

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/132924

発行日 平成29年11月16日 (2017.11.16)

(43) 国際公開日 平成28年8月25日 (2016.8.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14 4 C 6 0 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

出願番号	特願2017-500600 (P2017-500600)	(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
(21) 国際出願番号	PCT/JP2016/053396	(74) 代理人	110000888 特許業務法人 山王坂特許事務所
(22) 国際出願日	平成28年2月4日 (2016.2.4)	(72) 発明者	広島 美咲 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
(31) 優先権主張番号	特願2015-30016 (P2015-30016)	(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
(32) 優先日	平成27年2月18日 (2015.2.18)	(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
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	Fターム(参考)	4C601 HH28 HH29 HH38 JB05

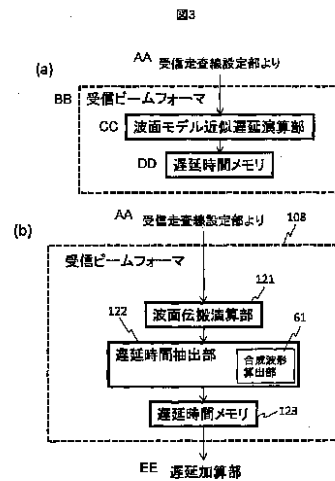
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波撮像装置および超音波信号の処理方法

(57) 【要約】

近似的な波面伝搬モデルを用いることなく、送信ビームの照射領域の内外ともに受信信号に適切な遅延時間を設定して整相信号を得る。

受信ビームフォーマは、複数の超音波素子から送信される超音波がそれぞれ、受信焦点に到達する時間を演算により求める波面伝搬演算部121と、波面伝搬演算部121が求めた複数の超音波素子毎の超音波の到達時間の分布に基づいて受信焦点についての遅延時間を算出する遅延時間抽出部122とを含む。よって、受信焦点に到達する波面が複雑な形状となる場合であっても、波面を近似する必要がなく、超音波がその受信焦点に到達する時間から求めた適切な遅延時間によって整相加算を行うことができる。



- 61 Combined waveform calculating unit
- 108, BB Reception beamformer
- 121 Wavefront propagation calculating unit
- 122 Delay time extracting unit
- 123, DD Delay time memory
- AA From reception scanning line setting unit
- CC Wavefront model approximation delay calculating unit
- EE Delay adding unit

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

配列された複数の超音波素子から、所定の送信ビームを形成するよう複数の前記超音波素子毎に遅延させた超音波を送信させる送信ビームフォーマと、

複数の前記超音波素子が超音波を受信して出力する受信信号を、所定の受信焦点について前記複数の超音波素子毎に設定された遅延時間によってそれぞれ遅延させた後加算して整相信号を得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、前記遅延時間を演算により求める遅延時間演算部を備え、

前記遅延時間演算部は、複数の前記超音波素子から送信される超音波がそれぞれ、前記受信焦点に到達する時間を演算により求める波面伝搬演算部と、前記波面伝搬演算部が求めた前記複数の超音波素子毎の超音波の到達時間の分布に基づいて前記受信焦点についての前記遅延時間を算出する遅延時間抽出部とを含むことを特徴とする超音波撮像装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置であって、前記波面伝搬演算部は、超音波を送信する全ての前記超音波素子について、超音波が前記受信焦点に到達する時間を求めることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置であって、前記遅延時間抽出部は、前記複数の超音波素子毎の超音波の到達時間の分布から、前記複数の超音波素子から前記受信焦点に到達する前記超音波の合成波形を求め、前記合成波形の振幅の時間変化に基づいて、前記遅延時間を算出することを特徴とする超音波撮像装置。

20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の超音波撮像装置において、前記遅延時間抽出部は、前記波面伝搬演算部が求めた前記複数の超音波素子毎の超音波の到達時間の頻度分布を求め、求めた前記頻度分布を用いて前記合成波形を算出することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置であって、前記遅延時間演算部は、受信走査線を設定する受信走査線設定部を備え、前記受信焦点は、前記受信走査線上に設定され、

前記波面伝搬演算部は、前記受信走査線上の複数の前記受信焦点についてそれぞれ前記超音波の到達時間を求めることにより前記受信走査線について前記波面伝搬時間変化曲線を前記複数の超音波素子毎に求め、前記遅延時間抽出部は、複数の前記波面伝搬時間変化曲線の分布に基づいて、前記受信走査線についての前記遅延時間の変化を示す遅延時間曲線を演算により求めることを特徴とする超音波撮像装置。

30

【請求項 6】

請求項 5 に記載の超音波撮像装置であって、前記遅延時間抽出部は、複数の前記波面伝搬時間変化曲線の分布から、前記複数の超音波素子から前記受信走査線上の点に到達する前記超音波の合成波形を求め、前記合成波形の振幅の時間変化曲線の極値を前記受信走査線上の複数の受信焦点ごとに求め、前記極値を前記受信走査線の方向にトレースすることにより、1 以上の前記遅延時間曲線を抽出することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置であって、前記遅延時間抽出部は、前記遅延曲線として、前記受信走査線の最初から最後まで連続した遅延時間曲線を抽出することを特徴とする超音波撮像装置。

40

【請求項 8】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置であって、前記受信ビームフォーマは、一つの超音波探触子に対して、複数の前記超音波素子の各受信信号を前記遅延時間によって遅延させた後加算して整相信号を得る遅延加算部を複数備え、

前記遅延時間抽出部は、前記遅延時間曲線を複数抽出し、

前記複数の遅延加算部は、前記複数の遅延時間曲線の遅延時間を用いてそれぞれ整相信号を得ることを特徴とする超音波撮像装置。

50

【請求項 9】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置であって、前記遅延時間抽出部は、2 つの前記遅延曲線が不連続である場合には、それを結合することにより、前記受信走査線の端部から端部まで連続した遅延時間曲線を生成す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であって、前記遅延曲線抽出部は、前記遅延時間曲線が 2 以上ある場合に、2 以上の遅延時間曲線の評価指標値を、前記合成波形の振幅を用いてそれぞれ計算する遅延曲線判定部を備え、前記遅延加算部と同数の前記遅延時間曲線を、前記評価指標値の高い順に選択し、選択した遅延時間曲線の遅延時間を前記遅延加算部に出力することを特徴とする超音波撮像装置。

10

【請求項 11】

請求項 5 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、近似遅延モデル自動生成部を具備し、

前記近似遅延モデル自動生成部は、前記遅延時間演算部において算出した遅延時間曲線のデータと、予め用意した複数の幾何学的波面モデルおよび幾何学的拘束条件との相関関係から、遅延時間曲線を近似した曲線を算出するための構成式を構築することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 12】

配列された複数の超音波素子に、所定の送信ビームを形成するように複数の超音波素子毎に遅延させた超音波信号を受け渡し、複数の前記超音波素子が受信した受信信号を、所定の受信焦点について複数の超音波素子毎に設定された遅延時間によってそれぞれ遅延させた後加算して整相信号を得る超音波信号の処理方法であって、

20

前記超音波信号を前記超音波素子に受け渡す前に、前記超音波信号を受け取った複数の超音波素子から送信される超音波がそれぞれ前記受信焦点に到達する時間を演算により求め、求めた前記複数の超音波素子毎の超音波の到達時間の分布に基づいて前記受信焦点についての前記遅延時間を算出することを特徴とする超音波信号の処理方法。

【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。

30

【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 20 kHz 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。

【0003】

超音波探触子の複数の超音波素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、被検体内に送信焦点を設定して送信焦点に集束する超音波ビームを送信する集束型送信の 2 種類がある。

【0004】

40

被検体からの超音波は、超音波探触子の複数の超音波素子により受信され、複数の受信信号は、受信焦点に応じて超音波素子毎に設定された遅延時間によって遅延（整相）された後加算される。整相時の遅延時間は、送信ビームの波面伝搬モデルに基づく近似曲線（遅延曲線）によって決定される。

【0005】

特許文献 1 には、単一焦点を有する集束型送信を行う場合の開口合成法が開示されている。特許文献 1 に開示されている遅延演算には、送信焦点から球面波が送信されると仮定した波面伝搬モデルにより、受信焦点に応じて超音波素子毎の遅延時間を設定する仮想音源法が用いられている。仮想音源法により設定した遅延時間により、複数の超音波素子の受信信号をそれぞれ遅延させ、受信焦点について焦点を合わせた後、加算して整相信号を

50

得る。この整相信号と、同一の受信焦点について他の 1 以上の送受信で得た整相信号とを合成して、重ね合わせる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を付与することができる。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くことが可能となり、高速撮像にも応用できる。

【0007】

特許文献 2 には、被検体の体動や被検体内の音速の不均一性に起因する、異なる複数の送信で得た受信信号の位相のずれを検出し、位相を一致させてから開口合成する技術が開示されている。これにより、同一の受信焦点について、異なる送受信間の受信信号の位相が一致しない場合であっても、開口合成により整相信号を重ね合わせて処理利得が向上させることができる。

10

【0008】

特許文献 3 には、予め幾何学的に求めた複数の遅延時間データセットを記憶し、リアルタイム計算によってその値を拡張することにより、受信焦点を調節し、体動下でも整相信号を生成する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

20

【特許文献 1】米国特許第 6 2 3 1 5 1 1 号明細書

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 2 6 1 2 2 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 6 - 1 8 7 6 6 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

特許文献 1 ~ 3 の技術は、仮想音源法等のように、予め定めた波面伝搬モデルに基づいて波面を近似し、近似波面から遅延時間を計算する。しかしながら、非球面フォーカシングを行う場合や、二次元に超音波素子が配列された 2 D アレイの超音波探触子を用い、特に複数の送信焦点を有する送信ビームを送信する場合においては、送信される超音波ビームの波面が複雑な形状になり、公知の波面伝搬モデルを適用した場合には、実際の波面と近似波面との差が大きくなる。そのため、被検体の構造を反映した整相信号を得ることが難しくなる。

30

【0011】

また、二次元に超音波素子が配列された超音波探触子を用いる場合であっても、仮想音源法により、仮想音源波面モデルを適用して整相可能な領域は、送信ビームの直接的な照射領域（超音波探触子の開口の両端と焦点とを結ぶ砂時計型の幾何学的領域）内に限られている。送信ビームの幾何学的領域外では、波面が複雑になり、波面のモデル化が困難である。このため、送信ビームの直接的な照射領域外では、整相信号を得ることができず、開口合成を行うこともできない。

40

【0012】

本発明の目的は、近似的な波面伝搬モデルを用いることなく、送信ビームの照射領域の内外ともに受信信号に適切な遅延時間を設定して整相信号を得ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は、配列された複数の超音波素子から、所定の送信ビームを形成するように複数の超音波素子毎に遅延させた超音波を送信させる送信ビームフォーマと、複数の超音波素子が超音波を受信して出力する受信信号を、所定の受信焦点について複数の超音波素子毎に設定された遅延時間によってそれぞれ遅延させた後加算して整相信号を得る受信ビームフォーマとを有する超音波撮影装置を提供する。受信ビームフォーマは、遅延時間を演算

50

により求める遅延時間演算部を備える。遅延時間演算部は、複数の超音波素子から送信される超音波がそれぞれ、受信焦点に到達する時間を演算により求める波面伝搬演算部と、波面伝搬演算部が求めた複数の超音波素子毎の超音波の到達時間の分布に基づいて受信焦点についての前記遅延時間を算出する遅延時間抽出部とを含む。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、近似的な波面伝搬モデルを用いることなく、送信ビームの照射領域の内外ともに受信信号に適切な遅延時間を設定して整相信号を得ることができるため、複雑な波面形状となる送信ビームフォーミングにおいても、実際の波面に即した遅延演算を行うことができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態の超音波撮像装置の(a)斜視図、(b)ブロック図。

【図2】第1の実施形態の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

【図3】(a)従来 of 受信ビームフォーマの構成を示すブロック図、(b)第1の実施形態の受信ビームフォーマの構成を示すブロック図。

【図4】超音波素子から送信される超音波が受信焦点42に到達する時間を示す説明図。

【図5】第1の実施形態の超音波撮像装置の(a)送信ビーム32の直接的な照射領域と受信走査線を示す説明図、(b)全送信素子の波面伝搬時間のカーブを例示するグラフ。

【図6】第1の実施形態のある受信焦点に到達する超音波の合成波形を示す説明図。

20

【図7】送信ビーム32の直接的な照射領域と複数の受信走査線を示す説明図。

【図8】第1の実施形態の遅延時間演算部の動作を示すフローチャート。

【図9】第1の実施形態の走査線上の超音波の合成波形の振幅値の分布を例示する説明図。

【図10】(a)全送信素子の波面伝搬時間のカーブを例示するグラフ、(b)波面伝搬時間の頻度を示すヒストグラム。

【図11】第3の実施形態の遅延時間抽出部122のブロック図。

【図12】第3の実施形態の遅延トレース部の動作を示すフローチャート。

【図13】トレースされた遅延要素線を示す説明図。

【図14】第3の実施形態の複数の遅延加算部を備える超音波撮像装置のブロック図。

30

【図15】第4の実施形態の遅延時間抽出部122のブロック図。

【図16】(a)および(b)第4の実施形態で結合された遅延要素線を示す説明図。

【図17】第4の実施形態の不連続遅延結合部の動作を示すフローチャート。

【図18】第5の実施形態の遅延時間抽出部122のブロック図。

【図19】第5の実施形態の遅延曲線判定部の動作を示すフローチャート。

【図20】第6の実施形態の超音波撮像装置の近似遅延モデル自動生成部を有する受信ビームフォーマを示すブロック図。

【図21】第6の実施形態の超音波撮像装置の近似遅延モデルの生成に用いる幾何的構成要素を例示する説明図。

【図22】第6の実施形態の超音波撮像装置の近似遅延モデル自動生成部の構造を示すブロック図。

40

【発明を実施するための形態】

【0016】

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。

【0017】

本発明の超音波撮像装置は、仮想音源法等の波面伝搬モデルで波面を近似せず、複数の送信素子から送信される超音波がそれぞれ受信焦点に到達する時間を演算により求め、求めた到達時間の分布に基づいて、その受信焦点についての遅延時間を算出する。よって、その受信焦点に到達する波面が複雑な形状となる場合であっても、波面を近似する必要がなく、超音波がその受信焦点に到達する時間から求めた適切な遅延時間によって整相加算

50

を行うことができる。

【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面を用いて説明する。

【0019】

本実施形態の超音波撮像装置は、図1(a)に全体の斜視図を、図1(b)に概略構成を、図2および図3に、一部の詳しい構成を示すように、複数の超音波素子105が配列された超音波探触子106から、超音波を送信させる送信ビームフォーマ104と、受信ビームフォーマ108とを有する。

【0020】

送信ビームフォーマ104は、図4および図5(a)のように、複数の超音波素子105から、所定の送信焦点41で集束するように、複数の超音波素子105毎に所定量で遅延させた超音波を送信させる。送信された超音波は、被検体100により、反射等されて超音波素子105により受信される。

【0021】

受信ビームフォーマ108は、所定の受信焦点42(図4、図5(a))について複数の超音波素子105毎に設定された遅延時間によって、複数の超音波素子105が受信した受信信号をそれぞれ遅延させた後加算して整相信号を得る。そのため、受信ビームフォーマ108は、遅延時間を演算により求める遅延時間演算部114を備えている。図2のように、遅延時間演算部114は、波面伝搬演算部121と、遅延時間抽出部122とを有する。波面伝搬演算部121は、図4のように、超音波を送信する複数の超音波素子105の少なくとも一部について、送信する超音波が、受信焦点42にそれぞれ到達する時間(波面伝搬時間、TOF: Time Of Flight)を演算により求める。遅延時間抽出部122は、波面伝搬演算部120が求めた複数の超音波素子毎の超音波の到達時間の分布に基づいて、受信焦点42についての遅延時間を算出する。

【0022】

波面伝搬時間は、送信ビームを形成するための送信遅延時間と送信時の超音波素子と受信焦点との距離と、音速から算出することができる。遅延時間抽出部122は、複数の超音波素子105の超音波の波面伝搬時間の分布の範囲内の、一つの時間を選択し、それを往路(送信)の波面伝搬時間とする。一例としては、到達時間が最も集中している時間を選択することができる。この往路の波面伝搬時間に、受信焦点42から各超音波素子105までの距離に応じた復路(受信)の伝搬時間を加算することにより、各超音波素子105ごとの受信時の遅延時間を設定することができる。

【0023】

また、遅延時間抽出部122は、受信焦点42における複数の超音波素子105毎の超音波の到達時間の分布(図5(b)参照)から、複数の超音波素子105から受信焦点42に到達する超音波の合成波形(図6)を求める合成波形算出部61を備えていてもよい。遅延時間抽出部122は、合成波形算出部61の求めた合成波形の振幅の時間変化に基づいて、遅延時間を算出することも可能である。例えば、振幅値が極大となる伝搬時間を往路(送信)の波面伝搬時間として選択することが可能である。

【0024】

本実施形態によれば、波面伝搬演算部122は、超音波を送信する全ての超音波素子105について受信焦点に到達する時間(波面伝搬時間)を送信前に求めることが可能である。よって、全ての超音波素子105の波面伝搬時間を考慮して、遅延時間を送信前に算出することができるため、波面のモデル化の必要がなく、実際の波面が複雑な形状であっても、受信焦点ごとに実際の超音波の伝搬時間に基づいて、精度よく、遅延時間を設定することができる。

【0025】

以下、第1の実施形態の超音波撮像装置についてさらに具体的に説明する。

【0026】

10

20

30

40

50

図1(a)に示すように、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1(b)に示す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。

【0027】

受信ビームフォーマ108は、図1(b)、図2に示すように、遅延加算部204と、遅延時間演算部114と、開口合成部205とを備えている。遅延時間演算部114は、受信走査線設定部116と、波面伝搬演算部121と、遅延時間抽出部122と、遅延時間メモリ123とを含む。この他に、開口合成に用いるビームメモリ206とフレームメモリ207が受信ビームフォーマ108には配置されている。

10

【0028】

送信ビームフォーマ104は、超音波素子105のそれぞれに受け渡す送信ビーム用信号を生成する。送信ビーム用信号は、制御部111の指示された所定の送信焦点41に集束するように、超音波素子105ごとに送信遅延が施されている。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の超音波素子105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

20

【0029】

図2の受信ビームフォーマ108の各部の動作について、図8のフローチャートを用いて、具体的に説明する。

【0030】

遅延時間演算部112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。これにより、ソフトウェア処理により、受信走査線設定部116、波面伝搬演算部121および遅延時間抽出部122の機能を図8のフローのように実現する。なお、遅延時間演算部112の一部またはすべての動作を、ハードウェアであるASIC(Application Specific integrated Circuit)やFPGA(Field-Programmable Gate Array)と、レジスタとにより構成することも可能である。

30

【0031】

制御部111は、送信ビームフォーマ104が超音波信号の送信動作を行う前に、超音波の送信時の条件、および、設定すべき受信走査線31の本数と位置情報を、受信ビームフォーマ108に受け渡し、以下のように動作させて遅延時間を演算させる。まず、送信時遅延時間演算部112の受信走査線設定部116は、制御部111から受け取った情報に基づき、送信ビームが照射される領域32の形状を計算し、領域32を中心に図7のように、所定の数の受信走査線31を設定する。さらに、受信走査線31上に、K個の受信焦点42を設定する(ステップ600)。なお、送信時に用いる超音波素子105の数は、M個とする。

40

【0032】

波面伝搬演算部121は、ある基準時刻、例えば送信トリガー信号の時刻を基点として、1番目の超音波素子105から送信された超音波が、1番目の受信焦点42に到達する時間(波面伝搬時間)を算出する(ステップ601、602、603)。伝搬時間は、上述したように、1番目の超音波素子105の送信遅延時間と、1番目の超音波素子105と、1番目の受信焦点42との幾何学的な距離を超音波の音速で除した時間を加算することにより算出される。算出した波面伝搬時間は、内蔵するメモリに格納する。このステップ602、603をK個の受信焦点42について順次繰り返す(ステップ604、605)。これにより、送信走査線31に沿ったK個の受信焦点42についての波面伝搬時間が

50

得られる。波面伝搬時間を縦軸に、受信焦点 4 2 の位置（受信走査線の深さ方向）を横軸にして、求めた波面伝搬時間をプロットして曲線でつなぐと、図 5（b）に示すように、1 番目の超音波素子 1 0 5 についての 1 本の波面伝搬時間変化曲線 5 5 が得られる（ステップ 6 0 6）。

【0033】

これを、全て（M 個）の超音波素子 1 0 5 について繰り返すことにより、図 5（b）に示すように、M 個の超音波素子 1 0 5 ごとの M 本の波面伝搬時間曲線 5 5 が得られる（ステップ 6 0 7、6 0 8）。

【0034】

図 5（b）から明らかなように、全ての超音波素子 1 0 6 からある受信焦点 4 2 に到達する波面伝搬時間は、時間方向に分布しているが、その分布には粗密がある。よって、遅延時間抽出部 1 2 2 は、一つの受信焦点 4 2 について波面伝搬時間変化曲線 5 5 の分布の範囲内で一つの到達時間（遅延時間）を選択（抽出）することにより、一つの受信焦点 4 2 についての遅延時間を決定することができる（ステップ 6 0 9、6 1 0）。これを全て（K 個）の受信焦点について繰り返し、すべての遅延時間を曲線で結ぶことにより、遅延時間曲線 4 3 を演算により求めることができる（ステップ 6 1 1、6 1 2）。

10

【0035】

そして、遅延時間抽出部 1 2 2 は、求めた遅延時間曲線 4 3 の遅延時間に、その受信焦点 4 2 から受信時の超音波素子 1 0 5 までの超音波の到達時間（復路の波面伝搬時間）を加算し、受信時の超音波素子 1 0 5 ごとの遅延時間を算出し、遅延時間メモリ 1 2 3 に格納する（ステップ 6 1 3、6 1 4、6 1 5）。復路の波面伝搬時間は、受信焦点 4 2 と超音波素子 1 0 5 との幾何学的な距離を、超音波の音速で除することにより算出できる。

20

【0036】

上記ステップ 6 0 0 ~ 6 1 5 の処理を、1 回の送信につき、受信走査線 1 1 6 が設定したすべての受信走査線について繰り返し、全ての受信走査線の受信焦点 4 2 についての遅延時間を遅延時間メモリ 1 2 3 に格納する。

【0037】

全ての遅延時間が遅延時間メモリ 1 2 3 に格納されたならば、制御部 1 1 は、送信ビームフォーマ 1 0 4 に超音波信号を送信させる。これにより、超音波素子 1 0 5 からそれぞれ超音波が被検体 1 0 0 に向かって送信される。被検体 1 0 0 内で反射等された超音波エコーは、複数の超音波素子 1 0 5 によって受信される。

30

【0038】

遅延加算部 2 0 4 は、遅延時間メモリ 1 2 3 に格納された受信素子毎の遅延時間を用いて、超音波素子 1 0 5 ごとに受信信号を遅延させたのち加算し、整相信号を得る。これを受信走査線 3 1 上の全ての受信焦点 4 2 について順次行う。各受信走査線 3 1 の受信焦点 4 2 について求められた整相信号は、ビームメモリ 2 0 6 に格納される。これを全ての受信走査線 3 1 について繰り返し、全ての受信走査線 3 1 の整相信号がビームメモリ 2 0 6 に格納されたならば、ステップ 6 0 0 に戻り、つぎの送信をおこなう。

【0039】

開口合成部 2 0 5 は、同じ受信焦点 4 2 について異なる送信で得た複数の整相信号を、ビームメモリ 2 0 6 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 2 0 7 に格納されるとともに、画像処理部 1 0 9 に出力される。画像処理部 1 0 9 は、必要に応じて画像処理を施した画像を画像表示部 1 0 3 に表示させる。

40

【0040】

このように、本実施形態では、送信時の全ての超音波素子 1 0 5 から受信焦点 4 2 への波面伝搬時間を算出し、波面伝搬時間の時間方向の分布に応じて、その受信焦点 4 2 についての遅延時間を選択（抽出）する。よって、幾何学的な波面のモデル化が必要なく、複雑な波面形状の送信ビームフォーミングを行う場合であっても、超音波素子の位置および送信遅延時間といった送受信条件から、実際の波面伝搬に即した遅延時間を設定できる。

50

これにより、送信ビームのエネルギーを効率よく受信しSN比を向上させることができる。

【0041】

また、本実施形態では、波面形状が複雑な、送信ビームの直接的な照射領域32の外側であっても、遅延時間を算出することができるため、図5(a)および図7のように、受信走査線31を設定することができる。よって、従来の仮想音源法等と比較して、整相可能な領域が、送信ビームの照射領域32の外側まで拡張され、高フレームレート化が可能になる。

【0042】

なお、遅延時間抽出部122は、ステップ610において、一つの受信焦点42について、一つの遅延時間を抽出する際には、任意の方法を用いることができる。例えば、遅延時間抽出部122内の合成波形算出部61(図3)により、複数の超音波素子105毎の超音波の到達時間の分布から、複数の超音波素子105から一つの受信焦点42に到達する超音波の合成波形を図6に示すように求めてもよい。この場合、ステップ610においては、合成波形の振幅の時間変化に基づいて、遅延時間を算出することが可能になる。これについてさらに説明する。

10

【0043】

遅延時間抽出部122の合成波形算出部61は、ステップ603において、複数の超音波素子105ごとに求めた波面伝搬時間を用いて、複数の超音波素子105の送信波形を加算した合成波形を式(1)により算出する。式(1)において、 p は、各超音波素子105から送信される超音波波形の振幅値である。 p は、制御部111から送信条件として、遅延時間抽出部122に与えられる。 (m) は、 m 番目の超音波素子105の波面伝搬時間である。式(1)のように、超音波波形の振幅 p を超音波素子105ごとに、ステップ603で求めた波面伝搬時間 (m) ずつ位相をずらして、 M 個の超音波素子105において加算することにより、一つの受信焦点42における合成波形 p_{sum} を算出することができる(図6参照)。

20

【数1】

$$P_{sum} = \sum_M p(t - \tau(m)) / M \quad \dots(1)$$

30

遅延時間抽出部122は、図6の合成波形の振幅が極大または最大になる到達時間を、遅延時間として選択することができる。

【0044】

また、合成波形算出部61は、式(1)の演算を、受信走査線上の全ての受信焦点について行うことにより、図9に示すような、合成波形の振幅の強度分布の変化を、走査線深さ方向に沿って示す分布図を得ることができる。したがって、遅延時間抽出部122は、ステップ610において、図9の合成波形の振幅の強度分布図を用いて、受信走査線方向の波面伝搬時間を連続して選択することにより、遅延時間曲線を描くことも可能である。

【0045】

また、図9の合成波形の振幅の強度は、ある波面伝搬時間を遅延時間として選択して、その遅延時間を用いて整相加算を行った場合に得られると想定される整相信号の振幅値にほぼ対応している。よって、ステップ610において、遅延時間曲線を抽出する際に、図9の合成波形の振幅の強度値をもとに、その遅延時間の値について評価を行うことが可能になる。すなわち、例えば、振幅の大きな整相信号が得られるものほど、遅延時間として高い評価値を与えることができる。したがって、その評価を用いて、遅延時間の選択をフィードバック処理することが可能となる。よって、波面のモデル化が困難な送信ビームフォーミングにおいても、最適な遅延演算を行うことができる。これについては、第5の実施形態において具体的に説明する。

40

【0046】

ここで図5(b)および図9は、単一の送信焦点41をもつ送信ビームフォーミングを

50

行った場合の波面伝達時間および合成波形の振幅の強度分布の例である。図5(a)には、仮想音源モデルを適用可能な領域(仮想音源領域の浅部および深部)、仮想音源モデルが適用できない仮想音源領域外を図示した。仮想音源領域は、送信時に用いる複数の超音波素子105(開口)の端部と焦点とを結ぶ直線からなる砂時計型の幾何学的領域、すなわち、送信ビームの直接的な照射範囲32と同じ領域である。

【0047】

比較例として、図3(a)のように、仮想音源法による波面モデルで遅延時間を演算する演算部を備える受信ビームフォーマで遅延時間曲線を求めた。その結果を、図5(b)および図9に示す。仮想音源法による波面モデルで計算された遅延時間曲線56は、仮想音源領域外においては、図5(b)のように、本実施形態で求めた波面伝搬時間変化曲線55の分布からも、図9の合成波形の振幅の強度分布のからも大きく外れることがわかる。また、仮想音源領域浅部および深部において、仮想音源法による遅延時間曲線56は、図5(b)のように波面伝搬時間変化曲線55の分布の端部に沿っているように見えるが、図9から明らかのように、合成波形の振幅の強度分布の最大値からはずれている。したがって、仮想音源法による遅延時間曲線56を用いた場合に得られる整相信号の振幅は、本実施形態の遅延時間を用いた場合に得られる整相信号の振幅よりも小さくなる。

10

【0048】

(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説明する。

【0049】

第2の実施形態では、遅延時間抽出部122は、第1の実施形態の図8のステップ610において、複数の超音波素子105の送信波形を加算した合成波形を生成する際に、複数の超音波素子毎の超音波の到達時間の頻度分布を求め、頻度分布を用いて合成波形を生成する。これにより、演算量を低減する。

20

【0050】

これを図10を用いて具体的に説明する。遅延時間抽出部122は、第1の実施形態のステップ603で求めた受信焦点についての複数の超音波素子毎の波面伝搬時間(波面伝搬時間変化曲線55、図10(a))に、図10(b)のように、所定の幅の時間範囲をN個($N < M$)連続的に設定し、その時間範囲内に含まれる波面伝搬時間(波面伝搬時間変化曲線55)の数を数えることにより、図10(b)のように頻度分布を算出する。ここでは、一例として、頻度分布をヒストグラムで表している。図10(b)の例では、波面伝搬時間が小さいほど頻度が大きい分布になっている。

30

【0051】

求めた図10(b)の頻度分布関数(ヒストグラム)において、n番目の時間範囲に含まれる波面伝搬時間の数を $h(t_n)$ と表すと、合成波形の振幅 P_{sum} は、超音波波形の振幅 p を用いて式(2)により計算できる。 t_n は、n番目の時間範囲の波面伝搬時間の代表値(例えば、最大値、最小値および平均値のいずれか)である。Mは、送信に用いる超音波素子105の数である。

【数2】

$$P_{sum} = \sum_N h(t_n) \times p(t - t_n) / M \quad \dots(2)$$

40

式(2)を式(1)と比較すると、式(1)では、加算数が、超音波素子の数Mであったのに対し、式(2)においては、時間範囲の数N($N < M$)になる。よって、式(2)を用いる合成波形の演算方法は、式(1)を用いる場合よりも演算量を低減することができる。しかも、実用上十分な合成波形の振幅の時間変化を求めることが可能である。よって、合成波形を計算する際の計算負荷を減らすことができ、超音波診断装置の計算コストを削減し、実装可能なアルゴリズムを実現することができる。

【0052】

50

第 2 の実施形態の超音波撮像装置において、上述した以外の構成および動作は、第 1 の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 5 3 】

(第 3 の実施形態)

第 3 の実施形態の超音波撮像装置について、図 1 1 および図 1 2 を用いて説明する。

【 0 0 5 4 】

第 3 の実施形態は、遅延時間抽出部 1 2 2 が、第 1 の実施形態で説明した合成波形算出部 6 1 に加えて、遅延トレース部 6 2 を具備する。遅延トレース部 6 2 は、合成波形算出部 6 1 が求めた超音波の合成波形の振幅の強度分布 (時間変化曲線) の極値を、受信走査線の方向にトレースすることにより、1 以上の遅延時間曲線を抽出する。

10

【 0 0 5 5 】

まず、合成波形算出部 6 1 は、第 1 の実施形態で説明したように、超音波の合成波形の振幅の強度分布を走査線方向に沿って算出する (図 9 参照) 。

【 0 0 5 6 】

次に、図 1 2 のフローのように、遅延トレース部 6 2 は、受信走査線上の一つの受信焦点 4 2 において、合成波形の振幅値の波面伝搬時間方向の変化曲線 (図 6 参照) の振幅値が極値をとる波面伝搬時間を求める。これを受信走査線上の全ての受信焦点について行う (ステップ 5 0 1) 。

【 0 0 5 7 】

次に、ステップ 5 0 1 で求めた極値の内、振幅値が有意に大きい点を遅延要素点として、図 1 3 のように、抽出する (ステップ 5 0 2) 。具体的には例えば、極値の振幅値が、予め定めた設定下限振幅値以上であるか、または、極値の振幅値の、その受信焦点における極値の中での最大振幅値に対する割合が、予め定めた設定下限率以上である場合には、その極値を遅延要素点として抽出する。これにより、ほとんどの受信焦点において、1 以上の遅延要素点が抽出される。

20

【 0 0 5 8 】

抽出した遅延要素点を、図 1 3 のように、受信走査線に沿って順にトレースすることで、連続した遅延要素線を抽出する。具体的には例えば、受信走査線の浅い側 (超音波探触子 1 1 6 側) の端部の受信焦点 4 2 - 1 の遅延要素点 1 3 1 からトレースを開始し (ステップ 5 0 3) 、次の受信焦点 4 2 - 2 で最も伝搬時間の近い遅延要素点 1 3 2 へ遅延要素点 1 3 1 を接続するトレースベクトル 1 4 1 を設定し、そのトレースベクトル 1 4 1 の傾きを計算する (ステップ 5 0 4) 。トレースベクトル 1 4 1 の傾きが予め定めた設定値以下の場合には、遅延要素点 1 3 1 と遅延要素点 1 3 2 を接続するトレース線を設定し、トレース終点 1 3 2 を新たなトレース始点に設定する (ステップ 5 0 6) 。そして、現在の受信焦点 4 2 - 1 でまだ始点に設定されていない遅延要素点 1 5 1 をトレース開始点に設定し (ステップ 5 0 7) 、ステップ 5 0 4 に戻って、つぎの受信焦点 4 2 - 2 における最も近い遅延要素点 1 5 2 と接続するトレースベクトル 1 4 2 を設定し、トレースベクトルの傾きが設定値以下の場合には、トレース線を設定する (ステップ 5 0 4 , 5 0 5 , 5 0 6) 。現在の受信焦点 4 2 - 1 についての全ての遅延要素点についてトレースが終了したら、次の受信焦点 4 2 - 2 の遅延要素点 1 3 2 , 1 5 2 を始点として、トレース線の設定を繰り返す。

30

40

【 0 0 5 9 】

ステップ 5 0 5 において、トレースベクトルの傾きが予め定めた設定より大きかった場合には、不連続な峰線であると判断し、その遅延要素点をトレース終了点としてトレースを終了する (ステップ 5 0 8) 。トレース開始点から終了点までのトレース線を遅延要素線として抽出する (ステップ 5 0 9) 。これにより、連続した遅延要素線 1 4 5 , 1 4 6 , 1 4 7 が抽出される。

【 0 0 6 0 】

抽出された遅延要素線のうち、受信走査線の最も浅い側の受信焦点 4 2 - 1 から最も深い側の受信焦点 4 2 - K まで連続している遅延要素線 1 4 7 を選択し、遅延時間曲線とし

50

て用いる。

【0061】

このように、本実施形態では、全ての有意な振幅値を持つ遅延要素点を抽出し、これをトレースすることにより、遅延時間曲線を設定することができる。この遅延時間曲線を用いて整相信号を求めることによって、これまで整相に使われなかった波面エネルギーを撮像に用いることが可能になり、SN比を向上させることができる。

【0062】

なお、受信焦点42 - 1から受信焦点42 - Kまで連続している遅延要素線147が複数ある場合には、いずれか一つを選択して用いることができる。

【0063】

また、図14のように、複数の遅延加算部204 - 1, 204 - 2を並列に備える受信ビームフォーマ108を用い、複数の遅延加算部201 - 1, 204 - 2は、複数の遅延要素線をそれぞれ遅延時間曲線として用いて、同一の受信信号について、それぞれ異なる遅延時間で遅延処理し、整相信号を得る構成にすることも可能である。この場合、複数の遅延加算部201 - 1, 204 - 2の出力は、加算して用いる。これにより、1回の送受および受信ビームフォーミングにおいて、設定し得る最大本数の遅延時間曲線を用いて遅延処理することができ、複数波面のそれぞれについて整相を行う場合と同等の効果が得られる。よって、複数の遅延加算部の出力する整相信号を合算した信号を用いて超音波画像を生成することにより、マルチルック効果により、高解像度化を実現できる。

【0064】

上述した以外の他の構成および動作は、第1の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0065】

(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。

【0066】

本実施形態は、第3の実施形態と同様の構成であるが、図15のように、遅延時間抽出部122が、不連続遅延結合部63をさらに備えている。不連続遅延結合部63は、図16のように、遅延トレース部62が抽出した遅延要素線145, 146, 148, 149が不連続である場合に、これらを結合し、受信走査線の最も浅い側の受信焦点42 - 1から最も深い側の受信焦点42 - Kまで連続している遅延要素線147を生成する。

【0067】

まず、不連続遅延結合部63が結合する遅延要素線A148およびB149を選択する。具体的にはまず図16(a)に示すように受信走査線の最も浅い側の受信焦点42 - 1から始まる遅延要素線145, 148の中の1つを選択し、遅延要素線Aとする(ステップ521)。選択した遅延要素線Aの終了点の受信焦点42 - kに進み、他の遅延要素点153, 154があれば、そのうち波面伝搬時間が最も近い遅延要素点153を選択し、その遅延要素点153が属する遅延要素線149をBとする(ステップ522, 523, 524)。他の遅延要素点が無ければ次の受信焦点に進み、他の遅延要素が見つかるまで進む(ステップ533)。

【0068】

次に遅延要素線AとBを連続的に結合するための新たな遅延要素線を生成する。まず、図16(a)に示すように遅延要素線Aの終了点の受信焦点が遅延要素線Bの開始点の受信焦点より深度が大きいかどうか、つまり遅延要素線に重複部を有するかどうか判定する(ステップ525)。

【0069】

ステップ525において、遅延要素線Aの終了点の受信焦点が遅延要素線Bの開始点の受信焦点より深度が大きく、遅延要素線AとBが重複部を持っている(図16(a))場合、遅延要素線Bの開始点をSとし、遅延要素線Aの終了点をEとする(ステップ526)。そして、点Sの受信焦点から点Eの受信焦点の間で、遅延要素線Aと遅延要素線Bを連続的に接続

10

20

30

40

50

する接続曲線C157を生成する。具体的には、点sの受信焦点の深度において0に漸近し、点Eの受信焦点の深度において1に漸近する、予め決めておいた変位関数 $f(d)$ (ただし、 d は深度を表す)を用い、式(3)により、接続曲線157の波面伝搬時間 $C(d)$ を算出する。ただし、式(3)において、遅延要素線Aの波面伝搬時間を $A(d)$ 、遅延要素線Bの波面伝搬時間を $B(d)$ とする。

【0070】

$$C(d) = A(d) * (1 - f(d)) + B(d) * f(d) \quad \dots (3)$$

式(3)を演算することにより、接続曲線C157を生成する(ステップ527)。

【0071】

一方、ステップ525において、遅延要素線Aの終了点の受信焦点が遅延要素線Bの開始点の受信焦点より深度が小さく、遅延要素線AとBが重複部を持たない図16(b)の場合、遅延要素線Aの終了点をSとし、遅延要素線Bの開始点をEとする(ステップ528)。そして、点Sの受信焦点から点Eの受信焦点の間で、遅延要素線Aと遅延要素線Bを連続的に接続する接続曲線D158を生成する。接続曲線D158は、遅延要素線Aの終了点Sにおいて遅延要素線Aと接線を共有し、遅延要素線Bの開始点Eにおいて遅延要素線Bと接線を共有する結合関数を計算により求め、結合関数により接続曲線D158を生成する(ステップ529)。

10

【0072】

そして、遅延要素線Bの終了点Fが最も深い受信焦点42-K(受信走査線の深い側の端部)である場合には、遅延要素線A、Bおよびそれらを接続する接続曲線CまたはDを遅延時間曲線として出力する(ステップ530、531)。そして、受信走査線の最も浅い側の受信焦点42-1から始まる遅延要素線がまだ残っている場合には、ステップ521に戻り上記処理を繰り返す(ステップ532)。

20

【0073】

遅延要素線Bの終了点Fが最も深い受信焦点42-K(受信走査線の深い側の端部)ではない場合には、遅延要素線Bを遅延要素線Aとして、ステップ522に戻って、つぎの遅延要素線と接続する処理を繰り返す(ステップ530)。

【0074】

このように遅延要素線A、Bを、接続曲線CまたはDにより結合する処理を繰り返すことにより、受信走査線の最も浅い側の受信焦点42-1から最も深い側の受信焦点42-Kまで連続した遅延曲線を生成することができる。これを受信焦点開始位置で始まる遅延要素線の全てで繰り返すことにより、1本または複数本の遅延曲線を生成できる。

30

【0075】

これにより、断続的な遅延要素線を有する場合においても、遅延曲線の不連続による画像の劣化を最小限に抑えた遅延曲線を生成することができる。

【0076】

また、複数の遅延時間曲線を生成し、図14のような複数の遅延加算部204-1, 204-2等にそれぞれ設定することも可能である。

【0077】

他の構成および動作は、第3の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

40

【0078】

(第5の実施形態)

第5の実施形態の超音波撮像装置について図18、図19を用いて説明する。

【0079】

第5の実施形態は、図18のように、遅延時間抽出部122に遅延曲線判定部64を具備している。遅延曲線判定部63は、第3または第4の実施形態で抽出または生成された遅延時間曲線が複数本ある場合に、整相加算に用いるのに適している度合いを示す評価指標値を、その遅延時間曲線の波面伝搬時間に合成波形の振幅データ(図9参照)を用いて算出する。そして、図1のように遅延加算部204が一つの場合には、最も評価指標値が高い遅延時間曲線を選択し、図14のように遅延加算部204が複数配置されている場合

50

には、その数と同じ数の遅延時間曲線を評価指標値の高い順に選択して遅延加算部 2 0 4 へ出力する。

【 0 0 8 0 】

具体的には図 1 9 のフローに示すように、まず全ての遅延曲線について、図 9 の合成波形の振幅の強度分布から、遅延時間曲線上の振幅値データをすべて抽出する。抽出したすべての振幅値データを、予め定めた評価関数により処理し、評価指標値を計算する（ステップ 5 4 1）。評価関数としては、例えば抽出したすべての振幅値の合計値、平均値、または、受信焦点ごとに設定した重みにより重み付けした後に加算した値などを用いることができる。

【 0 0 8 1 】

次にステップ 5 4 1 で算出した評価関数の高い順に遅延曲線を順位付けし、受信ビームフォーミングで用いる遅延曲線の数だけ、遅延加算部 2 0 4 へ出力する（ステップ 5 4 2）。

【 0 0 8 2 】

これにより、遅延加算部 2 0 4 は、その数に応じて、最適な遅延時間曲線を用いて遅延加算を行うことができるため、波面のエネルギーを効率よく受信することができ、SN比を向上させることができる。

【 0 0 8 3 】

（第 6 の実施形態）

さらに図 2 0、図 2 1 および図 2 2 を用いて第 6 の実施形態について説明する。図 2 0 は近似遅延モデル自動生成部を有する受信ビームフォーマを示すブロック図、図 2 1 は近似遅延モデルの生成に用いる幾何的構成要素を例示する図、図 2 2 は近似遅延モデル自動生成部の構造を示すブロック図である。

【 0 0 8 4 】

第 6 の実施形態は、図 2 0 に示すように、近似遅延モデルの自動生成部 2 5 0 を具備している。近似遅延モデル自動生成部 2 5 0 は、第 1 ~ 第 5 の実施形態のいずれかの遅延時間演算部 1 1 4 において算出された遅延曲線に関するデータを取得する。そして、予め用意しておいた複数の幾何学的波面モデルおよび幾何学的拘束条件と、遅延時間演算部 1 1 4 において算出された遅延時間との相関関係から、遅延時間演算部 1 1 4 が算出した遅延曲線の近似的な曲線を算出するための構成式を構築する。これにより、遅延時間演算部 1 1 4 が送信のたびに、送信の直前に複数の受信走査線について遅延時間曲線を生成しなくても、同一撮像条件に共通な、または同一送信条件に共通な近似遅延モデルから、遅延時間を自動生成することが可能である。

【 0 0 8 5 】

具体的には、図 2 2 に示すように、遅延時間演算部 1 1 4 で算出された遅延時間曲線、第 2 ~ 第 5 の実施形態の遅延時間演算部 1 1 4 においては遅延時間曲線算出に用いた遅延要素線 (i)、(ii)...、図 1 7 のステップ 5 2 7、5 2 9 の変位関数または結合関数、および、送受信条件を取得する（ステップ 5 5 1）。

【 0 0 8 6 】

次に送受信条件から、例えば仮想音源波面、平面波、素子球面波などの予め用意された図 2 1 のような幾何波面モデル (A)、(B)、(C)... の伝搬時間および、例えば焦点距離や送信ビーム照射領域境界など、幾何拘束条件としての幾何境界 (a)、(b)、(c)... を計算する（ステップ 5 5 2）。

【 0 0 8 7 】

次に、遅延要素線 (i)、(ii)... の近似曲線を算出する構成式を構築するため、各々の遅延要素線について、全ての幾何波面遅延曲線との位相差を計算する（ステップ 5 5 3）。

【 0 0 8 8 】

すべての遅延要素線 (i)、(ii)... について、受信焦点ごとに位相差が最小である幾何波面曲線をフィッティング曲線として選択した上で、そのフィッティング曲線との位相差について、例えば多項式曲線のフィッティングパラメータを算出する（ステップ 5 5 4）。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

また、フィッティング曲線とする幾何波面遅延曲線が切り替わる、波面モデル切り替え境界を求める構成式を算出するため、例えば近傍の幾何境界の内分点として表すときの内分率を算出する（ステップ 5 5 5）。

【 0 0 9 0 】

また、遅延曲線が遅延要素線間を変移する要素線変移境界を求める構成式を算出するため、例えば近傍の幾何境界の内分点として表すときの内分率を算出する（ステップ 5 5 6）。

【 0 0 9 1 】

次に、上記フィッティングパラメータ、波面モデル切り替え境界の内分率、要素線変移境界の内分率および、遅延曲線抽出部より取得した結合関数および変移関数に関するパラメータを近似遅延構成パラメータと呼ぶ。1送信における全ての走査線について近似遅延構成パラメータを算出する（ステップ 5 5 7）。

10

【 0 0 9 2 】

上記パラメータを走査線番号を変数とする関数として扱い、これら関数を例えば多項式曲線にフィッティングするときのフィッティングパラメータを算出する（ステップ 5 5 8）。ここで算出した近似遅延構成パラメータのフィッティングパラメータは、波面モデル近似遅延演算部に送られる。

【 0 0 9 3 】

波面モデル近似遅延演算部 2 5 1 では、上記近似遅延構成パラメータのフィッティングパラメータにより、走査線毎の近似遅延構成パラメータを計算し、これら近似遅延構成パラメータおよび、予め計算された幾何波面遅延曲線および幾何境界によって、最適遅延曲線の近似遅延曲線を計算する。

20

【 0 0 9 4 】

これにより、第 1 ～ 第 5 実施形態の遅延時間演算部 1 1 4 から得られた遅延時間を、幾何学的波面モデルから構成される近似遅延モデルに近似し、図 3 (a) に示した従来の受信ビームフォーマによる遅延計算と同等の計算量で算出することができる。よって、計算量を抑制しながら、第 1 ～ 第 5 の実施形態の遅延時間を用いた場合と同等の画質で撮像することができる。

【 0 0 9 5 】

なお、上述してきた各実施形態の超音波撮像装置では、遅延時間演算部 1 1 4 を装置本体 1 0 2 の内部に備える構成であったが、遅延時間演算部 1 1 4 もしくは受信ビームフォーマ 1 0 8 の全体を、装置本体 1 0 2 とは別の装置とすることも可能である。この場合、遅延時間演算部 1 1 4 もしくは受信ビームフォーマ 1 0 8 と装置本体 1 0 2 とは、信号線やネットワークを介して接続する。例えば、遅延時間演算部 1 1 4 もしくは受信ビームフォーマ 1 0 8 の全体を、一般的な計算機、あるいは、Workstation などの演算装置に実装し、ネットワークを介して超音波撮像装置の本体 1 0 2 と接続する。遅延時間演算部 1 1 4 は、ネットワークを介して送信条件等を受け取り、遅延時間を算出し、クライアント端末である超音波撮像装置に送信する構成にする。受信ビームフォーマ 1 0 8 を装置本体 1 0 2 とは別の装置とする場合には、ネットワークを介して受信信号を受け取り、開口合成した整相信号を生成し、ネットワークを介して装置本体 1 0 2 に送信する。これにより、比較的大きな演算量が必要な遅延時間演算部 1 1 4 を、超音波撮像装置の本体 1 0 2 に搭載する必要がない。よって、小型で簡素な超音波撮像装置でありながら、超音波素子毎の波面伝搬時間に基づいた遅延時間で整相加算を行うことができ、画質を向上させることができる。

30

40

【 符号の説明 】

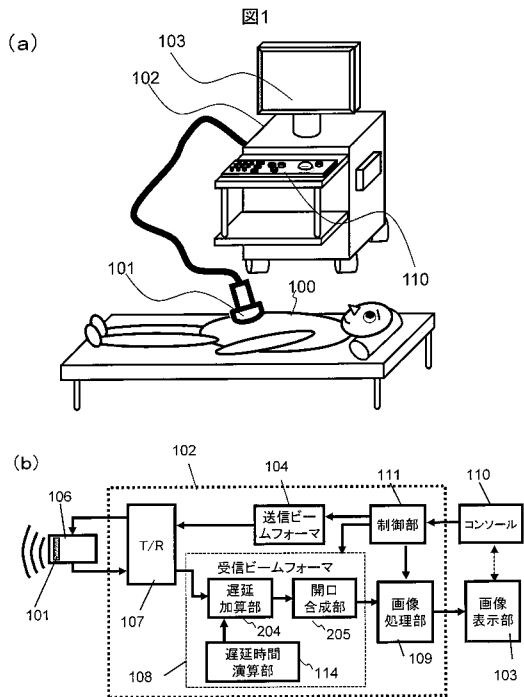
【 0 0 9 6 】

- 1 0 0 被検体
- 1 0 1 超音波素子アレイ
- 1 0 2 超音波撮像装置本体

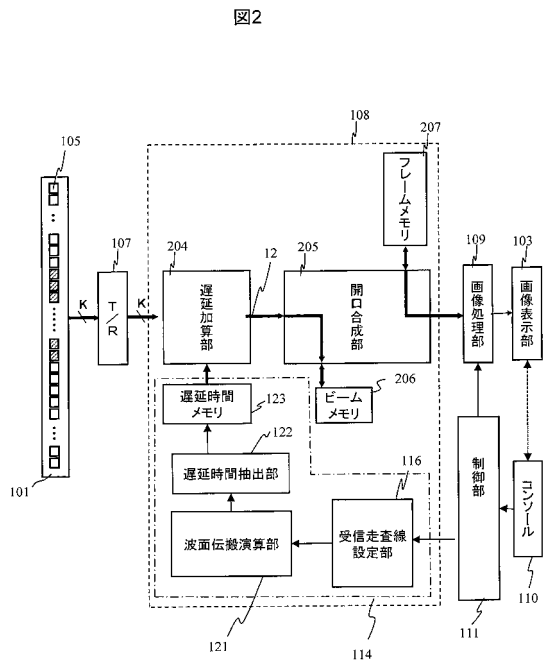
50

- 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

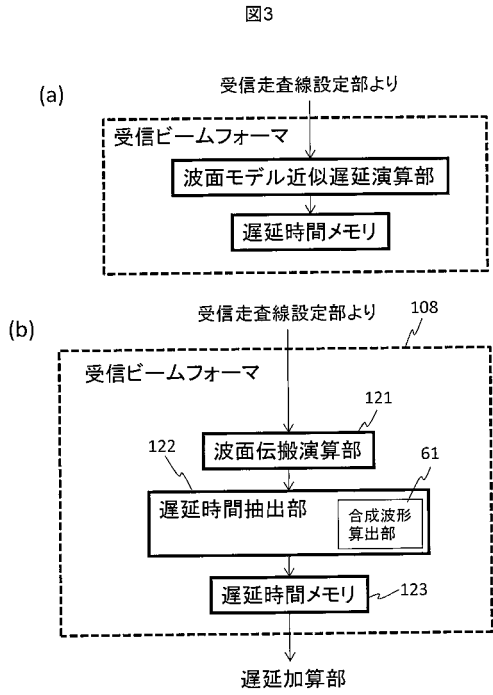
【 図 1 】



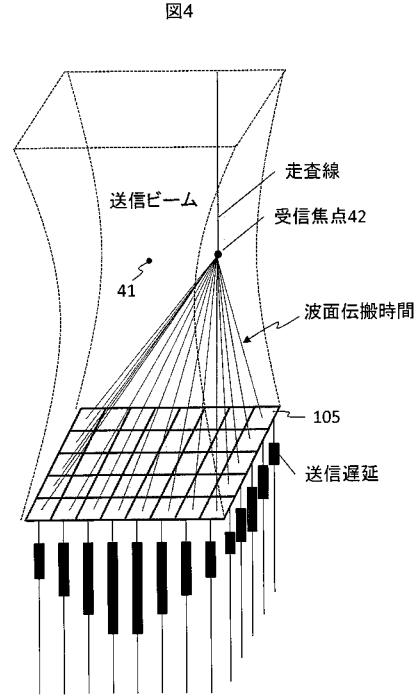
【 図 2 】



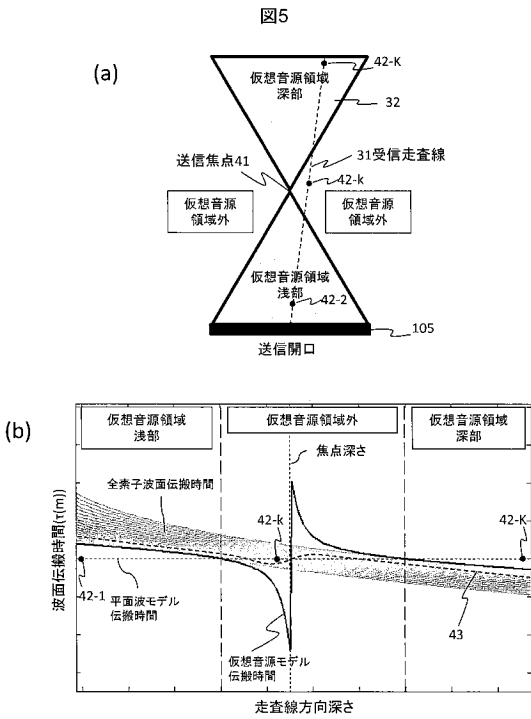
【 図 3 】



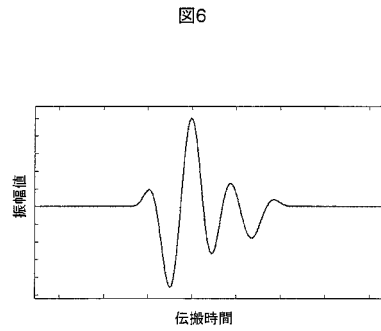
【 図 4 】



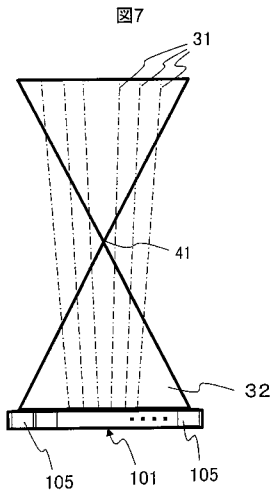
【 図 5 】



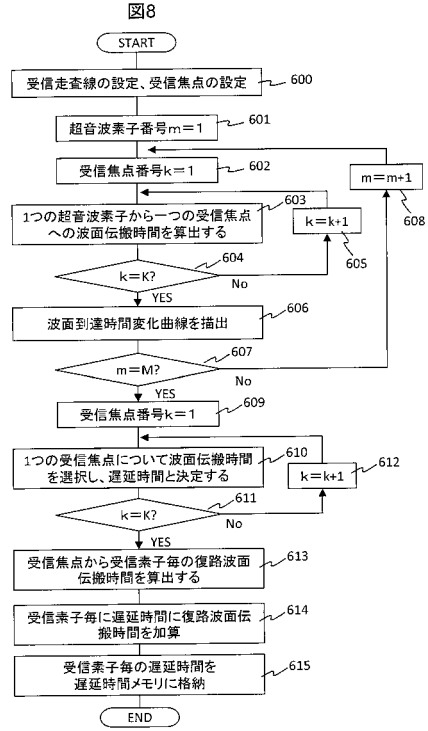
【 図 6 】



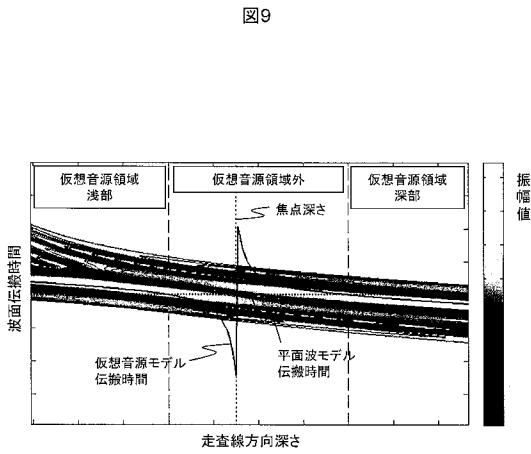
【 図 7 】



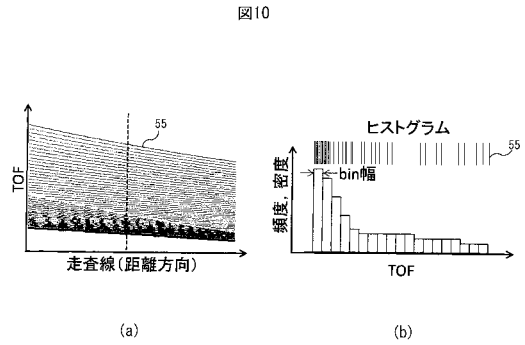
【 図 8 】



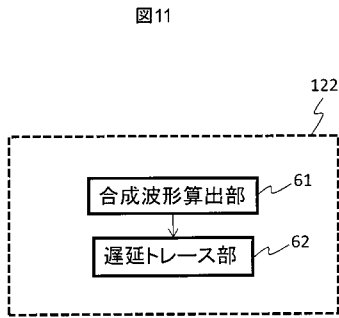
【 図 9 】



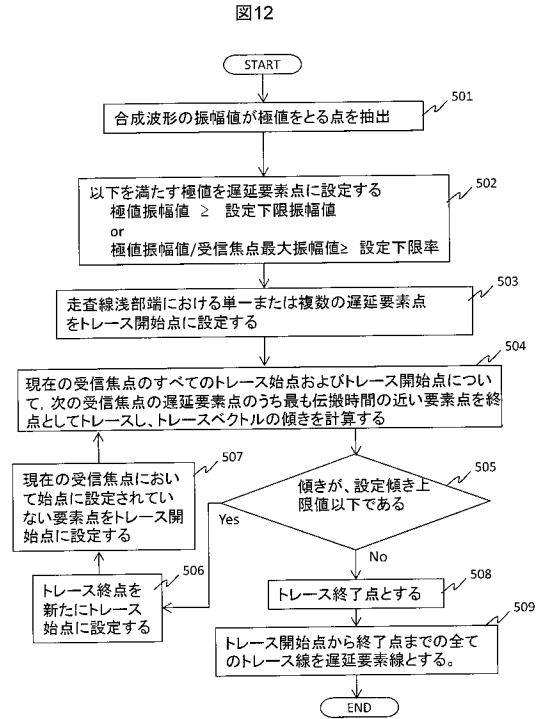
【 図 10 】



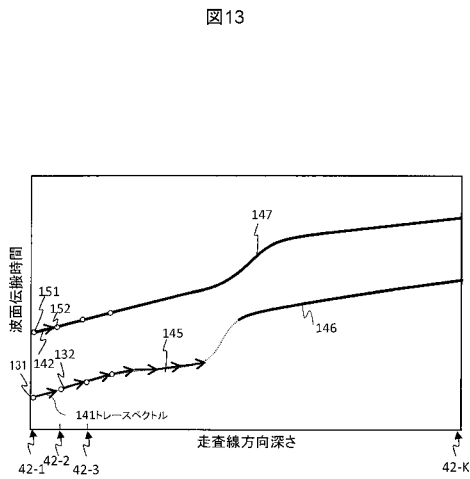
【 図 1 1 】



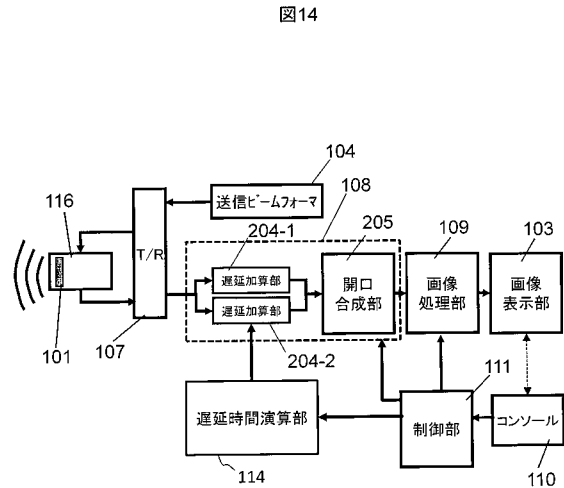
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

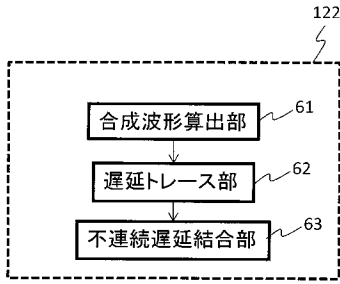


【 図 1 4 】



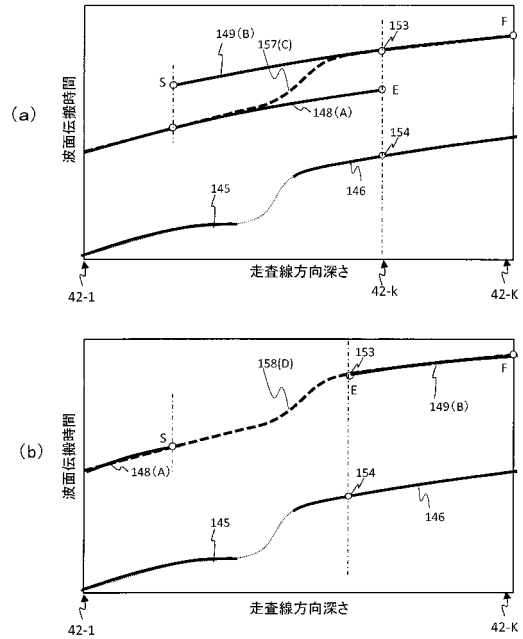
【 図 1 5 】

図 15



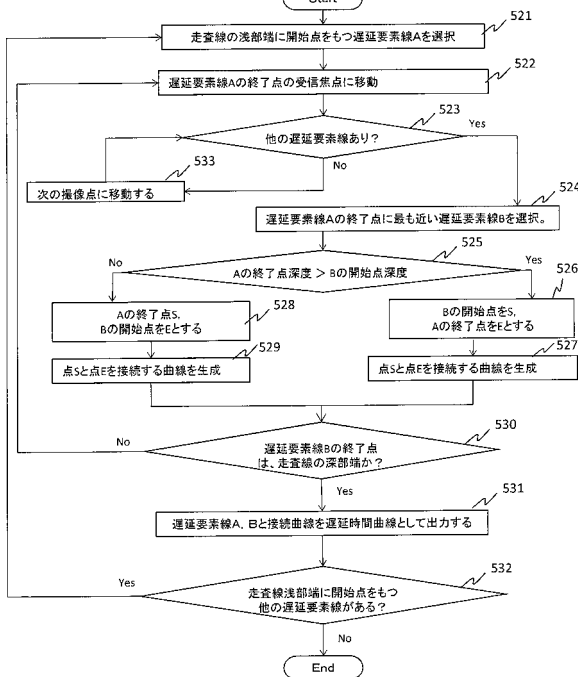
【 図 1 6 】

図 16



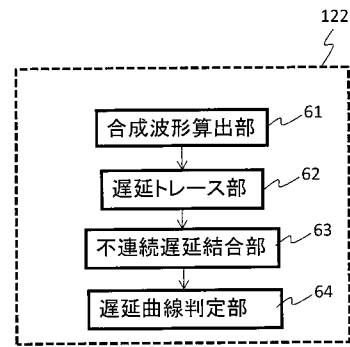
【 図 1 7 】

図 17



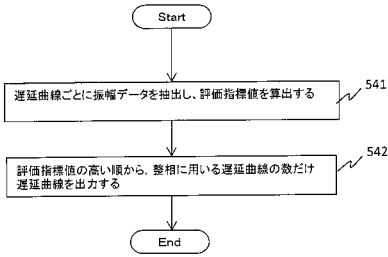
【 図 1 8 】

図 18



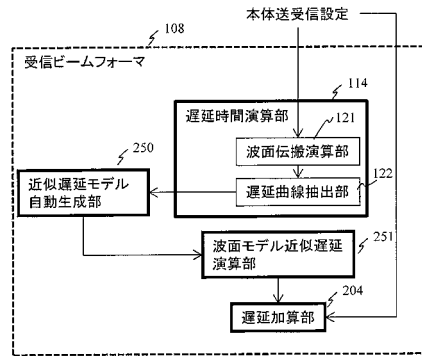
【 図 1 9 】

図19



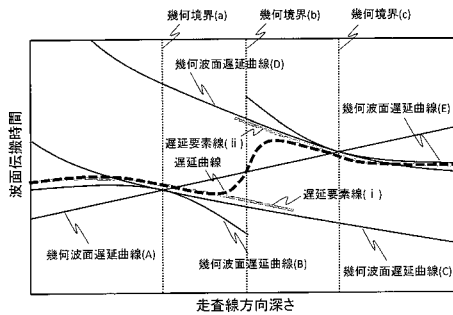
【 図 2 0 】

図20



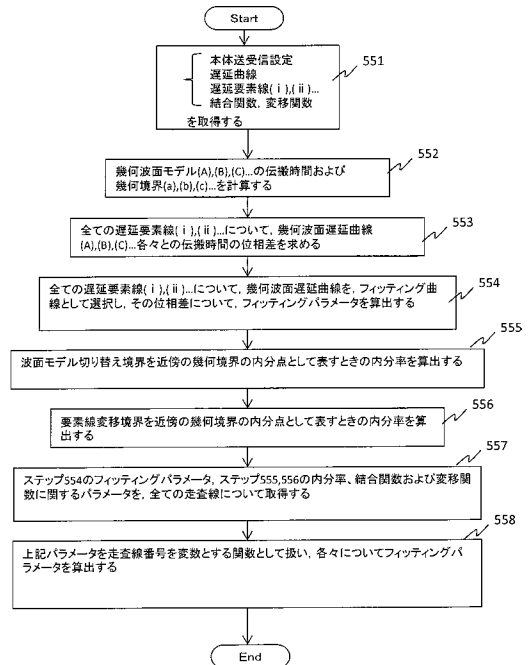
【 図 2 1 】

図21



【 図 2 2 】

図22



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2016/053396
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B8/14 (2006.01) i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B8/14 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/121842 A1 (Hitachi, Ltd.), 22 August 2013 (22.08.2013), claims 1 to 3; paragraphs [0082] to [0097]; fig. 9, 10 & US 2015/0025385 A1 paragraphs [0134] to [0138]; claims 1 to 3; fig. 9, 10 & EP 2815701 A1 & CN 104114099 A	1-12
A	WO 2014/109392 A1 (Hitachi Aloka Medical, Ltd.), 17 July 2014 (17.07.2014), entire text; all drawings & US 2015/0351720 A1 entire text; all drawings & EP 2944266 A1 & CN 104902825 A	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 25 February 2016 (25.02.16)		Date of mailing of the international search report 08 March 2016 (08.03.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053396

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-45708 A (Toshiba Corp.), 10 March 2011 (10.03.2011), entire text; all drawings & US 2012/0078105 A1 entire text; all drawings & WO 2011/013713 A1 & CN 102365054 A	1-12

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 5 3 3 9 6	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/14(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/14			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	WO 2013/121842 A1 (株式会社日立製作所) 2013.08.22, 請求項 1-3, 段落[0082]-[0097], 第9,10図 & US 2015/0025385 A1 段落 [0134]-[0138], 請求項 1-3, 第9,10図 & EP 2815701 A1 & CN 104114099 A	1-12	
A	WO 2014/109392 A1 (日立アロカメディカル株式会社) 2014.07.17, 全文, 全図 & US 2015/0351720 A1 全文, 全図 & EP 2944266 A1 & CN 104902825 A	1-12	
A	JP 2011-45708 A (株式会社東芝) 2011.03.10, 全文, 全図 & US 2012/0078105 A1 全文, 全図 & WO 2011/013713 A1 & CN 102365054 A	1-12	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。		☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 25.02.2016		国際調査報告の発送日 08.03.2016	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 宮川 哲伸	2Q 9208
		電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	超声成像设备和超声信号处理方法		
公开(公告)号	JPWO2016132924A1	公开(公告)日	2017-11-16
申请号	JP2017500600	申请日	2016-02-04
[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	広島美咲 池田貞一郎 石原千鶴枝		
发明人	広島 美咲 池田 貞一郎 石原 千鶴枝		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/14 G01S15/8925 A61B8/4488		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/HH28 4C601/HH29 4C601/HH38 4C601/JB05		
优先权	2015030016 2015-02-18 JP		
其他公开文献	JP6393824B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

通过为发射信号的照射区域内的接收信号设置适当的延迟时间而无需使用近似的波前传播模型，即可获得定相信号。接收波束形成器，分别从多个超声波元件发送的超声波，用于计算到达接收焦点的时间的波阵面传播计算单元121，以及对于由波阵面传播计算单元121计算的多个超声波元件中的每一个。延迟时间提取单元122基于超声波的到达时间的分布来计算接收焦点的延迟时间。因此，即使到达接收焦点的波前具有复杂的形状，也不必使波前近似，并且通过从超声波到达接收焦点的时间起获得的适当的延迟时间来执行相加。可以做

