走査線L1\_1の受信データは、検波処理部14において包絡線検波処理され、第1方向 $\theta_1$ の走査線L1\_1のBモード画像信号として画像メモリ17に保存される。

10

【0057】

第1方向 $\theta_1$ の走査線L1\_1のBモード画像信号が画像メモリ17に保存されると、ステップS14に進んで、図7(C)に示す第2方向 $\theta_2$ の走査線L2\_1に対応する第2ステア画像のBモード画像信号を生成する。

具体的には、上述の第1方向 $\theta_1$ の場合と同様に、図10のステップS41に示すように、被検体内の音速値である基準音速 $V_0$ 、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理等に用いる設定音速 $v$ 、第2方向（第2ステア角度） $\theta_2$ を上述の(1)式に代入することで、送信フォーカス処理に用いる送信遅延パターンおよび受信フォーカス処理に用いる受信遅延パターンを補正するための第2補正角度 $\alpha_2$ を算出する。

20

【0058】

次に、ステップS42において、第2の補正角度 $\alpha_2$ に基づいて送信フォーカス処理して超音波探触子1から送信ビームを送信し、被検体からの超音波エコーを受信して受信信号を取得する。そして、ステップS43に示すように、画像生成部4の整相加算部13において第2補正角度 $\alpha_2$ に基づいて受信フォーカス処理し、第2方向 $\theta_2$ の走査線L2\_1の受信データを取得する。第2方向 $\theta_2$ の走査線L2\_1の受信データは、検波処理部14において包絡線検波処理され、第2方向 $\theta_2$ の走査線L2\_1のBモード画像信号として画像メモリ17に保存される。

【0059】

こうして、法線方向、第1方向 $\theta_1$ および第2方向 $\theta_2$ のそれぞれの走査線L0\_1、L1\_1およびL2\_1に対応するそれぞれのBモード画像信号が画像メモリ17に格納されると、ステップS15において $i = n$ か否かを判定し、 $i = 1$ であるので、ステップS16に進んで $i$ を1増やして $i = 2$ とし、再度ステップS12～ステップS15を繰り返す。

30

こうして、 $i = n$ となるまでステップS12～ステップS15を繰り返すことで、法線方向の全ての走査線に対応するBモード画像信号、第1方向 $\theta_1$ の全ての走査線に対応するBモード画像信号および第2方向 $\theta_2$ の全ての走査線に対応するBモード画像信号が生成され、画像メモリ17へ格納される。

【0060】

$i = n$ となった場合、つまり、法線方向、第1の方向および第2の方向の全ての走査線に対応するBモード画像信号が生成されると、ステップS17に進み、それぞれの方向に対してDSC15において、画像メモリ17に格納された全ての走査線に対応するBモード画像信号をスキャンコンバートすることで実空間に対応した1枚の超音波画像データを生成する。ここでは、法線方向の通常画像データ、第1方向 $\theta_1$ の第1ステア画像データおよび第2方向 $\theta_2$ の第2ステア画像データがそれぞれ生成される。

40

ここで第1の方向および第2の方向のBモード画像信号をスキャンコンバートする際のそれぞれの走査線方向は、補正角度 $\alpha_1$ および $\alpha_2$ ではなく、ステア角度 $\theta_1$ および $\theta_2$ または別途設定したステア角度とし、音速は設定音速 $v$ ではなく基準音速 $V_0$ または別途設定した音速とする。

50

## 【0061】

通常画像データ、第1ステア画像データおよび第2ステア画像データがそれぞれ生成されると、続くステップS18において、画像処理部16は、これら3方向の画像データを空間コンパウンドし、1枚の合成画像データを生成する。合成画像データは、上述と同様に画像処理部16において所定の階調処理等が行われ、表示制御部5を通じて表示部6に表示される。

## 【0062】

実施の形態2に係る超音波画像生成方法では、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理に用いられる設定音速の少なくとも一方を変更しても、ステア方向のそれぞれ異なる複数の超音波画像を、画像の位置をずらすことなく正確に合成(空間コンパウンド)することができる。

10

## 【0063】

実施の形態1および実施の形態2では、設定音速を変更した場合に、送信フォーカス処理に用いる補正ステア角度および受信フォーカス処理に用いる補正ステア角度を算出し直しているが、いずれか一方のみを算出し直すだけでもよい。

例えば、受信信号メモリ8に記憶された受信データに対して、設定音速を変更して補正ステア角度を算出し直して、受信フォーカス処理を行い、画像生成を行うことで、受信フォーカス処理に用いる設定音速のそれぞれ異なる複数の超音波画像を生成することができ、画像上の位置を変えずに設定音速による画質変化を観察することができる。そして、このように送信フォーカス処理に用いる補正ステア角度および受信フォーカス処理に用いる補正ステア角度のいずれか一方のみを算出し直す場合でも、被検体内に実際に形成される送信ビームおよび受信ビームの方向はずれないため、これによる画質劣化は無い。

20

## 【0064】

なお、上述のとおり、設定音速を変更し、変更された設定音速に基づく超音波画像のシャープネスを確認することで、被検体内の音速 $V_0$ の真値を判定すること、つまり、最もシャープな超音波画像が得られる設定音速 $v$ を被検体内の音速 $V_0$ の真値と判定することができる。そして、このようにして得られた被検体内の音速 $V_0$ の真値に基づいて被検体内の正しい方向に送信ビームおよび受信ビームを形成することができるため、正しい走査線方向に基づく歪みの無いセクタ画像や、各ステア方向の位置ずれの無い高画質な合成画像(空間コンパウンド画像)を得ることができる。

30

## 【0065】

また、実施の形態1のステップS2では、セクタ走査に対応した全ての走査線のステア角度 $\theta_i$ を算出し、全ての走査線に対する補正ステア角度 $\theta_i$ を算出していたが、特定の走査線についてのみステア角度 $\theta_i$ を算出し、補正ステア角度 $\theta_i$ を算出し、それら以外の走査線については、特定の走査線の補正ステア角度 $\theta_i$ に基づいて補間演算することで各走査線に対応する補正ステア角度 $\theta_i$ を算出してもよい。

## 【0066】

また、実施の形態2では、法線方向を含む3方向に送信フォーカス処理および受信フォーカス処理した超音波画像を合成したが、本発明は3方向に限られず、例えば、5方向や7方向に送信フォーカス処理および受信フォーカス処理した超音波画像を合成してもよい。

40

## 【0067】

また、実施の形態1および実施の形態2では、上述の(1)式に基づいて補正ステア角度を算出し、補正ステア角度に基づいて送信フォーカス処理および受信フォーカス処理を行っていたが、例えば、(22)式で与えられる被検体内の所定位置から超音波探触子1の送受信開口を構成する各素子までの距離を予め記載した補正テーブル、または、(22)式で与えられる被検体内の所定位置から超音波探触子1の送受信開口を構成する各素子までの距離と所定の基準音速および所定設定音速とから算出される被検体内の所定位置から各素子までの到着時間、または、送受信開口の中心の素子における到着時間との差分(遅延時間)を予め記載した補正テーブルを有し、上述の補正テーブルに基づいて送信フォ

50

ーカス処理および受信フォーカス処理を補正してもよい。

【0068】

具体的には、まず、所定の基準音速において所定の送信または受信ビームの方向の各所在位置から各素子までの遅延時間を算出する。または、補正テーブルから取得する。次に、所定の設定音速において、上述のとおり算出または取得した基準音速における各々の所在位置から各素子までの遅延時間に最も近い遅延時間となる所在位置の軌跡を求める。この軌跡が所定の基準音速における所定の送信または受信ビーム方向に対応する所定の設定音速における補正ビーム方向となる。なお、補正ビーム方向は、被検体内の浅部においては直線にならない。所定の設定音速においては、この補正ビーム方向に沿って送信フォーカス処理または受信フォーカス処理を実施すればよい。

10

【0069】

(1)式に基づく送信フォーカス処理および受信フォーカス処理は、近似の影響のため、被検体内浅部では比較的誤差が大きくなるが、被検体内浅部での送信フォーカス処理または受信フォーカス処理について(22)式に基づく補正テーブルで計算することで、(1)式よりも正確に送信遅延パターンおよび受信遅延パターンを算出することができ、より正確に被検体内浅部に形成される送信ビームまたは受信ビームの方向を設定音速に依らずに一致させることができる。

【0070】

以上、本発明の超音波診断装置および超音波画像生成方法について詳細に説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変更を行ってもよい。

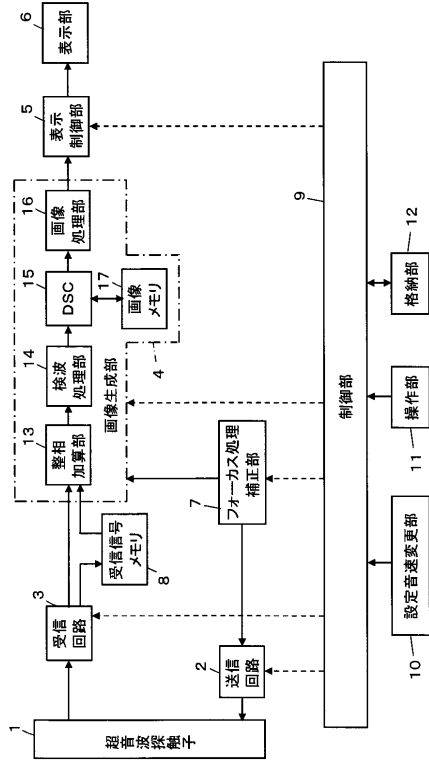
20

【符号の説明】

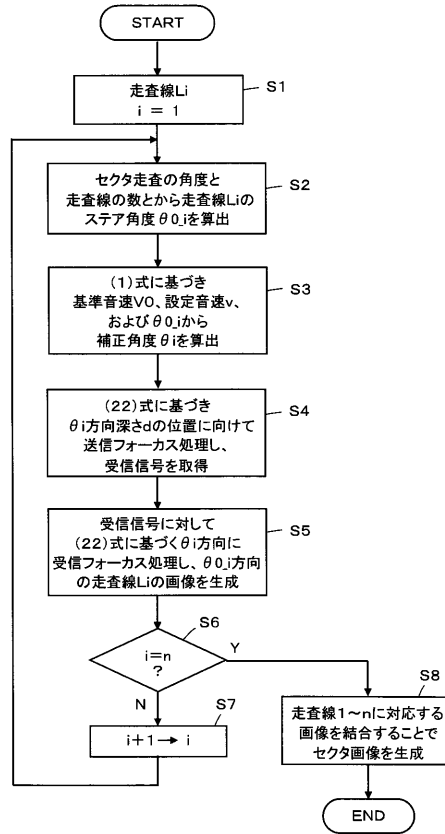
【0071】

1 超音波探触子、 2 送信回路、 3 受信回路、 4 画像生成部、 5 画像表示部、 6 表示部、 7 フォーカス処理補正部、 8 受信信号メモリ、 9 制御部、 10 設定音速変更部、 11 操作部、 12 格納部。

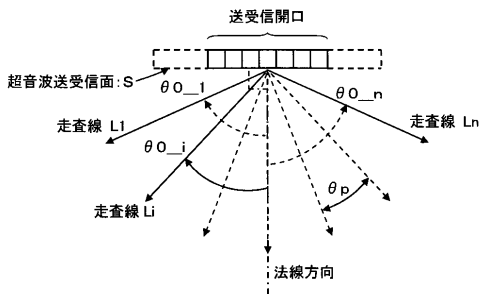
【図1】



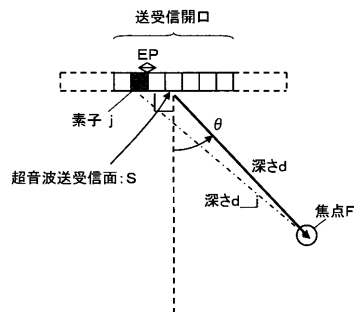
【図2】



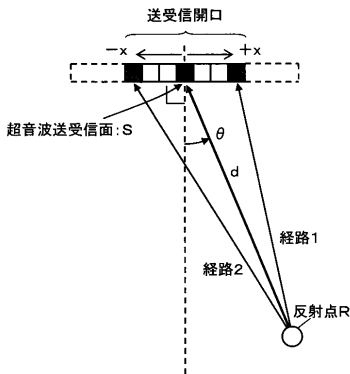
【図3】



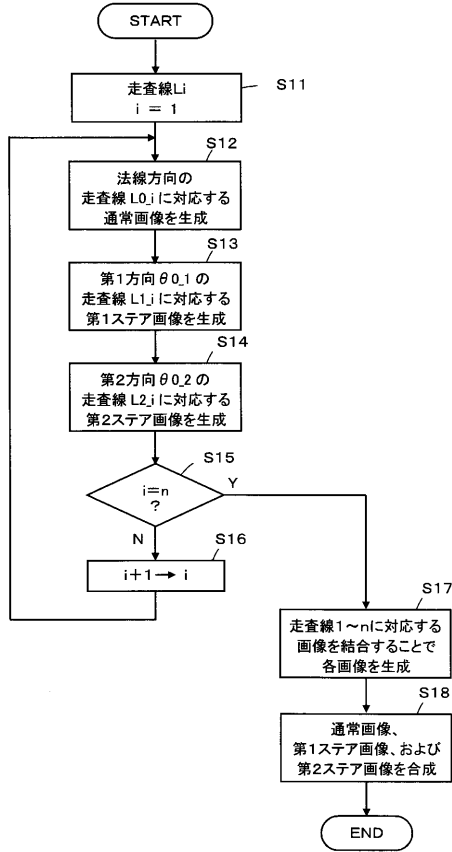
【図5】



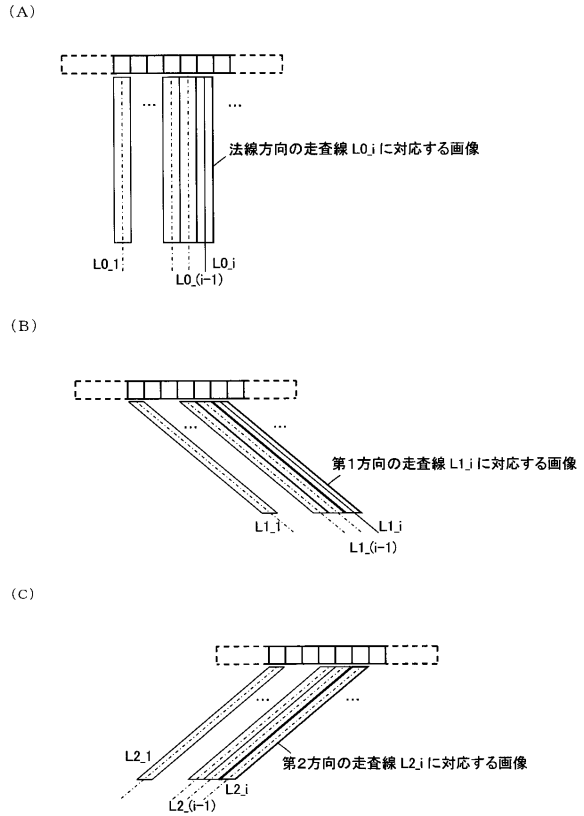
【図4】



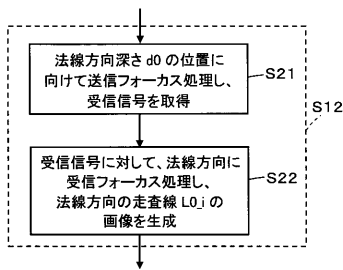
【図6】



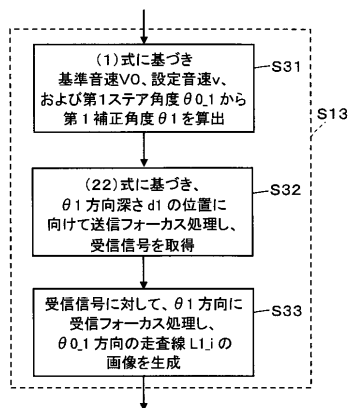
【図7】



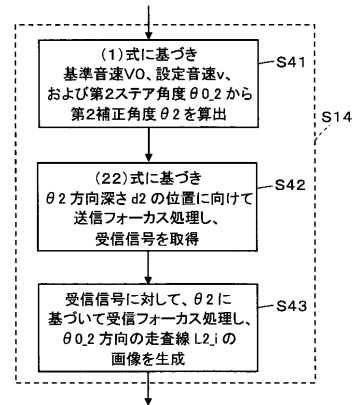
【図8】



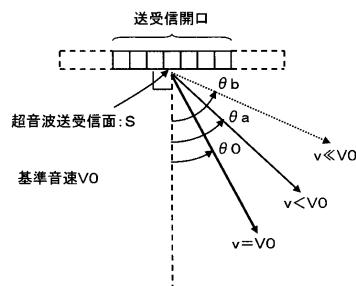
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

審査官 宮川 哲伸

- (56)参考文献 特開平09 - 224938 (JP, A)  
特開2012 - 157387 (JP, A)  
特開2012 - 200514 (JP, A)  
国際公開第2012 / 043569 (WO, A1)  
特開2005 - 046193 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 8 / 00 - 8 / 15

专利名称(译)	超声诊断设备和超声图像产生方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP6180850B2</a>	公开(公告)日	2017-08-16
申请号	JP2013180026	申请日	2013-08-30
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	勝山 公人		
发明人	勝山 公人		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/52049 G01S15/8915		
FI分类号	A61B8/00.ZDM A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/HH21 4C601/JB05 4C601/JB51		
代理人(译)	伊藤英明		
其他公开文献	JP2015047252A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

本发明提供一种超声波诊断装置和超声波图像生成方法，其中，即使当在发送聚焦处理中使用的设定声速和在接收焦点中使用的设定声速中的至少一个时，形成在被摄体内部的光束方向也不改变处理被改变。当通过设定的声速变更单元（10）改变了发送焦点处理中使用的设定声速和接收焦点处理中使用的设定声速中的至少一个时，至少一个发送焦点处理和接收焦点处理由焦点处理校正单元（7）基于变形后设置声速进行校正，使得形成在被摄对象内部的光束方向不改变。

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特許公報(B2)	(11) 特許番号 特許第6180850号 (P6180850)
(45) 発行日 平成29年8月16日(2017.8.16)	(24) 登録日 平成29年7月28日(2017.7.28)	
(51) Int. Cl. A61B 8/00 (2006.01) F1 A61B 8/00 ZDM		
請求項の数 6 (全 16 頁)		
(21) 出願番号 特願2013-180026(P2013-180026)	(73) 特許権者 306037311 富士フイルム株式会社	
(22) 出願日 平成25年8月30日(2013.8.30)	東京都港区西麻布2丁目2番30号	
(65) 公開番号 特開2015-47252(P2015-47252A)	(74) 代理人 100080159 弁理士 渡辺 望徳	
(43) 公開日 平成27年3月16日(2015.3.16)	(74) 代理人 100090217 弁理士 三和 晴子	
審査請求日 平成27年10月1日(2015.10.1)	(74) 代理人 100152984 弁理士 伊東 秀明	
	(74) 代理人 100148080 弁理士 三橋 史生	
	(72) 発明者 勝山 公人 神奈川県足柄上郡開成町寛台798番地 富士フイルム株式会社内	
最終頁に続く		
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置および超音波画像生成方法		