

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6171091号  
(P6171091)

(45) 発行日 平成29年7月26日(2017.7.26)

(24) 登録日 平成29年7月7日(2017.7.7)

(51) Int.Cl. F1  
A61B 8/14 (2006.01) A61B 8/14

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2016-516346 (P2016-516346)	(73) 特許権者	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
(86) (22) 出願日	平成27年4月22日(2015.4.22)	(74) 代理人	110000888 特許業務法人 山王坂特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/062306	(72) 発明者	池田 貞一郎 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
(87) 国際公開番号	W02015/166869	(72) 発明者	鱒沢 裕 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
(87) 国際公開日	平成27年11月5日(2015.11.5)	(72) 発明者	高野 慎太 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
審査請求日	平成28年10月17日(2016.10.17)		
(31) 優先権主張番号	特願2014-92630 (P2014-92630)		
(32) 優先日	平成26年4月28日(2014.4.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の超音波素子が受信した受信信号を、受信走査線上の所定の点ごとの遅延時間によってそれぞれ遅延させて整相した後加算して整相信号を得る受信ビームフォーマと、前記前記整相信号の波面が不連続となる不連続度合いを検出する不連続抽出部と、前記不連続度合いが予め定めた値より大きい領域がある場合、前記領域の前記遅延時間を変化させる不連続解消用遅延時間生成部とを有することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項2】

所定の方向に沿って複数の超音波素子を配列した超音波素子アレイと、被検体の撮像領域に前記複数の超音波素子の少なくとも一部から集束型の送信ビームを送信させる送信ビームフォーマと、前記被検体からの超音波を受信した前記複数の超音波素子の出力する受信信号を遅延時間によって遅延させて整相加算した整相信号を出力する受信ビームフォーマとを有し、

前記受信ビームフォーマは、前記集束型の送信ビームの照射領域の内側のみならず外側にも受信走査線を設定する走査線設定部と、前記受信走査線上の所定の点の前記遅延時間を演算により求める遅延時間演算部とを含み、

前記遅延時間演算部は、前記照射領域の外側の前記受信走査線上の遅延時間を、前記送信ビームの送信焦点深さより浅い領域では、前記送信ビームを照射した複数の前記超音波素子の一側端部からの回折波の波形に基づいて求め、前記送信焦点深さにより深い領域で

10

20

は、他側端部からの回折波の波形に基づいて求め、

前記遅延時間演算部は、前記送信焦点深さ付近における前記浅い領域の遅延時間と前記深い領域の遅延時間の不連続を接続する遅延時間を生成する不連続解消用遅延時間生成部を備えることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の超音波撮像装置において、前記不連続解消用遅延時間生成部は、前記浅い領域の前記遅延時間と、前記深い領域の前記遅延時間とを接続するために、深さ方向について曲線状に値が変化する遅延時間を生成することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の超音波撮像装置において、前記不連続解消用遅延時間生成部は、前記浅い領域の前記遅延時間と、前記深い領域の前記遅延時間とを重み付けして加算することにより前記不連続を接続する遅延時間を生成することを特徴とする超音波撮像装置。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の超音波撮像装置において、前記重みは、前記送信焦点深さ付近の前記遅延時間が前記浅い領域の前記遅延時間の深さ方向の変化と前記深い領域の前記遅延時間の深さ方向の変化に漸近するように設定されることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 6】

請求項 3 に記載の超音波撮像装置において、前記不連続解消用遅延時間生成部が生成する遅延時間の曲線は、前記浅い領域の前記遅延時間の変化を示す曲線と、平面波伝搬に基づいて定められる遅延時間の変化を示す直線とを接続する部分、および、前記平面波伝搬の前記直線と、前記深い領域の前記遅延時間の変化を示す前記曲線とを接続する部分とを有することを特徴とする超音波撮像装置。

20

【請求項 7】

請求項 2 に記載の超音波撮像装置において、前記送信焦点の深さ付近における前記整相信号の波面の不連続度合いを検出する不連続抽出部をさらに有し、前記不連続解消用遅延時間生成部は、前記不連続度合いが予め定めた値より大きい場合、生成する遅延時間を変化させることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 8】

請求項 2 に記載の超音波撮像装置において、前記受信ビームフォーマの出力する前記整相出力を用いて画像を生成する画像生成部をさらに有し、

30

前記画像の前記送信焦点の深さ付近における前記画像の不連続度合いを検出する不連続抽出部をさらに有し、前記不連続用遅延時間生成部は、前記不連続度合いが予め定めた値より大きい場合、生成する遅延時間を変化させることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 9】

請求項 7 に記載の超音波撮像装置において、前記不連続抽出部は、前記不連続度合いとして、前記送信焦点深さの前後の前記整相信号の相関関数、または、前記送信焦点深さ近傍もしくは前記送信焦点深さ付近における前記整相信号の微分係数または分散値を用いることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の超音波撮像装置において、前記不連続抽出部は、前記不連続度合いとして、前記送信焦点深さ付近の前記画像のエントロピーを用いることを特徴とする超音波撮像装置。

40

【請求項 11】

請求項 7 に記載の超音波撮像装置において、前記不連続抽出部は、検出する前記不連続度合いが予め定めた値以下になるまで、繰り返し前記遅延時間を変化させることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 12】

請求項 2 に記載の超音波撮像装置において、前記受信ビームフォーマは、開口合成処理を行うビームフォーマであり、前記整相信号を、送信ごとに格納するメモリと、前記メモリに格納された送信ごとの前記整相信号から、同一の点についての整相信号を選択して合

50

成する送信間合成部とを有することを特徴とする超音波撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて被検体内の画像を撮像する超音波撮像技術に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波撮像技術とは、超音波（聞くことを意図しない音波、一般的には20kHz以上の高周波数の音波）を用いて人体をはじめとする被検体の内部を非侵襲的に画像化する技術である。

10

【0003】

超音波探触子から被検体への超音波ビームの送信方法には、扇形に広がる超音波ビームを送信する拡大型送信と、被検体内に超音波ビームの送信焦点を配置して超音波ビームを収束させる集束型送信の2種類がある。

【0004】

超音波撮像装置による超音波の送受信は、有限の開口径を持つアレイによって行われるため、開口部のエッジによる超音波の回折の影響を受け、方位角方向の分解能を向上させることが難しい。この問題は、無限に長いアレイを用意できれば解決できるが、現実的には実現は困難である。そのため近年では、方位角方向の分解能向上のために、チャンネルドメイン整相技術の検討が盛んに行われており、適応ビームフォーマや、開口合成などの新しい整相方式が盛んに報告されている。

20

【0005】

開口合成を簡単に説明する。まず、超音波探触子を構成する複数素子の受信信号にそれぞれ遅延時間を与えることにより、仮想的にある点について焦点を合わせた後、加算して得た整相信号を得る。この整相信号と、同一点について他の1以上の送受信で得た整相信号とを合成し、重ね合わせることにより開口合成を行う。

【0006】

開口合成は、ある点に対して異なる方向から超音波探触子が送受信して得た整相信号を重ね合わせることができるため、点像の高解像度化、不均質に対する頑健性などを付与することが期待される。さらには、重ね合わせ処理により処理利得が向上するため、超音波の送信回数を通常よりも間引いた送信が可能となり、高速撮像にも応用できる。

30

【0007】

特許文献1には、超音波診断装置であって、集束型送信を行う超音波撮像において、仮想音源法を改良した方法を用いて、開口合成を行う技術が開示されている。具体的には、超音波ビームのエネルギーが焦点に収束する領域（特許文献1の図2の領域A）では、焦点を仮想音源とみなして開口合成を行い、その周辺の超音波エネルギーが拡散する領域（領域B,C）では探触子の端部から球面波が放射されたとみなして開口合成を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平10-277042号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

集束型送信は、拡大型送信と比較して、送信の広がり角が大きい場合でも、遅延時間の誤差が少ない。そのため、集束型送信は、送信超音波の広がり角を大きくできるため、拡散型送信よりも多くの受信走査線（整相信号を求める点の集合）を設定することができる。多くの受信走査線を設定することにより、少ない送信回数によって広い撮像領域を高速に撮像することができる。また、送信開口処理で多くの受信走査線を設定した場合、少ない受信走査線を設定した場合よりも、同じ送信回数で多くの整相信号を合成することがで

50

き、高解像度化等の効果が得られる。

【0010】

特許文献1のように、送信ビームの照射領域（超音波エネルギーが収束する領域）内では仮想音源法により遅延時間を求め、送信ビームの照射領域外（超音波エネルギーが拡散する領域）では、探触子の端部から球面波が放射されているとみなして、遅延時間を求めることにより、送信ビームの照射領域外の点についても整相信号を得ることができる。よって、送信ビームの照射領域外についても受信走査線を設定することができる。

【0011】

しかしながら、特許文献1の技術により、送信ビームの照射領域外の受信走査線上の点の遅延時間を、探触子の端部から放射されたとみなした球面波の波形によって求める場合、送信焦点深さ付近において、探触子の左端からの球面波および右端からの球面波のうちの一方から他方へ、遅延時間の演算に用いる球面波の波形を切り替えなければならない。この切り替えのため、受信走査線上の深さ方向の遅延時間の変化を表す曲線は、送信焦点深さ付近で不連続になるという問題が生じる。送信焦点深さ付近における遅延時間変化の不連続は、生成される超音波画像の画素値の送信焦点付近での不連続を招き、送信焦点深さ付近でアーチファクトを生じさせる。

10

【0012】

本発明の目的は、集束型送信ビームの照射領域の外側に受信走査線を配置した場合でも、送信焦点深さ付近で不連続が発生しない受信ビームフォーミングを行うことにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0013】

本発明の第1の態様では、複数の超音波素子が受信した受信信号または整相信号の波面が不連続となる不連続度合いを不連続抽出部が検出する。不連続度合いが予め定めた値より大きい領域がある場合、不連続解消用遅延時間生成部が、不連続を生じた領域の遅延時間を変化させる。

【0014】

また、本発明の第2の態様では、所定の方向に沿って複数の超音波素子を配列した超音波素子アレイと、被検体の撮像領域に複数の超音波素子の少なくとも一部から集束型の送信ビームを送信させる送信ビームフォーマと、被検体からの超音波を受信した複数の超音波素子の出力する受信信号を遅延時間によって遅延させて整相加算した整相信号を出力する受信ビームフォーマとを有する超音波撮像装置であって、受信ビームフォーマは、集束型の送信ビームの照射領域の内側のみならず外側にも受信走査線を設定する走査線設定部と、受信走査線上の所定の点の遅延時間を演算により求める遅延時間演算部とを含む。遅延時間演算部は、照射領域の外側の受信走査線上の遅延時間を、送信ビームの送信焦点深さより浅い領域では、送信ビームを照射した複数の超音波素子の一侧端部からの回折波の波形に基づいて求め、送信焦点深さにより深い領域では、他側端部からの回折波の波形に基づいて求める。そして、遅延時間演算部は、送信焦点深さ付近における浅い領域の遅延時間と深い領域の遅延時間の不連続を接続する遅延時間を生成する不連続解消用遅延時間生成部を備える。

30

【発明の効果】

40

【0015】

本発明によれば、集束型送信ビームの照射領域の外側に受信走査線を配置した場合でも、送信焦点深さ付近で不連続が発生しない受信ビームフォーミングを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】第1の実施形態の超音波撮像装置の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図

。

【図2】第2の実施形態の超音波撮像装置の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図

。

【図3】第2の実施形態の超音波撮像装置の（a）斜視図、（b）ブロック図。

50

【図4】第2の実施形態の送信ビームの照射領域32と受信走査線との関係を示す説明図。

【図5】(a)送信ビームの照射領域32との位置関係によって受信走査線31を領域A~Cに分けたことを示す説明図、(b)各領域A~Cの波面から求めた遅延時間の曲線を示すグラフ。

【図6】波面から求めた遅延時間の曲線と、それを接続した近似曲線91、92の形状例を示すグラフ。

【図7】(a)拡大型送信ビームにおけるビームフォーミングを説明する図、(b)集束型送信ビームにおけるビームフォーミングを説明する図。

【図8】集束型送信ビームの照射領域32の内側と外側の波面の形状を示す説明図。

10

【図9】波面から求めた遅延時間の不連続な曲線82と、これらを連続して接続する曲線81を示すグラフ。

【図10】第2の実施形態の不連続解消用遅延時間生成部114の動作を処理部301とメモリ302によりソフトウェアで実現する構成した例を示すブロック図。

【図11】(a)第2の実施形態の不連続解消用遅延時間生成部114の動作をハードウェアで実現する場合のレジスタの構成を示すブロック図、(b)レジスタと補間回路で不連続解消用遅延時間生成部114を構成する例を示すブロック図、(c)複数のレジスタで不連続解消用遅延時間生成部114を構成する例を示すブロック図。

【図12】第4の実施形態の超音波撮像装置の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

20

【図13】(a)および(b)第4の実施形態の不連続度合いを検出する検出部113aの動作を示す説明図。

【図14】第4の実施形態の最適係数設定部113bの動作を示すフローチャート。

【図15】(a)第4の実施形態の最適係数設定部113bを構成するレジスタ151を不連続解消用遅延量生成部114の中に配置した例を示す説明図、(b)第4の実施形態の最適係数設定部113bを構成するレジスタ151の説明図。

【図16】第5の実施形態で用いる画像データと送信焦点の深さ位置を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明の一実施形態の超音波撮像装置について説明する。

30

【0018】

(第1の実施形態)

第1の実施形態の超音波撮像装置について、図1を用いて説明する。

【0019】

第1の実施形態の超音波撮像装置は、複数の超音波素子105が受信した受信信号を受信走査線上の所定の点ごとの遅延時間によってそれぞれ遅延させて整相した後加算して整相信号12を得る受信ビームフォーマ108と、不連続抽出部113と、不連続解消用遅延時間生成部114とを有する。不連続抽出部113は、整相信号12の波面が不連続となる不連続度合いを検出する。不連続解消用遅延時間生成部114は、検出した不連続度合いが予め定めた値より大きい領域がある場合、不連続を生じた領域の遅延時間を変化させる。

40

【0020】

このように、第1の実施形態では、遅延時間の不連続に起因して、整相信号に不連続が生じている領域があるかどうかを、整相信号の不連続度合いから検出する。不連続が生じている領域がある場合には、その領域の遅延時間を変化させることにより、整相信号の不連続を抑制することができる。よって、集束型送信ビームを送信し、その照射領域の外側に受信走査線を配置した場合でも、送信焦点深さ付近で不連続が発生しない受信ビームフォーミングを行うことができる。

【0021】

なお、不連続抽出部113は、整相信号から生成された画像データを用いて画像データ

50

における不連続を検出することもできる。

【0022】

図1には、上記説明した以外の構成も含まれるが、これらの構成は、第2実施形態の構成と同様であるので、ここでは説明を省略する。

【0023】

(第2の実施形態)

第2の実施形態の超音波撮像装置について、図2、図3(a)、(b)を用いて説明する。図2は、装置の一部のブロック図、図3(a)は装置の斜視図、図3(b)は装置全体の概略構成を示すブロック図である。

【0024】

図2および図3(a)、(b)に示すように、第2の実施形態の超音波撮像装置は、所定の方向に沿って複数の超音波素子105を配列した超音波素子アレイ101と、被検体100の撮像領域に複数の超音波素子105の少なくとも一部(201, 202, 203)から集束型の送信ビームを送信させる送信ビームフォーマ104と、被検体100からの超音波を受信した複数の超音波素子105の出力する受信信号を遅延時間によって遅延させて整相加算した整相信号を出力する受信ビームフォーマ108とを有する。

【0025】

受信ビームフォーマ108は、図4のように、集束型の送信ビームの照射領域32の内側のみならず外側にも受信走査線31を設定する走査線設定部116と、受信走査線31上の所定の点の遅延時間を演算により求める遅延時間演算部112とを含む。

【0026】

遅延時間演算部112は、照射領域32の外側の受信走査線上の領域B(図4参照)の遅延時間を求める。具体的には、図5(a)、(b)のように、送信ビームの送信焦点33の深さより浅い領域B1では、送信ビームを照射した複数の超音波素子105の一側端部105aからの回折波の波形に基づいて遅延時間(曲線72)を求める。送信焦点33の深さにより深い領域B2では、他側端部105bからの回折波の波形に基づいて遅延時間(曲線73)を求める。

【0027】

領域B1の遅延時間(曲線72)と、領域B2の遅延時間(曲線73)は、図5のように不連続である。そこで、遅延時間演算部112は、図6のように、送信焦点33の深さ付近における浅い領域B1の遅延時間(曲線72)と深い領域B2の遅延時間(曲線73)の不連続を接続する遅延時間(曲線91または92)を生成する不連続解消用遅延時間生成部114を備える。

【0028】

このように、不連続解消用遅延時間生成部114が、回折波から求めた遅延時間の曲線72と曲線73が送信焦点33の深さ付近で不連続になることを解消する。これにより、集束型送信ビームを送信し、その照射領域の外側に受信走査線を配置した場合でも、送信焦点深さ付近で不連続が発生しない受信ビームフォーミングを行うことができる。

【0029】

以下、第2の実施形態の超音波撮像装置をさらに具体的に説明する。

【0030】

図2および図3(a)、(b)を用いて超音波撮像装置の全体構成についてさらに説明する。

【0031】

図3(a)のように、超音波撮像装置は、超音波探触子106と、装置本体102と、画像表示部103と、コンソール110を備えている。装置本体102内には、図3(b)のように送信ビームフォーマ104と、送受信分離回路(T/R)107と、受信ビームフォーマ108と、画像処理部109と、これらの動作を制御する制御部111が配置されている。

【0032】

10

20

30

40

50

受信ビームフォーマ108は、図2のように、上述の走査線設定部116、遅延時間演算部112、不連続解消遅延時間生成部114のほか、遅延時間メモリ123、遅延加算整相部204、ビームメモリ206、送信間合成部205、フレームメモリ207を備えている。

【0033】

図3(b)の送信ビームフォーマ104は、超音波の送信ビームを生成するための送信ビーム用信号を生成する。送信ビーム用信号は、送受信分離回路107を経て、超音波探触子106に受け渡される。超音波探触子106は、超音波素子アレイ101の超音波素子105にそれぞれ送信ビーム用信号を受け渡す。超音波素子105は、超音波を被検体100の体内に向けて送信する。体内で反射されたエコー信号は、超音波探触子106の超音波素子アレイ101により受信される。受信信号は、再び送受信分離回路107を経て受信ビームフォーマ108において整相加算演算処理等が施される。

10

【0034】

受信ビームフォーマ108の各部の詳しい動作を説明する前に、一般的な拡大型送信ビームと集束型送信ビームにおけるビームフォーミングについて説明する。

【0035】

図7(a)は、従来の拡大型送信ビームにおけるビームフォーミングを説明する図である。拡大型送信ビームは、その広がり角θが小さい場合は、送信音軸方向に送信された超音波に対して、送信ビームの最も外側から送信された超音波の飛行行程に大きな誤差がない。しかしながら、送信ビームの広がり角θが大きい場合には、送信ビームの最も外側から送信された超音波の飛行行程は、送信音軸方向に沿って進む超音波に対して誤差が大きくなる。そのため、拡大型送信ビームは、広がり角θをあまり大きく設定することができないため、高速撮像や開口合成に必要な十分な数の走査線を設定することが難しい。

20

【0036】

一方、図7(b)は、集束型送信ビームにおけるビームフォーミングを説明する図である。集束型送信ビームの照射領域(超音波エネルギーが収束する領域)32内では仮想音源法により遅延時間が求められる。図7(b)を用いて仮想音源法による音波の飛行時間(TOF: time of flight)計算の手順を説明する。仮想音源法では送信焦点の位置を仮想的な音源(virtual source)として、その点から音波が球面拡散で再放射されると仮定する。たとえば、図7(b)の場合は、仮想音源から深部方向に音波が進み、浅部方向に音波が時間を遡って超音波素子に戻る、と考える。ここで、飛行時間計算における時刻原点(ゼロ時刻)を、超音波素子アレイ101の送信口径(201)の中心位置(送信口径の素子数が偶数の場合は素子と素子の中心)から音波が送信された時刻とすると、ある超音波素子105に、撮像点(受信整相点5)で反射された音波が到達するまでの飛行時間 tofは、下式(1)で表わされる。ここで、 $d_1$ は送信口径の中心から仮想音源までの距離(集束送信の場合は焦点距離)、 $d_2$ は仮想音源から受信整相点5までの距離、 $d_3$ は受信整相点5と受信超音波素子105との距離、 $C$ は媒質の音速である。式(1)において復号の-は、受信整相点5が仮想音源から見て超音波素子アレイ101側にある場合、+は、受信整相点5が仮想音源から見て超音波素子アレイ101とは反対側に存在する場合である。なお式(1)の距離 $d$ は全てスカラーである。

30

40

【0037】

【数1】

$$tof = (d_1 \mp d_2 + d_3) / C \quad \dots(1)$$

{ 符号 - : 撮像点がプローブ側送信照射域の場合  
 { 符号 + : 撮像点がプローブと反対側の送信照射域の場合

【0038】

仮想音源法を用いることで、送信ビームの照射領域32の全域にわたって受信整相点5を設定でき、受信超音波素子105ごとに飛行時間をそれぞれ計算することができる。求

50

めた飛行時間を遅延時間として用いることにより、整相処理を行うことができる。よって、集束型送信ビームは、広がり角  $\theta$  を大きく設定することができ、送信音波が伝搬する領域の幅を広げることが出来る。

【 0 0 3 9 】

しかしながら、集束型送信ビームの照射領域 3 2 の全体に図 4 ( a ) のように複数の受信走査線 3 1 を配置すると、照射領域 3 2 の外側を通過する領域 B が生じる。本発明では、図 8 のように、照射領域 3 2 の外側については、送信ビームを送信した超音波素子アレイ 1 0 1 の送信口径 2 0 1 の端部の超音波素子 1 0 5 a、1 0 5 b から球面波 ( 回折波 ) が伝搬しているとみなして遅延時間を求める。

【 0 0 4 0 】

例えば、照射領域 3 2 よりも左側の領域では、送信焦点 3 3 よりも浅い領域では、左端の超音波素子 1 0 5 a からの球面波 ( 以下、回折波と呼ぶ ) 6 2 が伝搬しており、送信焦点 3 3 よりも深い領域では、右端の超音波素子 1 0 5 b からの球面波 ( 以下、回折波と呼ぶ ) 6 3 が伝搬していると見なせる。一方、照射領域 3 2 よりも右側の領域では、送信焦点 3 3 よりも浅い領域では、右端の超音波素子 1 0 5 b からの回折波 6 3 が伝搬しており、送信焦点 3 3 よりも深い領域では、左端の超音波素子 1 0 5 a からの回折波 6 2 が伝搬していると見なせる。

【 0 0 4 1 】

図 8 のように、回折波の形状は、幾何的に求めることができる。例えば送信焦点 3 3 より浅く、かつ照射領域 3 2 よりも左側の領域の場合は、回折波 6 2 の形状は、左端の超音波素子 1 0 5 a を中心とした半径  $r_1$  の円弧になる。送信焦点 3 3 より深く、かつ照射領域 3 2 よりも左側の領域の場合は、回折波 6 2 は、右端の超音波素子 1 0 5 b を中心とした半径  $r_1$  の円弧の形状になる。そのため、照射領域 3 2 よりも左側の領域では、送信焦点 3 3 付近を境に、回折波の形状が、回折波 6 2 から回折波 6 3 に切り替わる。照射領域 3 2 よりも右側の領域では、送信焦点 3 3 付近を境に回折波 6 3 から回折波 6 2 に切り替わる。

【 0 0 4 2 】

このため、図 4、図 5 ( a ) のように受信走査線 3 1 を配置した場合には、送信ビームの照射領域 3 2 内の領域 ( 内側領域 A、C ) については、仮想音源法による遅延時間が適用され、遅延時間の曲線は、図 5 ( b ) のように、送信焦点 3 3 よりも浅い ( 超音波素子アレイ 1 0 1 ) 側の内側領域 A では曲線 7 1 により、深い側の内側領域 C では曲線 7 4 により表される。また、外側領域 B のうち、送信焦点 3 3 よりも浅い領域 B 1 では回折波 6 2 による遅延時間は、曲線 7 2 で表され、送信焦点 3 3 よりも深い領域 B 2 では回折波 6 3 による遅延時間は、曲線 7 3 で表される。

【 0 0 4 3 】

図 5 ( b ) から明らかなように回折波 6 2 による遅延時間の曲線 7 2 と、回折波 6 3 による遅延時間の曲線 7 3 は、接しておらず、これらをそのまま適用すると、図 9 の実線 8 2 に示すように、送信焦点 3 3 において遅延時間は不連続になるという問題が生じる ( ただし、図 9 では、実線 8 2 の不連続を、送信焦点 3 3 において直線で接続して示している )。遅延時間の不連続は、生成される整相信号 1 2 や超音波画像の画素値の送信焦点 3 3 の深さ付近における不連続を招き、アーチファクトを生じさせる。

【 0 0 4 4 】

不連続解消用遅延時間生成部 1 1 4 は、この不連続な遅延時間を連続的に接続する遅延時間を生成する。具体的には、図 6 の曲線 9 1、9 2 等のように、曲線 7 2 や 7 3 に漸近する曲線に沿った遅延時間を発生させる。これにより、図 9 の曲線 8 1 のように、送信焦点 3 3 付近の遅延時間の不連続を滑らかに接続することができ、アーチファクトを抑制することができる。

【 0 0 4 5 】

なお、図 5 ( b ) および図 6 のグラフは、平面波伝搬による遅延時間のオフセット分を縦軸の遅延時間から差し引いている。図 9 のグラフでは、平面波伝搬の遅延時間のオフセ

10

20

30

40

50

ット分を差し引いていない。

【0046】

不連続解消用遅延時間生成部114の動作について具体的に説明する。ここでは、不連続解消用遅延時間生成部114は、図6の曲線91に示すように、領域B1における前方回折波62による遅延時間(曲線72)から領域B2における後方回折波63による遅延時間(曲線73)に順に漸近する遅延時間を生成する。

【0047】

なお、図4、図5および図6では、領域AとBの境界、および、領域BとCの境界が、受信走査線31と、送信ビームの照射領域32の外形との交点34になるように設定しているが、必ずしも交点34と一致していなくてもよい。領域Bの回折波による遅延時間の領域を広くとることで、画像全体の均質なSN比を実現することが可能である。また、仮想音源法の領域A、Cを広くとりすぎると、送信焦点33の深さ近傍で遅延時間の変化の傾きが急峻となってしまいうため、焦点33の深さ近傍の画像の不連続が顕在化しやすくなる。そのため、領域Bの回折波による遅延時間の領域を広くとることが望ましい。

【0048】

本実施形態では、不連続解消用遅延時間生成部114は、下式(2)で表されるシグモイド関数を利用した式(3)を用いて前方回折波の遅延時間の曲線72と後方回折波の遅延時間の曲線73の間を、連続的につなぐ曲線91の遅延時間を式(4)により生成する。

【0049】

【数2】

$$w_a(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}} \quad \dots (2)$$

【数3】

$$w_{\text{single}}(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-x_f)}} \quad \dots (3)$$

【数4】

$$TOF_{\text{approx.}} = w_{\text{single}} \times TOF_{\text{edge\_near}} + (1 - w_{\text{single}}) \times TOF_{\text{edge\_far}} \quad \dots (4)$$

【0050】

式(2)のシグモイド関数は、両端が漸近的な振る舞いをする関数である。式(3)は、式(2)を用いた超音波素子アレイ101からの深さxについて、重み係数wを決定する関数である。ただし、式(3)において、xの範囲は、領域Bの範囲であり、 $x_f$ は、超音波素子アレイ101から送信焦点33までの深さを表し、 $a$ は、係数である。式(3)により、送信焦点33の深さを中心に、浅い側と深い側で値が対称に変化する重み関数 $w_{\text{single}}(x)$ が得られる。係数 $a$ を変化させることにより、重み関数 $w_{\text{single}}(x)$ の形状が変化する。本実施形態では、係数 $a$ は、予め定めた値または制御部111から指示された値を用いる。制御部111は、係数 $a$ の値をコンソール110を介して操作者から受け付ける構成にしてもよい。

【0051】

不連続解消用遅延時間生成部114は、式(3)で得られた重み関数 $w_{\text{single}}(x)$ を用いて、式(4)のように、前方回折波による遅延時間(飛行時間) $TOF_{\text{edge\_near}}$ (曲線

10

20

30

40

50

7 2 の値) と、後方回折波による遅延時間 (飛行時間)  $TOF_{edge\_far}$  (曲線 7 3 の値) をそれぞれ重み付けして加算する。これにより、不連続解消用遅延時間生成部 1 1 4 は、曲線 9 1 のように、曲線 7 2 と曲線 7 3 に両側が漸近した遅延時間  $TOF_{approx}$  (曲線 9 1) を生成することができる。具体的には、図 6 の点で表された遅延時間を生成することができる。なお、シグモイド型の関数は端部分でゼロにはならないため、領域 B の両端で、曲線 7 2 と 7 3 に一致させるために、若干の値の修正が必要である。

【 0 0 5 2 】

上記式 ( 2 ) ~ ( 4 ) では、曲線 7 2 と曲線 7 3 を連続的に接続するモデル関数としてシグモイド関数を用いたが、式 ( 3 ) の代わりに、式 ( 5 ) のような、係数  $\alpha$  を用いた一般化コサイン型の関数 (raised cosine) などの関数を用いてもよい。たとえば、その一つの関数の形としてハニング関数 (式 ( 6 ) ) やハミング関数 (式 ( 7 ) ) 等の窓関数のような関数を用いてもよい。また、一般化コサイン型の関数の cosine 関数部分の指数は、1 であっても、それ以上のたとえば、2 や 4 などの高次の指数であってもよい。指数を変化させることにより、関数の係数変化による鋭敏さを変えることができる。

【 0 0 5 3 】

【数 5】

$$w(x) = \alpha - (1 - \alpha) \cos(2\pi x) \quad \dots (5)$$

【数 6】

$$w(x) = 0.5 - 0.5 \cos(2\pi x) \quad \dots (6)$$

【数 7】

$$w(x) = 0.54 - 0.46 \cos(2\pi x) \quad \dots (7)$$

【 0 0 5 4 】

上記式 ( 5 ) ~ ( 7 ) の重み関数は、コサイン型の関数であるので、対象領域の端の部分で 0 もしくは 1 の値をとるため、端部分での修正の必要が無い。式 ( 5 ) ~ ( 7 ) の定義域を  $0 \leq x \leq 0.5$  とすることで、0 から 1 まで連続的に変化する関数を実現できる。すなわち、たとえば式 ( 8 ) のようにすることで、領域 B の両端  $x_{edge1}$ 、 $x_{edge2}$  の間を連続的に結ぶ曲線 9 1 を実現することができる。式 ( 8 ) において、 $x_{edge1}$ 、 $x_{edge2}$  は図 5、図 6 に示すように、ある走査線上の領域 B の両端点の深さである。

【 0 0 5 5 】

【数 8】

$$w(x) = \alpha - (1 - \alpha) \cos \left\{ 2\pi \frac{0.5(x - x_{edge1})}{(x_{edge2} - x_{edge1})} \right\} \quad \dots (8)$$

【 0 0 5 6 】

上記式 ( 3 ) のシグモイド関数と、式 ( 5 ) ~ ( 8 ) のコサイン型の関数は、それぞれパラメータのみでコントロールできるため、演算量が少なく、ハードウェアやソフトウェアの実装上のコスト削減・および簡略化の面でも優れている。

【 0 0 5 7 】

なお、上記関数に限らず、ブラックマン窓、カイザー窓等の他の窓関数を用いて重み関数  $w(x)$  を定義することも可能である。

【 0 0 5 8 】

以下、図 2 の受信ビームフォーマ 1 0 8 の各部の動作について、具体的に説明する。遅

10

20

30

40

50

遅延時間演算部 112 および不連続解消用遅延時間生成部 114 は、CPU等の処理部とメモリとを含んで構成される。メモリ内に予め格納されたプログラムを処理部が読み込んで実行することにより、ソフトウェア処理により動作する。また、遅延時間演算部 112 および不連続解消用遅延時間生成部 114 は、予め定めた動作をするハードウェアであるASICやFPGAとレジスタにより構成することも可能である。レジスタには、送信条件や深さ $x$ や係数  $\alpha$  ごとに予め求めた出力値を格納しておく。ASICやFPGAが、レジスタから条件に対応する適切な値を読みだすことにより、遅延時間演算部 112 および不連続解消用遅延時間生成部 114 が動作する。また、遅延時間演算部 112 および不連続解消用遅延時間生成部 114 のうちの一部をソフトウェア処理に、他の部分をハードウェアにより実現することも可能である。

10

## 【0059】

受信ビームフォーマ 108 の走査線設定部 116 は、制御部 111 から送信条件および走査線 31 の本数と位置情報を受け取り、送信ビームが照射された領域 32 に図 4 のように、所定数の受信走査線 31 を設定する。

## 【0060】

遅延時間演算部 112 は、ソフトウェア処理によりその動作を実現する場合、制御部 111 から受け取った送信条件から照射領域 32 の外形を算出し、照射領域 32 の外形と受信走査線 31 との交点 34 の位置を演算により求め、その交点を境界とする内側領域 A、C と外側領域 B を受信走査線 31 に設定する。一方、遅延時間演算部 112 をハードウェアにより構成する場合は、照射領域 32 の形状と受信走査線 31 との位置関係から、送信条件ごとに内側領域 A、C と外側領域 B の範囲を示すデータを予め求め、これを送信条件ごとにレジスタやメモリに格納しておく。制御部 111 から受け取った送信条件と設定された受信走査線 31 に対応する領域 A、B、C の範囲を、レジスタやメモリから読みだして出力させる。

20

## 【0061】

さらに、遅延時間演算部 112 は、レジスタやメモリを備えている。レジスタやメモリには、送信条件ごと、受信走査線 31 ごと、超音波素子 105 の位置ごとに、領域 A、B1、B2、C の遅延時間の曲線 71、72、73、74 上の値が予め格納されている。遅延時間演算部 112 は、受信走査線 31 の領域 A、C 内の複数の点（セグメント節点）について、送信条件、受信走査線 31 および超音波素子 105 の位置に対応する遅延時間をレジスタやメモリから読みだす。

30

## 【0062】

不連続解消用遅延時間生成部 114 は、領域 B 内の複数の点（セグメント節点）について、不連続解消用の曲線 91 に沿った遅延時間を生成する。具体的には、不連続解消用遅延時間生成部 114 が、図 10 のように処理部 301 とメモリ 302 を含む構成であり、ソフトウェア処理によりその動作を実現する場合は、以下のように動作して、不連続解消用の遅延時間を生成する。すなわち、不連続解消用遅延時間生成部 114 は、制御部 111 および走査線設定部 116 から受け取った係数  $\alpha$  と、領域 B の深さ $x$ の範囲、および送信焦点 33 の深さから、式 (3) を演算し、深さ $x$ ごとの重み関数  $w_{\text{single}}(x)$  を算出する。そして、不連続解消用遅延時間生成部 114 は、遅延時間演算部 112 のレジスタやメモリから、領域 B1、B2 の曲線 72、73 上の遅延時間  $\text{TOF}_{\text{edge\_near}}$ 、 $\text{TOF}_{\text{edge\_far}}$  を読みだす。重み関数  $w_{\text{single}}(x)$  と遅延時間  $\text{TOF}_{\text{edge\_near}}$ 、 $\text{TOF}_{\text{edge\_far}}$  とを用いて式 (4) を演算し、不連続解消用の遅延時間  $\text{TOF}_{\text{approx}}$  を深さ $x$ ごとに求める。なお、上述したように式 (3) に代えて、式 (5) ~ (7) のいずれかを用いてもよい。また、曲線 91 は傾きが急峻であるので、領域 B のセグメント節点の間隔を、領域 A、C のセグメント節点の間隔よりも狭く設定することが望ましい。

40

## 【0063】

また、不連続解消用遅延時間生成部 114 を、図 11 (c) のようにハードウェアにより構成する場合には、係数  $\alpha$  と、領域 B の深さ $x$ の組み合わせについて、式 (3) により予め求めておいた重み関数  $w_{\text{single}}(x)$  の値を格納したレジスタ 303 (図 11 (a) 参

50

照)を、送信焦点33の深さごとに備えた構成とする。不連続解消用遅延時間生成部114は、制御部111および走査線設定部116から受け取った係数と、領域Bの深さxの範囲、および送信焦点33の深さに対応する重み関数 $w_{single}(x)$ を複数のレジスタ303から読み出す。そして、不連続解消用遅延時間生成部114は、遅延時間演算部112のレジスタやメモリから、領域B1、B2の曲線72、73上の遅延時間 $TOF_{edge\_near}$ 、 $TOF_{edge\_far}$ を読み出す。これらと重み関数 $w_{single}(x)$ を用いて、式(4)を演算し、不連続解消用の遅延時間 $TOF_{approx}$ を、領域Bの予め定めたセグメント節点の深さxごとに求める。なお、レジスタ303に予め格納する重み関数 $w_{single}(x)$ の値は、式(3)に代えて、式(5)~(7)のいずれかを求めた値であってもよい。

【0064】

また、遅延係数演算部111の構成は、図11(c)のように、条件の組み合わせごとの値をすべて格納した複数のレジスタ303を備える構成に限られるものではなく、図11(b)のように、条件の組み合わせの数よりも少ない数の値を格納したレジスタ303と、そのレジスタ303に格納されている値から補間演算により、必要とする条件に対応する重み関数 $w_{single}(x)$ を求める補間回路304とを備える構成にすることも可能である。例えば、補間回路304は、FPGA等のハードウェアにより実現することができる。これにより、図11(c)の回路規模を低減することができる。

【0065】

遅延時間演算部112と不連続解消用遅延時間生成部114は、領域A、B、Cの複数のセグメント節点について求めた遅延時間を、遅延時間メモリ123に受け渡す。遅延時間は、一つの受信走査線31について、超音波素子105ごとに設定される。

【0066】

遅延加算整相部204は、遅延時間メモリ123からセグメント節点ごとの遅延時間および位置情報を読み出し、区間線形補間演算により、受信走査線上のセグメント節点間の受信整相点の位置の遅延時間を求める。求めた遅延時間を用いて、超音波素子105ごとに受信信号を遅延させて整相したのち加算し、整相信号を得る。外側領域Bは、曲線91により連続的に変化する遅延時間が設定されているため、整相信号も連続した値となる。

【0067】

これを、すべての受信走査線31について行う。各受信走査線31の受信整相点について求められた整相信号は、ビームメモリ206に格納される。送信ビームの照射位置を変化させながら、上記動作を予め定めた回数繰り返す。

【0068】

送信間合成部205は、同じ受信整相点についての複数の整相信号をビームメモリ206から読みだして合成することにより、開口合成を行う。そして、合成後の整相信号を用いて撮像領域の画像を生成する。生成した画像は、フレームメモリ207に格納されるとともに、画像処理部109に出力される。画像処理部109は、必要に応じて画像処理を施した画像を画像表示部103に表示させる。

【0069】

表示される画像は、送信焦点付近においても不連続なアーチファクトが生じず、高精度な画像を表示することができる。

【0070】

(第3の実施形態)

第3の実施形態では、不連続解消用遅延時間生成部114は、下式(9-1)、(9-2)、(10-1)、(10-2)を用いて、前方回折波の遅延時間の曲線72と後方回折波の遅延時間の曲線73の間を、連続的につなぐ曲線92(図6の点を参照)を生成する。

【0071】

曲線92は、図6から明らかなように、浅い領域B1の遅延時間の変化を示す曲線72と、平面波伝搬に基づいて定められる遅延時間の変化を示す直線75とを接続する部分(B1)、および、平面波伝搬の直線75と、深い領域B2の遅延時間の変化を示す曲線7

10

20

30

40

50

3とを接続する部分(B2)とを有する2段型となっている。

【0072】

式(9-1)、(9-2)は、いずれも式(3)と同様にシグモイド関数を用いて重み関数を決定する式である。本実施形態では、領域Bを送信焦点33の深さを境に領域B1とB2に分け、それぞれ式(9-1)、(9-2)で重み関数を生成する。なお、式(9-1)、(9-2)において、x1は、領域Bの領域A側の端部の深さと、送信焦点33の深さfocusとの midpointの深さであり、x2は、送信焦点33の深さfocusと、領域Bの領域C側の端部の深さとの midpointの深さである。なお、式(9-1)、(9-2)、(10-1)、(10-2)において、xの範囲は、領域Bの範囲である。

【0073】

式(9-1)、(9-2)で求められた重み関数w\_double(x)を用いて、それぞれ式(10-1)、(10-2)を演算することにより、前方回折波による遅延時間(飛行時間)TOF\_edge\_near(曲線72の値)と、平面波伝搬による遅延時間TOF\_PW(直線75の値)と、後方回折波による遅延時間(飛行時間)TOF\_edge\_far(曲線73の値)をそれぞれ重み付けして加算する。これにより、不連続解消用遅延時間生成部114は、曲線92のように、曲線72に漸近した後、平面波伝搬の直線75に漸近して横切り、曲線73に漸近した遅延時間TOF\_approx(曲線92)を生成することができる。

【0074】

【数9】

$$w_{double}(x) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-a(x-x_1)}} : & x \leq x_f & \dots (9-1) \\ \frac{1}{1 + e^{-a(x-x_2)}} : & x > x_f & \dots (9-2) \end{cases}$$

【0075】

【数10】

(i)  $x \leq x_f$

$$TOF_{approx.} = w_{double}(x) \times TOF_{edge\_near} + (1 - w_{double}(x)) \times TOF_{PW} \dots (10-1)$$

(ii)  $x > x_f$

$$TOF_{approx.} = w_{double}(x) \times TOF_{PW} + (1 - w_{double}(x)) \times TOF_{edge\_far} \dots (10-2)$$

【0076】

また、ここでも式(11-1)、(11-2)のようにすることで、cosine型の関数を用いて、曲線92のように、曲線72に漸近した後、平面波伝搬の直線75に漸近して横切り、曲線73に漸近した遅延時間TOF\_approx(曲線92)を生成することができる。すなわち、領域Bの両端x\_edge1、x\_edge2の間を連続的に結ぶ曲線92を実現することができる。式(11-1)、(11-2)において、x\_edge1、x\_edge2は図5、図6に示すように、ある走査線上の領域Bの両端点の深さ、x\_fは焦点の深さである。

【数 1 1】

$$w(x) = \alpha - (1 - \alpha) \cos \left\{ 2\pi \frac{0.5(x - x_{edge1})}{(x_f - x_{edge1})} \right\} : x \leq x_f \quad \dots (11-1)$$

$$w(x) = \alpha - (1 - \alpha) \cos \left\{ 2\pi \frac{0.5(x - x_f)}{(x_{edge2} - x_f)} \right\} : x > x_f \quad \dots (11-2)$$

【0077】

10

他の構成および作用・効果は、第2の実施形態と同様であるので説明を省略するが、遅延時間演算部112および不連続解消用遅延時間生成部114は、ソフトウェアにより動作を実現する構成にすることも可能である。また、ハードウェアにより実現する構成にすることも可能である。

【0078】

(第4の実施形態)

第4の実施形態の超音波撮像装置について説明する。

【0079】

図12のように、第4の実施形態の超音波撮像装置は、不連続抽出部113を備えている。不連続抽出部113は、整相信号等に不連続が生じているかどうかを検出する検出部113aと、不連続度合いが所定値以下になるまで不連続解消用遅延時間生成部114が生成する遅延値を変化させる最適係数設定部113bとを備えている。

20

【0080】

不連続抽出部113の検出部113aは、遅延加算整相部204から送信焦点33の深さの前後の整相信号を受け取り、図13(a)のように送信焦点33を挟んだ二つの領域96、97を整相信号に設定する。領域96、97の深度の幅は、予め定めた値とする。そして、領域96の整相信号と、領域97の整相信号との不連続の度合いを示す指標として、両者の相関係数(たとえばpearsonの相関係数もしくは、領域96、97の深さ方向の幅のサンプル点数でたたみ込み演算により求めた相互相関関数の最大値などの係数)を算出する。求めた相関係数の数値が予め定めた値(例えば、相関係数の最大値を1.0としたときに0.95、0.8などの値)以下である場合、検出部113aは、不連続が生じていると判断し、最適係数設定部113bに最適係数を求める動作を行うように指示する。

30

【0081】

また、検出部113aは、相関関数の代わりに、図13(b)のように、送信焦点33を含む所定の深度幅の領域98を整相信号に設定し、領域98内の整相信号の微分係数や統計量を求めてもよい。求めた微分係数が予め定めた値(例えば、あらかじめ計算しておいた領域AやCなどなめらかな微分係数をもつ領域における微係数の平均値の10倍の値)以上であれば、所定値より大きい度合いの不連続が生じていると検出部113aは判定する。また、統計量としては、整相信号の分散値や、整相信号によって計算される相関行列のランクを用いることができる。統計量が所望の値に近ければ不連続の度合いが小さく、所望の値から所定値以上離れていれば不連続の度合いが所定値以上であると判定する。

40

【0082】

上記検出部113aの動作は、検出部113aを処理部とメモリで構成し、処理部がメモリ内のプログラムを読み込んで実行するソフトウェア処理により実現することができる。

【0083】

検出部113aが検出した不連続の度合いが所定値よりも大きい場合、最適係数設定部113bは、図14に示すフローチャートのように動作し、上記式(3)等で用いた係数を適切な値に設定しなおす動作を行う。具体的には、まず、最適係数設定部113bは

50

、係数 の下限値  $\min$ と上限値  $\max$ とを設定する（ステップ 311）。上限値  $\max$ と下限値  $\min$ は、予め定めた値であってもよいし、制御部 111がコンソール 110を介して操作者から受け付けた値であってもよい。

【0084】

そして、 に下限値  $\min$ を設定し、所定の送信条件および受信条件で、制御部 11の制御下で被検体 100またはファントムへ超音波の送受信を行わせる（ステップ 312）。受信ビームフォーマ 108は受信ビームフォーミングを行う。検出部 113aは、この送受信によって得られた整相信号について、不連続の度合いを検出し、その結果をメモリに格納する（ステップ 314）。

【0085】

つぎに、係数 を、  $= +$  （ただし は、予め定めた係数）に設定して、送受信を行って（ステップ 313）、整相信号の不連続の度合いを検出し、その結果をメモリに格納する（ステップ 314）。そして、前回の係数 の時の不連続の度合いと、今回の係数  $+$  の時の不連続の度合いを比較し、今回の係数  $+$  の時の方が不連続の度合いが小さければ、  $+$  を暫定最適値としてメモリに格納し、今回の係数  $+$  の方が不連続の度合いが大きければ、前回の を暫定最適値としてメモリに格納する（ステップ 315～318）。そして、ステップ 313に戻り、現在の係数 に を加算して、上記ステップ 314～318を繰り返す。これを、  $+$  が  $\max$ 以上になるまで繰り返し行った後（ステップ 319）、暫定最適値の を  $\text{opt}$ とすることにより、整相信号の不連続の度合いを最も小さくする最適係数  $\text{opt}$ を求めることができる（ステップ 320）。求めた最適係数  $\text{opt}$ を不連続解消用遅延時間生成部 114に設定する（ステップ 321）。

【0086】

以上により、不連続が生じているかどうかを検出し、さらに、実際の整相信号に不連続が生じない最適な係数 を設定することができるため、遅延値の不連続により整相信号に不連続が生じない条件で送受信を行って画像を生成することができる。

【0087】

なお、上記最適係数設定部 113bは、実際に送受信を繰り返すことにより最適な係数  $\text{opt}$ を求めたが、送信条件（送信焦点 33等）および受信条件（受信走査線の位置等）ごとに予め最適な係数 の値を求め、これを格納したレジスタ 151（図 15（b）参照）を最適係数設定部 113bとして用いることも可能である。この場合、最適係数設定部 113bは、制御部 111から受け取った送信条件および受信条件に応じて最適な係数をレジスタ 151から読み出して出力する。出力した係数 は、不連続解消用遅延時間生成部 114に設定する。このとき、不連続解消用遅延時間生成部 114が、図 11（c）のように、 と  $x$ との関係を格納したレジスタ 303を含む場合、図 15（b）のレジスタ 151と組み合わせて、レジスタ 151を不連続解消用遅延時間生成部 114内に配置することも可能である（図 15（a）参照）。

【0088】

（第5の実施形態）

第5の実施形態の超音波撮像装置では、不連続抽出部 113の検出部 113aが、受信ビームフォーマ 108の生成する画像データを用いて、送信焦点 33の深さ近傍の不連続度合いを検出する。画像データとしては、第4の実施形態の図 12のフレームメモリ 207に格納された開口合成後の画像データや、画像処理部 109の画像処理後の画像データを用いる。また、開口合成せずに生成した画像データを用いることも可能である。

【0089】

検出部 113aは、図 16のような画像データについて送信焦点 33近傍の統計量を抽出する。統計量としては例えば画像のエントロピーを用いる。送信焦点 33の近傍の画像のエントロピーが予め定めた値よりも小さい場合、不連続の度合いが予め定めた値以上であると判定する。最適係数設定部 113bは、画像のエントロピーが最大になるように、係数 を設定する。

10

20

30

40

50

【0090】

他の構成は、第4の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【符号の説明】

【0091】

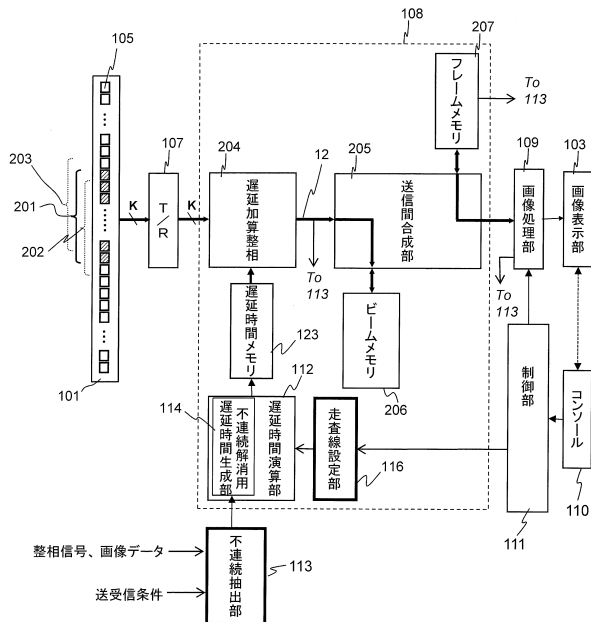
- 100 被検体
- 101 超音波素子アレイ
- 102 超音波撮像装置本体
- 103 画像表示部
- 104 送信ビームフォーマ
- 106 超音波探触子
- 107 送受信分離回路 (T/R)
- 108 受信ビームフォーマ
- 109 画像処理部
- 110 コンソール
- 111 制御部
- 112 遅延時間演算部
- 113 不連続抽出部
- 114 不連続解消用遅延時間生成部
- 116 走査線設定部
- 123 遅延時間メモリ

10

20

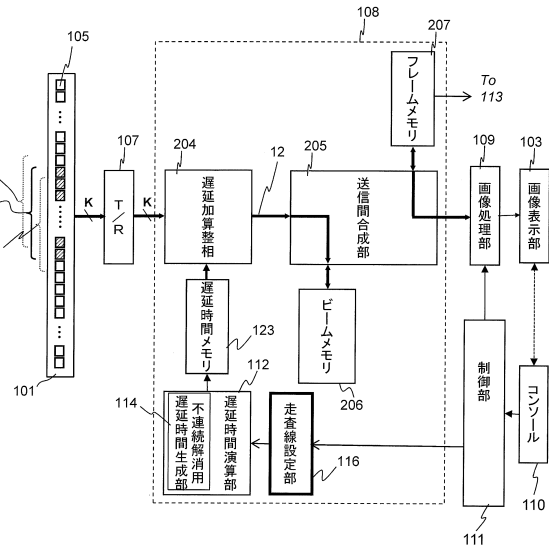
【図1】

図1

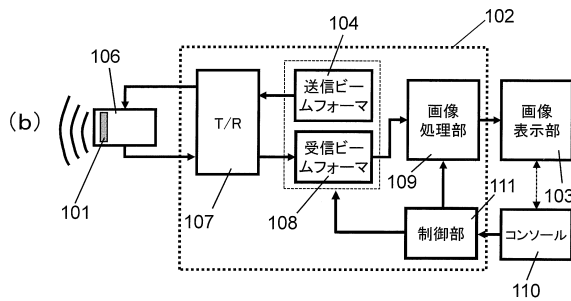
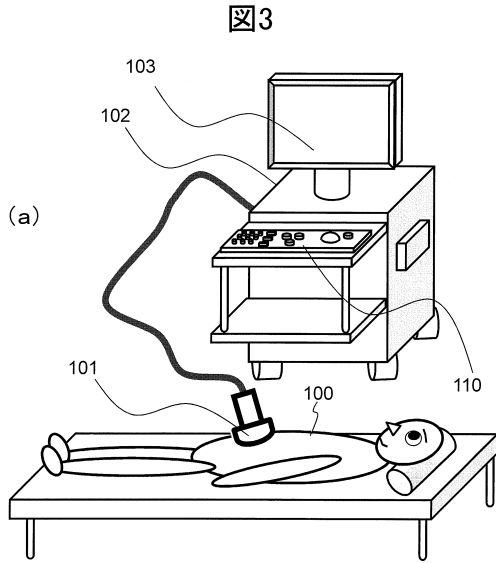


【図2】

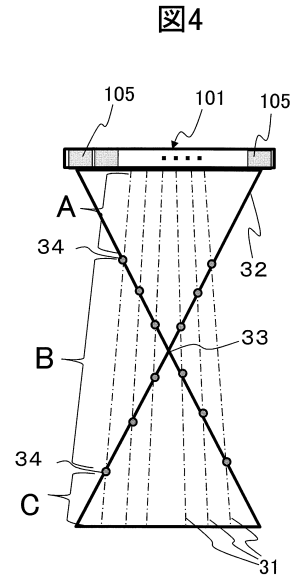
図2



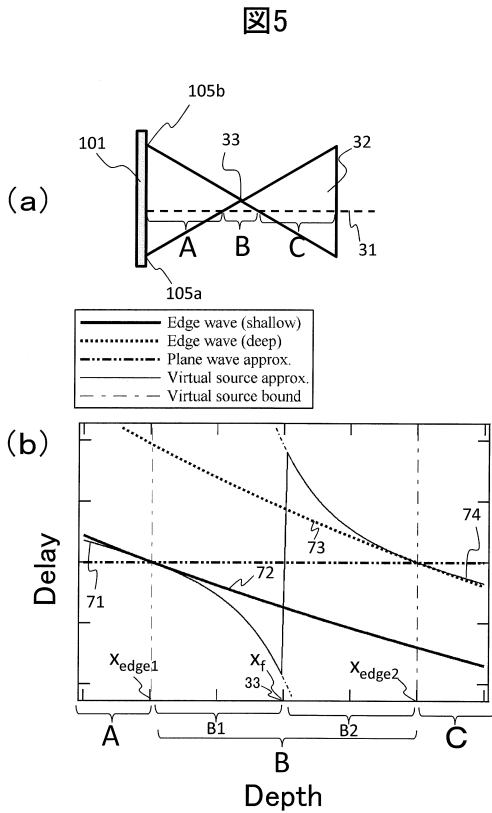
【 図 3 】



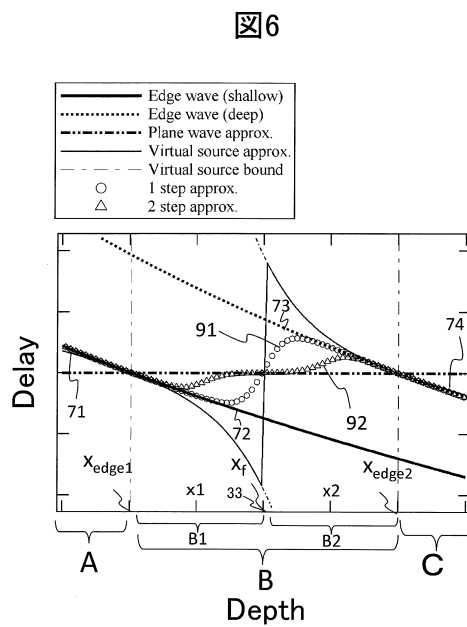
【 図 4 】



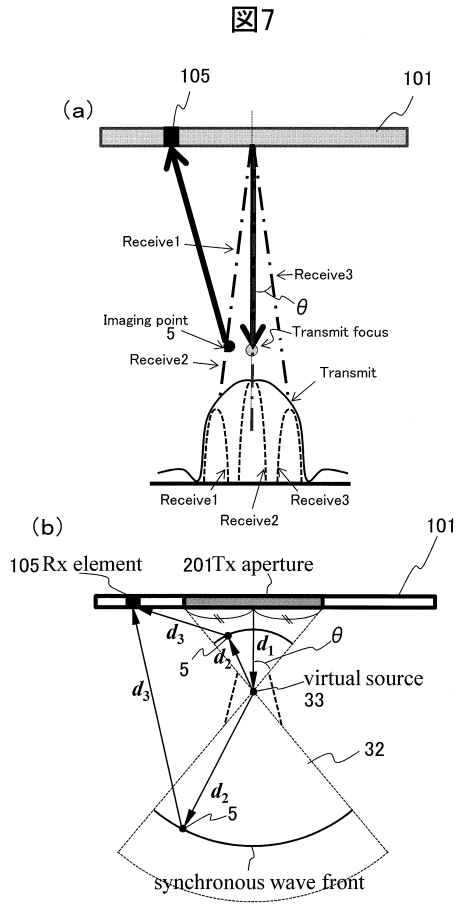
【 図 5 】



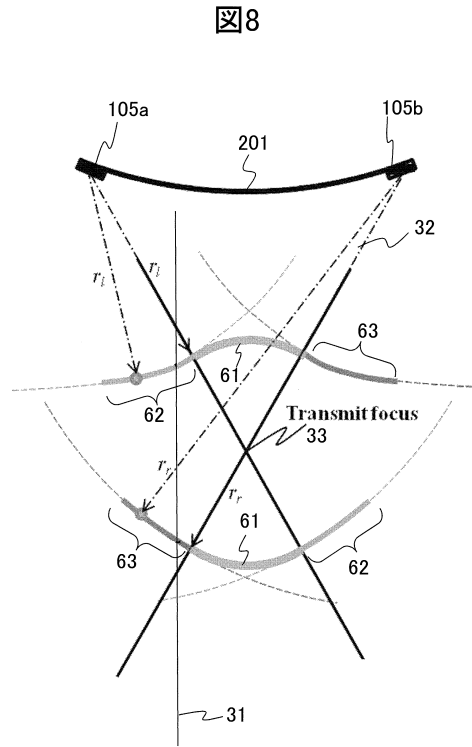
【 図 6 】



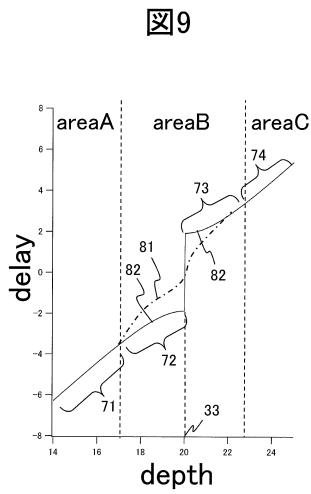
【 図 7 】



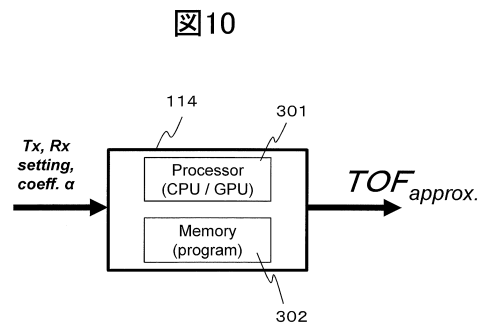
【 図 8 】



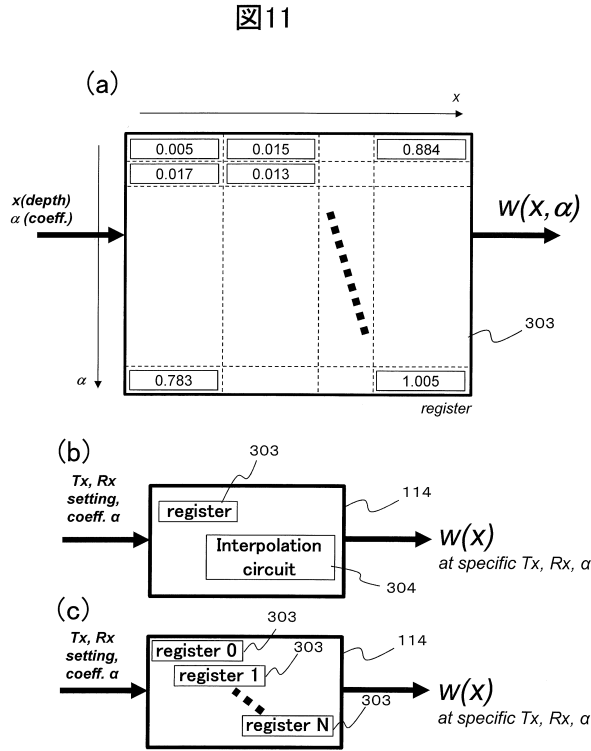
【 図 9 】



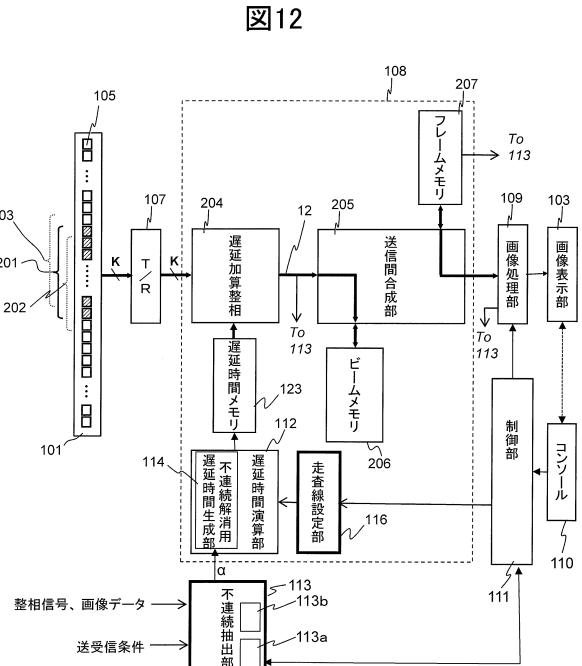
【 図 10 】



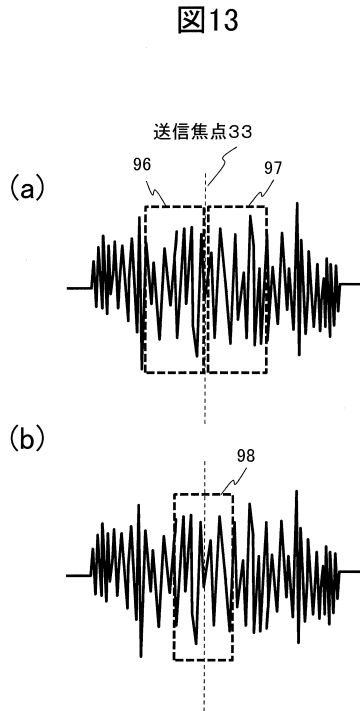
【 図 1 1 】



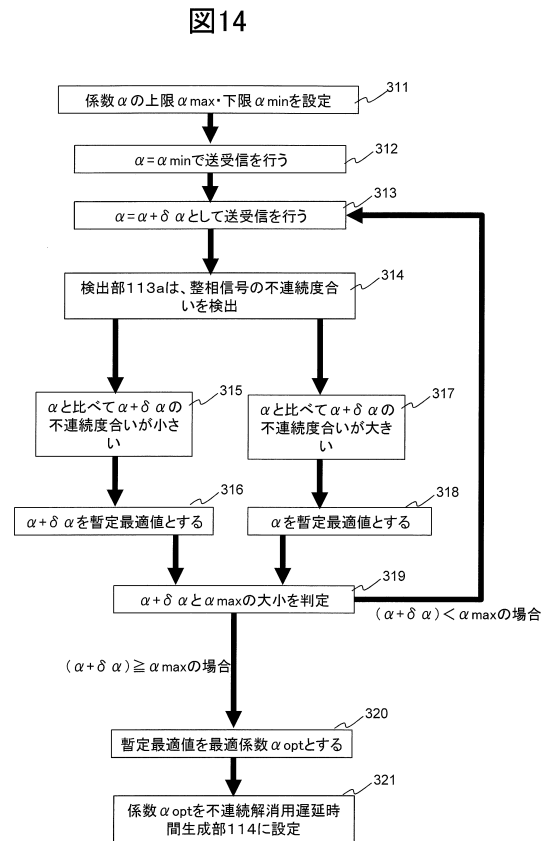
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

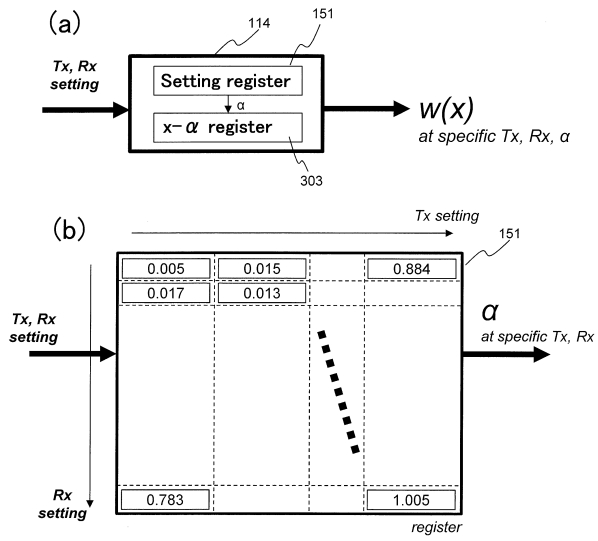


【 図 1 4 】



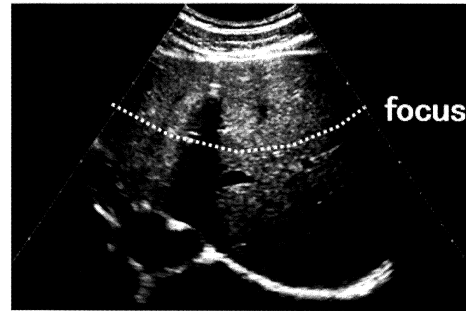
【 図 15 】

図15



【 図 16 】

図16



---

フロントページの続き

- (72)発明者 石原 千鶴枝  
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 鈴木 麻由美  
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

審査官 伊藤 幸仙

- (56)参考文献 特開2009-240700(JP,A)  
特開平10-277042(JP,A)  
国際公開第2015/25655(WO,A1)  
米国特許出願公開第2017/42509(US,A1)

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

专利名称(译)	超声成像设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP6171091B2</a>	公开(公告)日	2017-07-26
申请号	JP2016516346	申请日	2015-04-22
[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		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	池田 貞一郎 鱒沢 裕 高野 慎太 石原 千鶴枝 鈴木 麻由美		
发明人	池田 貞一郎 鱒沢 裕 高野 慎太 石原 千鶴枝 鈴木 麻由美		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/4488 A61B8/14 A61B8/145 A61B8/5207 A61B8/5269 G01S7/5205 G01S7/52085 G01S15/8915 G01S15/8997 G10K11/346		
FI分类号	A61B8/14		
优先权	2014092630 2014-04-28 JP		
其他公开文献	JPWO2015166869A1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

<p>摘要(译)</p> <p>即使当接收扫描线设置在聚焦发送波束的照射区域之外时，也执行接收波束形成，其中在发送焦深附近不发生不连续。不连续性提取单元113检测由多个超声波元件105接收的接收信号或相位信号的波前是不连续的不连续程度。当存在不连续程度大于预定值的区域时，不连续性消除延迟时间生成单元114改变已经发生不连续的区域的延迟时间。</p>	<p>(19) 日本国特許庁 (JP)</p> <p>(45) 発行日 平成29年7月26日 (2017.7.26)</p> <p>(51) Int. Cl. A61B 8/14 (2006.01) F I A G 1 B 8/14</p>	<p>(12) 特許公報 (B2)</p> <p>(24) 登録日 平成29年7月7日 (2017.7.7)</p>	<p>(11) 特許番号 特許第6171091号 (P6171091)</p>															
	<p>請求項の数 12 (全 21 頁)</p> <table border="1"> <tr> <td>(21) 出願番号 特願2016-516346 (P2016-516346)</td> <td>(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所</td> </tr> <tr> <td>(86) (22) 出願日 平成27年4月22日 (2015.4.22)</td> <td>東京部千代田区丸の内一丁目6番6号</td> </tr> <tr> <td>(86) 国際出願番号 PCT/JP2015/062306</td> <td>110000888</td> </tr> <tr> <td>(87) 国際公開番号 W02015/166869</td> <td>(74) 代理人 特許業務法人 山王坂特許事務所</td> </tr> <tr> <td>(87) 国際公開日 平成27年11月5日 (2015.11.5)</td> <td>池田 貞一郎</td> </tr> <tr> <td>審査請求日 平成28年10月17日 (2016.10.17)</td> <td>(72) 発明者 東京部千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内</td> </tr> <tr> <td>(31) 優先権主張番号 特願2014-92630 (P2014-92630)</td> <td>高野 慎太</td> </tr> <tr> <td>(32) 優先日 平成26年4月28日 (2014.4.28)</td> <td>(72) 発明者 東京部千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内</td> </tr> <tr> <td>(33) 優先権主張国 日本国 (JP)</td> <td>(72) 発明者 高野 慎太 東京部千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内</td> </tr> </table>	(21) 出願番号 特願2016-516346 (P2016-516346)	(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所	(86) (22) 出願日 平成27年4月22日 (2015.4.22)	東京部千代田区丸の内一丁目6番6号	(86) 国際出願番号 PCT/JP2015/062306	110000888	(87) 国際公開番号 W02015/166869	(74) 代理人 特許業務法人 山王坂特許事務所	(87) 国際公開日 平成27年11月5日 (2015.11.5)	池田 貞一郎	審査請求日 平成28年10月17日 (2016.10.17)	(72) 発明者 東京部千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内	(31) 優先権主張番号 特願2014-92630 (P2014-92630)	高野 慎太	(32) 優先日 平成26年4月28日 (2014.4.28)	(72) 発明者 東京部千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内	(33) 優先権主張国 日本国 (JP)
(21) 出願番号 特願2016-516346 (P2016-516346)	(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所																	
(86) (22) 出願日 平成27年4月22日 (2015.4.22)	東京部千代田区丸の内一丁目6番6号																	
(86) 国際出願番号 PCT/JP2015/062306	110000888																	
(87) 国際公開番号 W02015/166869	(74) 代理人 特許業務法人 山王坂特許事務所																	
(87) 国際公開日 平成27年11月5日 (2015.11.5)	池田 貞一郎																	
審査請求日 平成28年10月17日 (2016.10.17)	(72) 発明者 東京部千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内																	
(31) 優先権主張番号 特願2014-92630 (P2014-92630)	高野 慎太																	
(32) 優先日 平成26年4月28日 (2014.4.28)	(72) 発明者 東京部千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内																	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(72) 発明者 高野 慎太 東京部千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内																	
	最終頁に続く																	

(54) 【発明の名称】 超音波撮像装置