

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6035424号
(P6035424)

(45) 発行日 平成28年11月30日(2016.11.30)

(24) 登録日 平成28年11月4日(2016.11.4)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 8/14 (2006.01)

A 6 1 B 8/14

請求項の数 13 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2015-532773 (P2015-532773)	(73) 特許権者	000005108
(86) (22) 出願日	平成26年7月17日(2014.7.17)		株式会社日立製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/069116		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(87) 国際公開番号	W02015/025655	(74) 代理人	110000888
(87) 国際公開日	平成27年2月26日(2015.2.26)		特許業務法人 山王坂特許事務所
審査請求日	平成28年2月2日(2016.2.2)	(72) 発明者	高野 慎太
(31) 優先権主張番号	特願2013-171584 (P2013-171584)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
(32) 優先日	平成25年8月21日(2013.8.21)		式会社日立製作所内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
		審査官	富永 昌彦
		(56) 参考文献	特開2009-240700(JP, A)
			特開平10-277042(JP, A)

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】

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、前記超音波素子アレイが被検体内に送波する超音波ビームを形成する送信ビームフォーマと、前記被検体内で反射した超音波を前記超音波素子アレイで受波した複数の受信信号を遅延させて整相する受信ビームフォーマと、前記受信ビームフォーマの出力結果を用いて画像データを生成する画像処理部とを有し、

前記送信ビームフォーマは、前記超音波ビームの送信焦点を被検体内に形成する収束送信を行い、

前記受信ビームフォーマは、前記送信焦点を仮想音源とみなして前記受信信号の遅延量を求める仮想音源法遅延量演算部と、前記仮想音源法遅延量演算部の求めた遅延量を撮像点の位置に応じて補正する補正演算部とを備えることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項2】

請求項1に記載の超音波撮像装置において、前記補正演算部は、前記被検体内に前記超音波ビームを送信する前記超音波素子のうち両端に位置する超音波素子と、前記送信焦点とを結ぶ2本の線である送信音波端よりも外側に前記撮像点が位置する場合、前記撮像点について前記仮想音源法遅延量演算部が求めた遅延量(D_1)を補正す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において、前記補正演算部は、前記被検体内に前記超

10

20

音波ビームを送信する前記超音波素子のうち両端に位置する超音波素子と、前記送信焦点とを結ぶ2本の線である送信音波端よりも外側に前記撮像点が位置する場合、前記撮像点について前記仮想音源法遅延量演算部が求めた遅延量 (D_1) を、前記送信音波端の線上または前記2本の送信音波端の間に位置する点についての仮想音源法の遅延量 (D_2) を用いて補正することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項4】

請求項3に記載の超音波撮像装置において、前記遅延量 (D_2) の前記点は、前記撮像点を最も近い前記送信音波端上に投影した点であることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項5】

請求項4に記載の超音波撮像装置において、前記遅延量 (D_2) の前記点は、前記超音波ビームの音軸に直交する方向に前記撮像点を移動させた位置にあることを特徴とする超音波撮像装置。

10

【請求項6】

請求項3ないし5のいずれか1項に記載の超音波撮像装置において、前記遅延量 (D_2) は、前記遅延量 (D_1) と、前記撮像点と前記送信焦点とを結ぶ線が前記超音波ビームの音軸となす角 θ を用いて演算により求められることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項7】

請求項3ないし5のいずれか1項に記載の超音波撮像装置において、前記補正演算部は、前記遅延量 (D_1) と前記遅延量 (D_2) とを重み値で重み付けして加算することにより、補正後の遅延量 (D) を求めることを特徴とする超音波撮像装置。

20

【請求項8】

請求項7に記載の超音波撮像装置において、前記重み付けの重み値は、前記撮像点と前記送信焦点とを結ぶ線が、前記超音波ビームの音軸となす角 θ に応じて変化する値であ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、前記撮像位置ごとの前記重み値を格納する格納部をさらに有することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項10】

請求項7に記載の超音波撮像装置において、前記重み値の入力を受け付ける受け付け部をさらに有することを特徴とする超音波撮像装置。

30

【請求項11】

請求項1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整相後の出力を格納する整相後出力格納部をさらに有し、

前記受信ビームフォーマは、ある送信の前記超音波ビームの受信信号から得た整相後出力を前記整相後出力格納部から読み出して、別の送信の前記超音波ビームの受信信号から得た整相後出力と合成することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項12】

請求項1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が整相処理を行う前記撮像点の範囲を定める整相範囲制御部をさらに有し、

前記整相範囲制御部は、前記送信ビームフォーマの前記超音波ビーム送信時の送信指向角よりも広い角度範囲と、前記送信音波端の2本の線とを用いて整相範囲を定めることを特徴とする超音波撮像装置。

40

【請求項13】

請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記整相範囲制御部の処理に用いる係数を受け付ける受け付け部をさらに有し、

前記整相範囲制御部は、前記送信指向角に前記受け付け部が受け付けた係数をかけることにより前記角度範囲を求め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】

50

本発明は、被検体に探触子を当てて超音波を送信し、被検体内で反射した超音波を受信し、被検体内の内部構造を画像化する超音波撮像技術に関するものである。

【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。例えば、医用超音波撮像装置は、超音波探触子から超音波ビームを被検体の体内に向けて送信し、体内からのエコー信号を受信する。受信信号には、受信ビームフォーマによって整相処理を施した後、画像処理部によって超音波画像が生成される。

【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収束送信の2種類がある。収束送信は、送信音圧が大きいため、高調波成分を画像化する方法(Tissue Harmonic Imaging: THI)等に適している。THI撮像を用いることにより、サイドローブや多重反射によるアーチファクトを軽減でき、コントラストが向上する。

【0004】

収束送信では、焦点を音源とみなして受信ビームフォーミングを行う仮想音源法が用いられる。しかしながら、仮想音源法では送信焦点近傍の遅延量を精度よく求めることができないという問題がある。特許文献1には、収束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を開示している。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。また、特許文献1には、領域B, Cのさらに外側のサイドローブ領域（特許文献1の図6の領域D, E）においては、開口合成を行わないことも開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-277042号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載の技術で遅延量を求める領域A、B、Cは、いずれもメインローブの範囲内であり、その外側のサイドローブが照射される範囲の情報を利用することができない。よって、情報取得可能な範囲が狭く、高速撮像を実現するのは難しい。

【0007】

ここで、仮想音源法が送信焦点近傍の遅延量を精度よく求めることができない理由について、図1を用いて説明する。仮想音源法により遅延量を求めるには、被検体内の音速と音波伝搬時間が必要である。音波伝搬時間は、音波送信の開始トリガからある撮像点までの往路伝搬時間と、ある撮像点から探触子アレイの各素子までの復路伝搬時間とに分けられる。図1において撮像点200の往路伝搬時間を求めるには、まず送信口径中心点202から送信焦点203までの伝搬時間を求め、その値から送信焦点203から撮像点200までの伝搬時間を減算する。また、撮像点201の往路伝搬時間を求めるには、まず送信口径中心点202から送信焦点203までの伝搬時間を求め、その値に送信焦点203から撮像点201までの伝搬時間を加算する。減算するか加算するかは、撮像点が送信焦点203よりも探触子アレイ100側にあるか否かで決まり、探触子アレイ100側に撮像点があれば減算し、逆側に撮像点があれば加算する。

【0008】

撮像点200を通り、送信焦点203を中心とした円弧204、205は、それぞれ同

10

20

30

40

50

位相面を表し、この円弧 204、205 上にある撮像点の往路伝搬時間はすべて同じ値となる。図 1 において、交差した点線 206 は、探触子アレイ 100 のうち送信ビームを送信した複数素子の列の両端と送信焦点 203 とを幾何学的に結んだ線（送信音波端 206）であり、超音波ビームの回折や拡散を考慮しない場合の送信ビームの照射範囲を示す。送信音波端 206 で挟まれた領域の内側に撮像点が位置する場合には、仮想音源法により精度よく遅延量を計算できる。

【0009】

しかし、図 2 の撮像点 300、301 のように、送信音波端 206 の外側で、かつ、同位相面 304 上に撮像点が位置する場合、実際の往路伝搬時間に大きな差はないが、撮像点 300 は、送信焦点 203 よりも探触子アレイ 100 に近い側にあり、撮像点 301 は送信焦点 203 よりも探触子アレイ 100 から遠い側にあるため、仮想音源法で求める遅延量には大きな差が生じる。すなわち、撮像点 300 は、往路伝搬時間を算出する際には送信口径中心点から送信焦点 203 までの伝搬時間から、送信焦点 203 から撮像点 300 までの伝搬時間を減算するのに対し、撮像点 301 は、送信口径中心点から送信焦点 203 までの伝搬時間に、送信焦点 203 から撮像点 301 までの伝搬時間を加算する。このため、両者には大きな差が生じる。また、撮像点 300 と撮像点 302 の往路伝搬時間は実際には異なるが、仮想音源法を用いて計算すると同じ値となる。撮像点 301 と撮像点 303 についても同様なことが起こる。

【0010】

このように、仮想音源法では、送信焦点近傍で、かつ、送信音波端 206 の外側の撮像点については音波伝搬時間を正確に計算できないため、遅延量計算の精度が悪くなる。

【0011】

本発明は、上記のような問題を解決するものであり、収束送信を行った場合でも、広い範囲の撮像点について精度の高い遅延量を求めることが可能な超音波撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の目的を達成するため、本発明の超音波撮像装置は、所定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、超音波素子アレイが被検体内に送波する超音波ビームを形成する送信ビームフォーマと、被検体内で反射した超音波を前記超音波素子アレイで受波した複数の受信信号を遅延させて整相する受信ビームフォーマと、前記受信ビームフォーマの出力結果を用いて画像データを生成する画像処理部とを有する。送信ビームフォーマは、超音波ビームの送信焦点を被検体内に形成する収束送信を行う。受信ビームフォーマは、送信焦点を仮想音源とみなして受信信号の遅延量を求める仮想音源法遅延量演算部と、仮想音源法遅延量演算部の求めた遅延量を撮像点の位置に応じて補正する補正演算部とを備える。

【発明の効果】

【0013】

本発明の超音波撮像装置によれば、仮想音源法により求めた遅延量を補正することができるため、収束送信を行った場合でも、広い範囲の撮像点について精度の高い遅延量を求めることができる。これにより、高精度な超音波画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図 1】仮想音源法による遅延量計算の概略を説明する図

【図 2】仮想音源法の送信焦点近傍における問題点を説明する図

【図 3】第 1 の実施形態の超音波診断装置の構成を示すブロック図

【図 4】第 1 の実施形態の補正後の遅延量を求める原理を説明する図

【図 5】第 1 の実施形態の点 803 の遅延量 (D_2) を求める式を説明する図

【図 6】送信焦点深さにおける送信音波波面の形状を示す説明図

【図 7】第 1 の実施形態の重み値 a の関数を示すグラフ

10

20

30

40

50

【図 8】第 1 の実施形態において、走査線 9 0 1 に沿った撮像点について補正後の遅延量を求める原理を説明する図

【図 9】第 1 の実施形態の受信ビームフォーマの動作を示すフローチャート

【図 1 0】第 2 の実施形態の超音波診断装置の構成を示すブロック図

【図 1 1】第 3 の実施形態の超音波診断装置の構成を示すブロック図

【図 1 2】第 4 の実施形態の超音波診断装置の構成を示すブロック図

【図 1 3】第 4 の実施形態の送信間合成部 1 3 0 0 の開口合成処理を説明する図

【図 1 4】第 5 の実施形態の超音波診断装置の構成を示すブロック図

【図 1 5】(a) 従来の超音波診断装置の整相範囲 1 0 5 a を示す説明図、(b) 第 5 の実施形態の整相範囲 1 0 5 b を示す説明図

10

【図 1 6】(a) 従来の通常撮像の整相範囲 1 0 5 a と画像生成範囲 5 0 1 を示す説明図、(b) 従来の整相範囲 1 0 5 a で高速撮像を行った場合の画像生成範囲 5 0 1 を示す説明図、(c) 第 5 の実施形態の整相範囲 1 0 5 b と画像生成範囲 5 0 1 を示す説明図

【図 1 7】第 6 の実施形態の超音波診断装置の構成を示すブロック図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明を実施するための形態について、図面を用いて説明する。なお、本発明は、以下の実施形態に限定されるものではない。

【 0 0 1 6 】

(第 1 の実施形態)

20

本発明の第 1 の実施形態の超音波撮像装置は、例えば図 3 に示すように、所定の方向に沿って複数の超音波素子 6 0 0 を配列した超音波素子アレイ (探触子アレイ) 1 0 0 と、送信ビームフォーマ 6 0 2 と、受信ビームフォーマ 6 0 3 と、画像処理部 6 0 5 とを備えている。送信ビームフォーマ 6 0 2 は、超音波素子アレイ 1 0 0 が被検体内に送波する超音波ビーム 1 0 4 を形成する。受信ビームフォーマ 6 0 3 は、被検体内で反射した超音波を超音波素子アレイ 1 0 0 で受波した複数の受信信号を遅延させて整相する。画像処理部 6 0 5 は、受信ビームフォーマ 6 0 3 の出力結果を用いて画像データを生成する。

【 0 0 1 7 】

送信ビームフォーマ 6 0 2 は、超音波ビーム 1 0 4 の送信焦点 2 0 3 を被検体内に形成する収束送信を行う。受信ビームフォーマ 6 0 3 は、送信焦点 2 0 3 を仮想音源とみなして受信信号の遅延量を求める仮想音源法遅延量演算部 6 0 9 と、仮想音源法遅延量演算部 6 0 9 の求めた遅延量を撮像点の位置に応じて補正する補正演算部 6 1 0 とを備える。

30

【 0 0 1 8 】

例えば、被検体内に超音波ビーム 1 0 4 を送信する超音波素子 6 0 0 のうち両端に位置する超音波素子 6 0 0 a、6 0 0 b と、送信焦点 2 0 3 とを結ぶ 2 本の線である送信音波端 2 0 6 よりも外側に撮像点 (例えば図 4 の撮像点 8 0 2) が位置する場合、補正演算部 6 1 0 は、撮像点 8 0 2 について仮想音源法遅延量演算部 6 0 9 が求めた遅延量 (D_1) を補正する。

【 0 0 1 9 】

具体的には、図 4 のように、補正演算部 6 1 0 は、送信音波端 2 0 6 よりも外側に撮像点 8 0 2 が位置する場合、撮像点 8 0 2 について仮想音源法遅延量演算部 6 0 9 が求めた遅延量 (D_1) を、点 8 0 3 について仮想音源法により求めた遅延量 (D_2) を用いて補正する。点 8 0 3 は、送信音波端 2 0 6 の線上、または、2 本の送信音波端 2 0 6 の間に位置する点である。点 8 0 3 は、撮像点 8 0 2 に最も近い送信音波端 2 0 6 上に投影した点であることが、計算量を低減できるため好ましい。撮像点 8 0 2 の送信音波端 2 0 6 への投影は、例えば、超音波ビーム 1 0 4 の音軸 7 0 2 に直交する方向について撮像点 8 0 2 を移動させることにより行う。

40

【 0 0 2 0 】

補正演算部 6 1 0 は、例えば、上記遅延量 (D_1) と遅延量 (D_2) とを重み付けして加算することにより、補正後の遅延量 D を得る。重み付けの重み値は、例えば、撮像点 8

50

02と送信焦点203とを結ぶ線が超音波ビーム104の音軸702となす角（図5）の変数とする関数を用いる。

【0021】

以下、さらに具体的に説明する。図3のように、送信ビームフォーマ602ならびに受信ビームフォーマ603と、超音波素子アレイ100との間には、送受信信号を分離する送受信分離回路（T/R）604が配置されている。画像処理部605には、その制御を行う制御部606と、画像データを表示する画像表示部607が接続されている。制御部606には、撮像条件は画像生成条件等の設定等を行うコンソール608が接続されている。

【0022】

仮想音源法遅延量演算部609は、仮想音源法により送信焦点203に仮想音源が位置するとして、所望の撮像点の送信焦点203からの距離に応じて受信信号の遅延量（ D_1 ）を求める。仮想音源法による遅延量の演算方法は、広く知られた方法であるのでここでは詳細な説明を省略するが、図1を用いて説明したように、被検体内の音速と音波伝搬時間を用いて遅延量を演算する。音波伝搬時間は、送信ビームフォーマ602における超音波ビーム104の送信開始トリガから撮像点までの往路伝搬時間と、撮像点から超音波素子アレイ100の超音波素子600までの復路伝搬時間とに分かれている。往路伝搬時間は、撮像点が送信焦点203よりも超音波素子アレイ100側にある場合（例えば撮像点200（図1）の場合）には、送信口径中心点202から送信焦点203までの伝搬時間から、送信焦点203から撮像点200までの伝搬時間を減算する。撮像点が送信焦点203よりも超音波素子アレイ100から遠い位置にある場合（例えば撮像点201の場合）には、送信口径中心点202から送信焦点203までの伝搬時間に、送信焦点203から撮像点201までの伝搬時間を加算し、往路伝搬時間とする。このように仮想音源法では、送信焦点203からの距離に応じて往路伝搬時間が決まり、送信焦点203を中心とした同心円の円弧204が同位相面（送信音波波面）を表す。

【0023】

しかしながら、実際の送信音波波面をシミュレーションで求めたところ、図6に示すように、送信焦点203近傍の送信音波波面700は、送信音軸702に対して垂直に近い、言い換えると超音波素子アレイ100の表面に対して水平に近い形状となっている。（なお、図6において、送信音波波面700は、ある値以上の音の強さを持つ領域を示しているため、波面700は送信音軸方向に幅を持っている。）このことから、実際の送信音波波面は、送信焦点203近傍では送信焦点203を中心とした同心円ではなく、送信焦点203に近づくほど曲率が小さくなり、送信焦点203においては直線に近い波面であることが推察される。そのため、送信焦点203の近傍は、仮想音源法では精度よく遅延量を求めることができない。

【0024】

そこで、本実施形態では、補正演算部610が、仮想音源法遅延量演算部609が所望の撮像点について求めた遅延量（ D_1 ）を補正した遅延量（ D ）を求める。これにより、送信焦点203の近傍の遅延量（ D ）を、精度よく求めることができる。また、撮像点が送信音波端206よりも外側に位置する場合であっても精度よく遅延量（ D ）を求めることが可能になる。

【0025】

図4を用いて、補正演算部610による補正演算を説明する。例えば、撮像点802の遅延量（ D ）は、仮想音源法遅延量演算部609が求めた遅延量（ D_1 ）と、撮像点802を送信音波端206の線上、または、2本の送信音波端206の間、に投影した点803について仮想音源法により求めた遅延量（ D_2 ）とを用いて求める。具体的には、点803は、音軸702や、送信音波端206や、送信音波端206で挟まれた領域内の予め定めた任意の線上に、撮像点802を投影した点である。投影は、それらの線上に、撮像点802を音軸702に直交する方向について撮像点802を移動させることにより行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

点 8 0 3 について仮想音源法により求めた遅延量 (D_2) は、仮想音源法遅延量演算部 6 0 9 が演算により求めることも可能であるが、撮像点 8 0 2 について求めた遅延量 (D_1) の値から計算により求めることも可能である。遅延量 (D_1) から遅延量 (D_2) を求めることにより、受信ビームフォーマ 6 0 3 の計算量を低減することができる。具体的には、点 8 0 3 を送信音波端 2 0 6 上の点とする場合、式 (1) により、遅延量 (D_2) を遅延量 (D_1) の値から求めることができる。

(数 1)

$$D_2 = (D_1 | \cos \theta_1 |) / \cos \theta_1 \quad \cdots (1)$$

10

ただし、 θ_1 は、送信音波端 2 0 6 と音軸 7 0 2 がなす角、 θ は、撮像点と送信焦点 2 0 3 とを結ぶ線が音軸 7 0 2 となす角である。

【 0 0 2 7 】

補正演算部 6 1 0 は、撮像点 8 0 2 について仮想音源法により求めた遅延量 D_1 と、点 8 0 3 について仮想音源法により求めた遅延量 (D_2) を式 (2) のように重み付けして加算することにより、補正後の撮像点 8 0 2 の遅延量 D を求める。

【 数 2 】

$$D = \frac{1}{a} D_1 + \frac{a-1}{a} D_2 \quad \cdots (2)$$

20

式 (2) において、 a は、重み値であり、以下の式 (3) により求められる。

【 数 3 】

$$a = \left(\frac{a_0 - 1}{1 - \sin \theta_1} \right) \sin \theta + \left(a_0 - \frac{a_0 - 1}{1 - \sin \theta_1} \right) \quad \cdots (3)$$

【 0 0 2 8 】

式 (3) のように重み値 a は、 $\sin \theta$ を変数とした関数であり、ここでは図 7 のグラフのような重み値 a を用いる。 $\sin \theta$ の絶対値が、 $\sin \theta_1$ の絶対値より小さい場合、撮像点 8 0 2 a は、図 4 のように、送信音波端 2 0 6 で挟まれた領域にある。このため、 $a = 1$ が設定され、式 (2) の D_2 の重み ($(a - 1) / a$) は 0 になり、遅延量 $D = D_1$ となる。すなわち、撮像点 8 0 2 a が、送信音波端 2 0 6 で挟まれた領域にあるときは、遅延量 (D) は、仮想音源法遅延量演算部 6 0 9 により求めた遅延量 (D_1) と等しくなる。

30

【 0 0 2 9 】

$\sin \theta$ の絶対値が 1 の場合、撮像点 8 0 2 c は、図 4 のように送信焦点 2 0 3 に対して水平な位置にある。この場合、図 7 のように $a = a_0$ (ただし、 a_0 は、 $a_0 > 1$ の定数である。) が設定され、式 (2) の右辺において第 1 項の D_1 の重み ($1 / a$) よりも、第 2 項の D_2 の重み ($(a - 1) / a$) の方が大きい遅延量 D が設定される。

【 0 0 3 0 】

$\sin \theta$ の絶対値が、 $\sin \theta_1$ の絶対値以上で 1 未満のときは、図 7 のように a は、 $\sin \theta$ の値に応じて 1 よりも大きく a_0 よりも小さい値が設定され、遅延量 D は、式 (2) の右辺において $\sin \theta$ の絶対値が $\sin \theta_1$ の絶対値と同じときよりも第 2 項の D_2 の重みが大きくなり、 $\sin \theta$ の絶対値が 1 のときよりも D_2 の重みが小さくなる。

40

【 0 0 3 1 】

これにより、図 8 に示すように走査線 9 0 1 上に位置する撮像点のうち、送信音波端 2 0 6 で挟まれた領域内に位置する撮像点 8 0 2 a、8 0 2 e には、仮想音源法で求めた遅延量 (D_1) が設定される。送信音波端 2 0 6 の外側に位置する撮像点 8 0 2 b、8 0 2 c、8 0 2 d については、これらの点と送信焦点 2 0 3 とを結ぶ線が音軸 7 0 2 となす角に応じた遅延量 (D) が設定される。これにより、撮像点が、送信焦点 2 0 3 の近傍や、送信音波端 2 0 6 よりも外側に位置する場合であっても精度よく遅延量 (D) を求める

50

ことが可能になる。

【0032】

上述の受信ビームフォーマ603の全体の動作を図9を用いて説明する。受信ビームフォーマ603は、例えばCPUとプログラムを格納したメモリにより構成され、CPUがプログラムを読み込んで実行することにより、仮想音源法遅延量演算部609と補正演算部610の動作を実現する。

【0033】

まず、図9のステップ1901において、受信ビームフォーマ603の仮想音源法遅延量演算部609は、送信ビームフォーマ602から送信焦点の位置を受け取り、制御部606から走査線901の位置を受け取る。走査線901上の所定の間隔の複数の撮像点についてそれぞれ、仮想音源法により遅延量(D_1)を算出する。

10

【0034】

つぎに、ステップ1902では、補正演算部610が、ステップ1901で撮像点ごとの遅延量(D_1)から、上述した式(1)により、撮像点を送信音波端206に投影した場合の遅延量(D_2)を求める。ただし、式(1)の r_1 は、送信ビームフォーマ602から受け取った送信焦点203の深さおよび駆動した超音波素子600の両端位置から演算により求めた値を用いる。もしくは、 r_1 として、送信焦点203の深さごとに予め求めておいた値を用いてもよい。一方 r_2 は、走査線901上の撮像点と送信焦点203の位置から演算により求めた値を用いる。もしくは、 r_2 として、撮像点および送信焦点203の組み合わせごとに予め求めておいた値を用いてもよい。さらに、補正演算部610は、式(3)に r_1 および r_2 を代入して、撮像点ごとに重み値 a を求める。求めた a 、 D_2 およびステップ1901で求めた遅延量 D_1 を式(2)に代入して、補正後の遅延量(D)を算出する。

20

【0035】

ステップ1903に進み、補正演算部610は、各超音波素子600の受信信号を送受信分離回路(T/R)604を介して受け取り、補正後の遅延量(D)で遅延させ、加算することにより整相する。これを走査線901上の各撮像点について行うことにより、走査線901の撮像点ごとに受信信号を整相して1ラスタの像(整相出力)を生成し、画像処理部605に受け渡す。

【0036】

30

画像処理部605は、複数の走査線901の整相出力(ラスタ)を並べる等の処理を行い、超音波撮像画像を生成し、画像表示部607に表示する。

【0037】

上述してきたように、本発明では、仮想音源法による遅延量(D_1)を補正した遅延量(D)を求めることができる。この補正の演算により、撮像点が、メインローブ内か否かに係らず、精度よく遅延量(D)を求めることができるため、送信焦点203から離れた位置の走査線901についても、精度のよい整相出力(ラスタ)を求めることができる。よって、走査線901の設定可能な範囲が広く、1回の送信で広範囲の複数の整相出力(ラスタ)を生成することができる。これにより、少ない送信回数で、高精度の画像を生成することができる。

40

【0038】

なお、図7では、 a の関数は、 $\sin \theta = 1$ の $a = a_0$ と、 $\sin \theta = |\sin \theta_1|$ の $a = 1$ との間を直線で結んだ関数である場合を示しているが、本実施形態は図7の関数に限定されるものではなく、 $\sin \theta = 1$ の $a = a_0$ と、 $\sin \theta = |\sin \theta_1|$ の $a = 1$ との間を任意の曲線で結んだ関数にすることも可能である。

【0039】

上述の実施形態では、角 θ に基づいて重み値 a を設定したが、送信焦点203から撮像点802等までの距離、あるいは、角 θ と距離の双方に基づいて重み値 a を設定する構成にすることも可能である。

【0040】

50

また、遅延量 D_2 を求める点803の投影方法としては、撮像点802を音軸に垂直に移動する方法を説明したが、この方法に限られるものではなく、より実際の波面形状に沿った位置の点803を求め、点803について遅延量 D_2 を求めることももちろん可能である。

【0041】

(第2の実施形態)

図10を用いて本発明の第2の実施形態の超音波撮像装置について説明する。

【0042】

第2の実施形態の超音波撮像装置は、図10に示すように、第1の実施形態の超音波診断装置(図3)と同様の構成であるが、補正演算部610には、撮像位置ごとの重み値を格納する格納部(重みテーブル1100)をさらに配置されている。重みテーブル1100には、設定され得る撮像点および送信焦点203の組み合わせごとに、予め求めておいた重み値 a が格納されている。重み値 a は、第1の実施形態において式(3)を用いて説明したように、撮像点と送信焦点を結ぶ線が光軸となす角 θ の関数であるため、想定した撮像点および送信焦点の組み合わせごとに予め求めておくことが可能である。

【0043】

これにより、補正演算部610は、図9のステップ1902において、重みテーブル1100から重み値を読み出して用いればよい。よって、撮影のたびに重み値 a を計算する必要がなく、補正演算部610の演算量を低減することができる。これにより、受信ビームフォーマ603の演算速度の向上、小型化、ならびに、超音波撮像装置の低コスト化を実現できる。

【0044】

なお、上記説明以外の装置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。

【0045】

(第3の実施形態)

図11を用いて本発明の第3の実施形態の超音波撮像装置について説明する。

【0046】

第3の実施形態の超音波撮像装置は、第2の実施形態の超音波撮像装置(図10)と同様の構成であるが、図11のように受信ビームフォーマ603内に重み変更モジュール1200がさらに配置されている。本実施形態では、コンソール608が、重み値 a の入力を操作者から受け付ける受け付け部としても機能する。具体的には、重み変更モジュール1200は、超音波撮像装置の本体50に備え付けられた入出力ポート1201を介してコンソール608に接続されている。

【0047】

重み変更モジュール1200は、重み値 a の個々の値、もしくはテーブル全体の値を、コンソール608を介して操作者から受け付け、重みテーブル1100内に格納されている値もしくはテーブルと置き換える。これにより、撮像しようとしている被検体の特徴に応じて、適した重み値 a に変更することができるため、被検体に適した遅延量(D)を補正演算部610によって求めることができる。他の構成および動作は、第2の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0048】

また、重みテーブル1100を備えない受信ビームフォーマ603に、重み変更モジュール1200を配置することも可能である。この場合、重み変更モジュール1200は、補正演算部610が重み値 a の演算に用いるパラメータを、コンソール608から受け付けた値に変更する。例えば、式(3)の演算に用いる定数 a_0 をコンソール608から受け付けた値に変更する。これにより、被検体に応じて、被検体に適した a_0 に変更することができるため、被検体に適した遅延量(D)を補正演算部610によって求めることができる。

【0049】

10

20

30

40

50

他の構成および動作は、第 1 および第 2 の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 5 0 】

(第 4 の実施形態)

図 1 2 を用いて本発明の第 4 の実施形態の超音波撮像装置について説明する。

【 0 0 5 1 】

第 4 の実施形態における超音波撮像装置の受信ビームフォーマ 6 0 3 は、開口合成法によるビームフォーミングを行う。図 1 2 のように、受信ビームフォーマ 6 0 3 の整相後の出力を格納する整相後出力格納部 (ビームメモリ 1 3 0 1) をさらに有する。受信ビームフォーマ 6 0 3 は、ある送信の超音波ビーム 1 0 4 の受信信号から得た整相後出力を整相後出力格納部から読み出して、別の送信の超音波ビームの受信信号から得た整相後出力と合成する。これについてさらに説明する。

10

【 0 0 5 2 】

受信ビームフォーマ 6 0 3 内には送信間合成部 1 3 0 0 が配置され、本体 5 0 にビームメモリ 1 3 0 1 の他に、フレームメモリ 1 3 0 2 も配置されている。他の構成は、第 3 の実施形態と同様である。

【 0 0 5 3 】

受信ビームフォーマ 6 0 3 は、1 回の送信につき複数の走査線を設定し、各走査線上の複数の撮像点について仮想音源法遅延量演算部 6 0 9 と補正演算部 6 1 0 が求めた遅延量 (D) を用いて受信信号を整相加算する。これにより、整相出力 (ラスター) を得る。得られた複数の整相出力 (ラスター) は、送信間合成部 1 3 0 0 を通してビームメモリ 1 3 0 1 に送られ、格納される。送信間合成部 1 3 0 0 は、ビームメモリ 1 3 0 1 に蓄えられた複数の整相出力 (ラスター) から、特定 (同一) の撮像点についての複数の整相結果を読み出して合成する (開口合成) 。例えば、図 1 3 に示すように、送信 k 番目で整相出力を取得した走査線 1 3 3 と同一の位置の走査線 1 3 1 , 1 3 2 について、送信 i 番目および j 番目で取得した整相出力がビームメモリ 1 3 0 1 に格納されている場合には、送信間合成部 1 3 0 0 は、送信 i 番目、j 番目の撮像点 1 0 1 の整相出力をビームメモリ 1 3 0 1 から読み出して、送信 k 番目の撮像点 1 0 1 の整相出力と合成する (開口合成) 。同様に、他の撮像点 1 0 2 , 1 0 3 等についても、撮像点ごとに整相出力を合成する。このように、開口合成を行うことにより、撮像点ごとの整相出力の精度を高めることができる。

20

【 0 0 5 4 】

合成処理を行った後の開口合成画像は、フレームメモリ 1 3 0 2 に蓄えられ、画像処理部 6 0 5 に送られ、画像表示部 6 0 7 に表示される。画像処理部 6 0 5 は、開口合成で得た画像を画像表示部 6 0 7 に表示する。

30

【 0 0 5 5 】

重み変更モジュール 1 2 0 0 等他の構成とその動作は、第 3 の実施形態および第 1 の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 5 6 】

本発明の受信ビームフォーマ 6 0 3 は、仮想音源法で求めた遅延量 (D_1) を補正して遅延量 (D) を得ることができるため、メインビーム内かどうかに係らず送信焦点 2 0 3 から離れた位置の撮像点 (走査線 9 0 1) についても、精度よく整相出力 (ラスター) を求めることができる。よって、1 回の送信で広範囲の複数ラスターを得ることができるため、これをビームメモリ 1 3 0 1 に格納しておき、他の送信で得たラスターと開口合成することで、より精度の高いラスターを生成し、画像を生成することができる。

40

【 0 0 5 7 】

(第 5 の実施形態)

図 1 4 ~ 1 6 を用いて本発明の第 5 の実施形態の超音波撮像装置について説明する。第 5 の実施形態の超音波撮像装置の受信ビームフォーマ 6 0 3 は、高フレームレート撮像および開口合成法によるビームフォーミングを行う。

【 0 0 5 8 】

図 1 4 のように、本体 5 0 には、受信ビームフォーマ 6 0 3 が整相処理を行う撮像点の

50

範囲を定める整相範囲制御部 1402 がさらに配置されている。整相範囲制御部 1402 は、送信ビームフォーマ 602 の超音波ビーム 104 の送信時の送信指向角よりも広い角度範囲と、送信音波端 206 の 2 本の線とを用いて整相範囲を定める。また、本体 50 には、指向角情報メモリ部 1400 と、送信間隔情報メモリ部 1401 とがさらに配置されている。他の構成は、第 4 の実施形態の超音波撮像装置と同様であるので説明を省略する。

【0059】

指向角情報メモリ部 1400 は、送信ビームフォーマ 602 から、設定パラメータのうち送信開口 P と送信周波数 f を受け取り、式 (4) から送信指向角 θ_a を計算により求めて、これを記憶する。

10

(数 4)

$$\sin \theta_a = v / (f \cdot P) \quad \cdots (4)$$

ただし、被検体内の音速を v とし、超音波素子 600 の振動子は長方形であるとする。

【0060】

送信間隔情報メモリ部 1401 は、送信ビームフォーマ 602 から探触子アレイ 100 に沿った方向の送信ビーム (超音波ビーム) 104 の送信間隔の情報を受け取って記憶する。整相範囲制御部 1402 は、指向角情報メモリ部 1400 および送信間隔情報メモリ部 1401 からそれぞれ送信指向角 θ_a および送信間隔 $503b$ を受け取って、これに基づいて撮像点の範囲を定める整相範囲 $105b$ を決定し、仮想音源法遅延量演算部 609 に指定する。仮想音源法遅延量演算部 609 は、指定された整相範囲 $105b$ 内の撮像点

20

【0061】

図 15 (a)、(b) を用いて整相範囲制御部 1402 の動作をさらに説明する。整相範囲 $105b$ は、一般的には、送信音場の簡易作図法により求めることができる。電子フォーカス、音響レンズならびに凹面振動子などにより、送信ビームを絞った収束送信の場合、まず、図 15 (a) に示すように、送信口径の両端の超音波素子 602 から送信焦点 203 で交わる交線 (送信音波端) 206 を引く。次に、送信音軸 702 を中心に、なす角が送信指向角 θ_a の 2 本の線 207a を引く。送信音波端 206 と線 207a のうち外側のもので囲われた範囲が一般的な整相範囲 $105a$ である。

【0062】

30

本実施形態では、図 15 (b) に示すように、整相範囲制御部 1402 が、式 (5) に示すように送信指向角 θ_a に係数 b をかけた送信指向角 θ_b の値を用いて 2 本の線 207b を引く。送信音波端 206 と線 207b のうち外側のもので囲われた範囲を整相範囲 $105b$ として設定する。

(数 5)

$$\theta_b = b \cdot \theta_a \quad \cdots (5)$$

【0063】

係数 b は、図 16 (c) に示すように整相範囲 $105b$ の最小幅 $502b$ が、送信間隔情報メモリ部 1401 から読み込んだ送信間隔 $503b$ より大きくなるように、整相範囲制御部 1402 が予め定めた数式もしくはテーブルを参照して設定する。

40

【0064】

本発明の受信ビームフォーマ 603 は、仮想音源法で求めた遅延量 (D_1) を補正して遅延量 D を得ることができるため、送信焦点 203 から離れた位置の撮像点についても、高精度に遅延量 (D) を求めることができる。よって、補正後の遅延量 (D) を用いて、精度よく整相出力 (ラスタ) を求めることができる。

【0065】

図 16 (c) のように整相範囲 $105b$ を広げることにより、図 16 (b) のように通常の整相範囲 $105a$ では、最小幅 $502a$ の整相範囲 $105a$ が重なり合わず抜け領域 504 が生じて設定することができない送信間隔 $503b$ を設定することができる。これにより、図 16 (a) のように、従来の整相範囲 $105a$ を用いる場合に必要な送信間隔

50

503 aよりも、広い送信間隔503 bを図16(c)のように設定して、高フレームレート撮像(高速撮像)を行うことができる。

【0066】

整相範囲105 bを広げることにより、1回の送信で広範囲の複数ラスターを得ることができるため、これをビームメモリ1301に格納しておき、他の送信で得たラスターと開口合成することで、範囲501(図16(c))について精度の高い超音波画像を生成することができる。

【0067】

なお、送信間での整相範囲105 bの重なりが少ないと、開口合成後の画像にブロックノイズが発生するため、少なくとも3以上の送信間での整相範囲105 bが重なるように係数bを設定するのが好ましい。

10

【0068】

他の構成および動作は、第4の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0069】

(第6の実施形態)

図17を用いて本発明の第6の実施形態の超音波撮像装置について説明する。第6の実施形態の超音波撮像装置は、図17のように、第5の実施形態の超音波撮像装置(図14)と同様の構成であるが、整相範囲制御部1402を外部から調整できるようにしている。具体的には、コンソール608が、整相範囲制御部1402の処理に用いる係数を受け付ける受け付け部としても機能する。本体50には、入出力ポート1600が配置され、整相範囲制御部1402をコンソール608に接続している。整相範囲制御部1402は、送信指向角 θ_a に受け付け部(コンソール608)が受け付けた係数をかけることにより角度範囲(θ_b)を求める。

20

【0070】

操作者は、コンソール608を操作して、第5の実施形態で説明した式(5)の係数bの値を手動で設定するか、もしくは、整相範囲制御部1402が設定した係数bを微調整する。

【0071】

これにより、被検体により異なる音波の散乱状態に応じて、係数bの値を適切に調整することができるため、適切な範囲整相範囲105 bを設定することができる。よって、高フレームレート撮像でありながら、より精度の高い超音波画像を生成することができる。

30

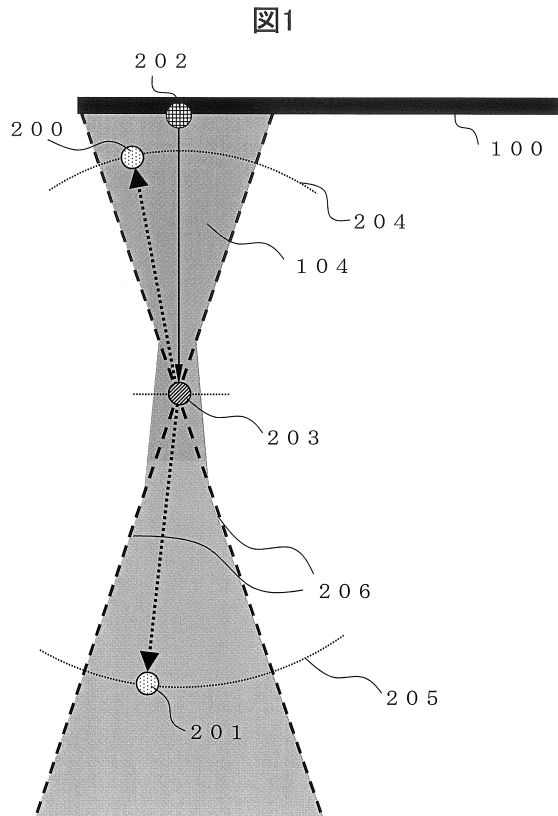
【符号の説明】

【0072】

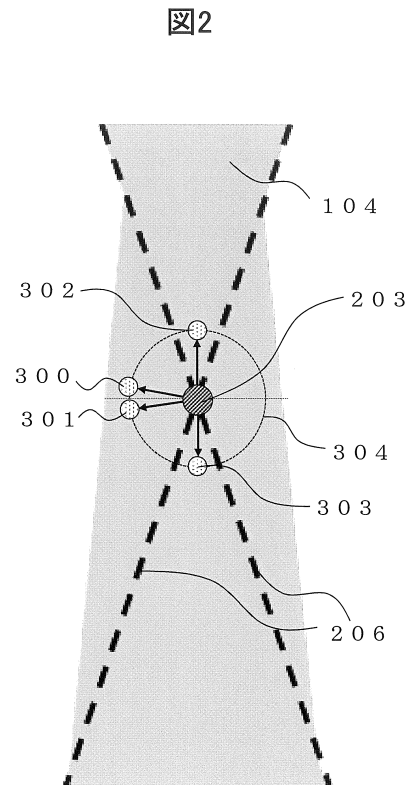
- 100 探触子アレイ
- 104 送信ビーム(超音波ビーム)
- 105 a, b 整相範囲
- 202 送信口径中心点
- 203 送信焦点
- 206 送信音波端
- 501 複数送信における開口合成の整相範囲
- 503 a, b 送信間隔
- 504 整相範囲が重ならない抜け領域
- 609 仮想音源法遅延量演算部
- 610 補正演算部
- 700 送信焦点深さにおける送信音波波面
- 901 仮想走査線
- 1100 重みテーブル

40

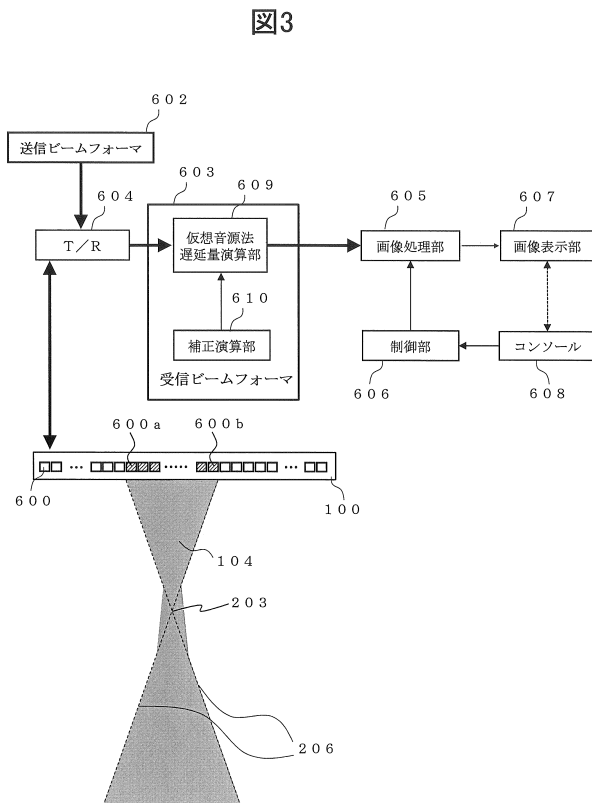
【図 1】



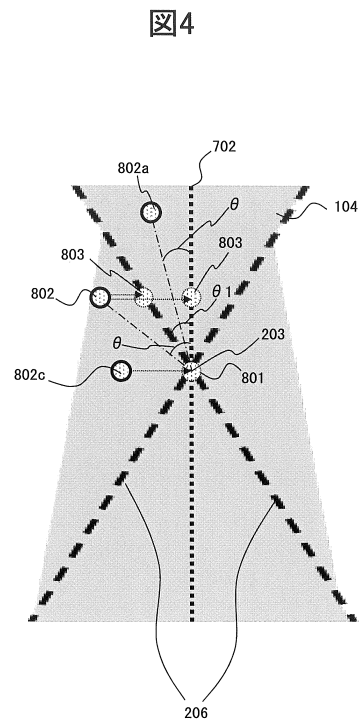
【図 2】



【図 3】

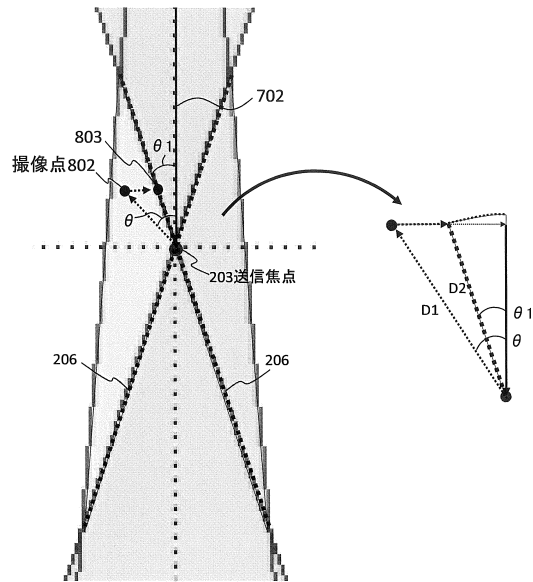


【図 4】



【図5】

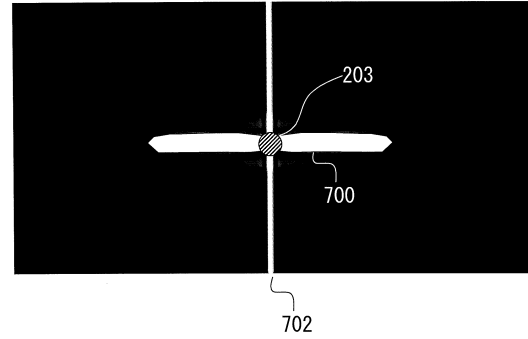
図5



$$D_2 = \frac{D_1 |\cos \theta|}{\cos \theta_1}$$

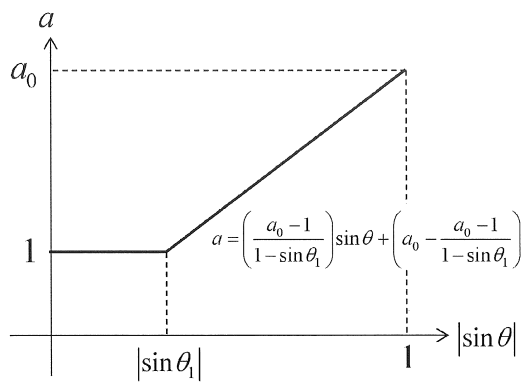
【図6】

図6



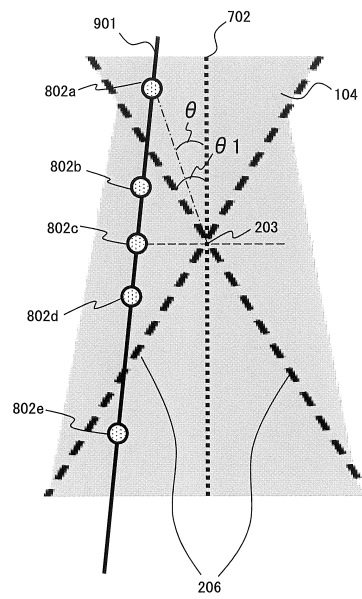
【図7】

図7

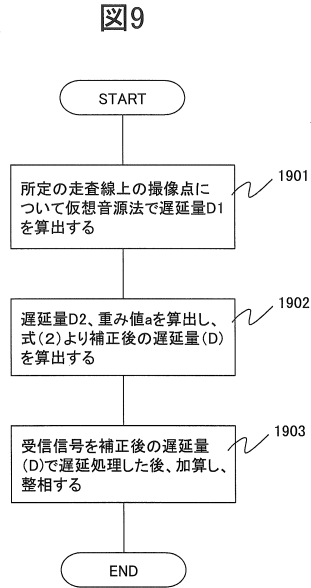


【図8】

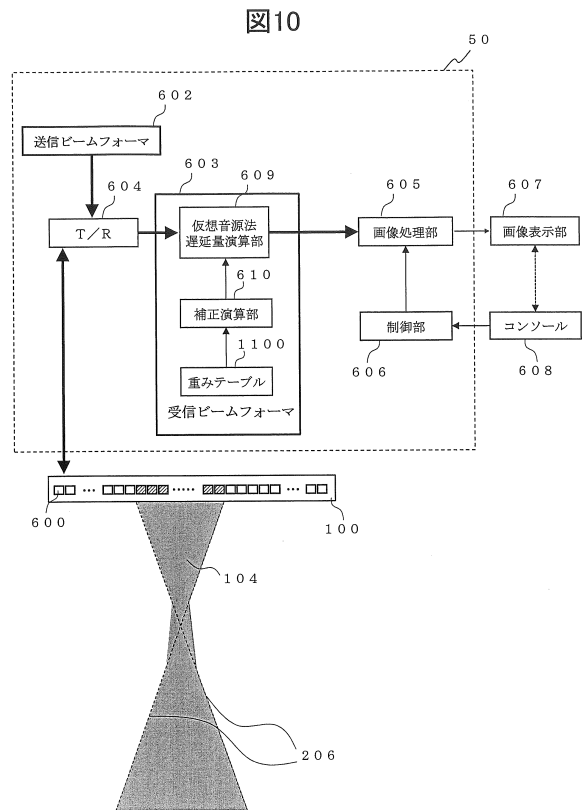
図8



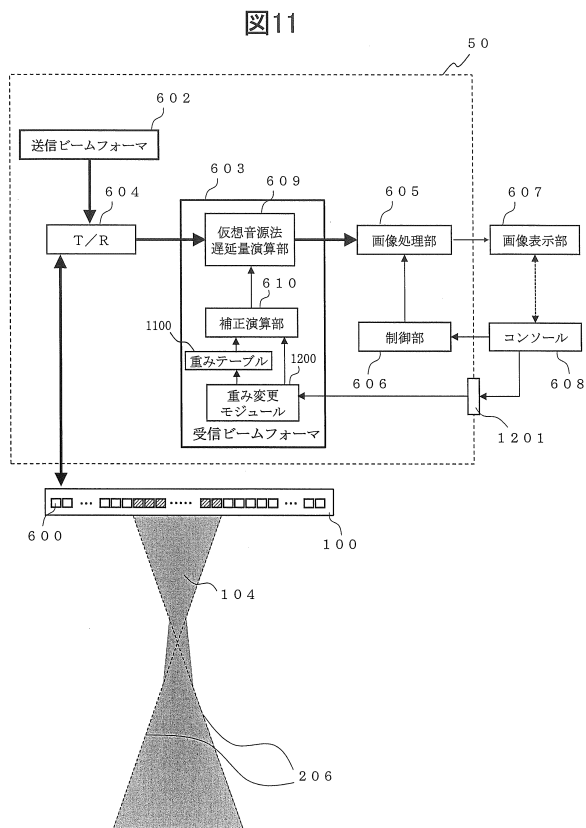
【図 9】



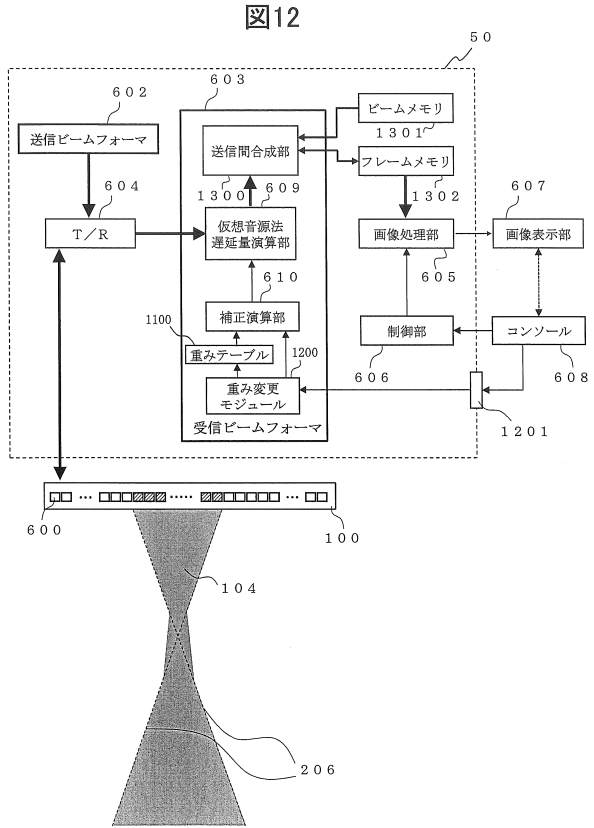
【図 10】



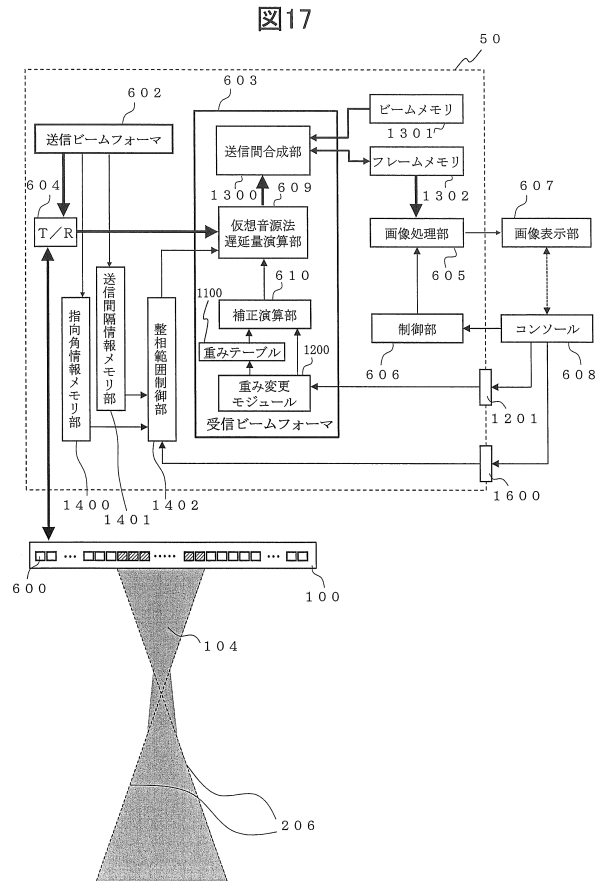
【図 11】



【図 12】



【図 17】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 8 / 0 0 - 8 / 1 5

专利名称(译)	超声成像设备		
公开(公告)号	JP6035424B2	公开(公告)日	2016-11-30
申请号	JP2015532773	申请日	2014-07-17
[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	高野慎太		
发明人	高野 慎太		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/4488 A61B8/14 A61B8/5269 G01S7/52019 G01S7/52046 G01S15/8906 G01S15/8915 G01S15/8997		
FI分类号	A61B8/14		
优先权	2013171584 2013-08-21 JP		
其他公开文献	JPWO2015025655A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

发送波束形成器执行形成被检体中的超声波束的发送焦点的会聚发送。接收波束形成器包括：虚拟声源方法延迟量计算部，其获得关于作为虚拟声源的发送焦点的接收信号的延迟量；以及校正操作部，其校正由虚拟声源获得的延迟量基于方法的延迟量计算部分。由此，能够以良好的精度获得大范围的摄像点的延迟量。

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6035424号 (P6035424)
(45) 発行日 平成28年11月30日 (2016. 11. 30)	(24) 登録日 平成28年11月4日 (2016. 11. 4)	
(51) Int. Cl. A 6 1 B 8 / 1 4 (2006. 01)	F 1 A 6 1 B 8 / 1 4	
請求項の数 13 (全 18 頁)		
(21) 出願番号 特願2015-532773 (P2015-532773)	(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26年7月17日 (2014. 7. 17)	(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 / JP2014 / 069116	(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	
(87) 国際公開番号 W02015 / 025655		
(87) 国際公開日 平成27年2月26日 (2015. 2. 26)		
審査請求日 平成28年2月2日 (2016. 2. 2)		
(31) 優先権主張番号 特願2013-171584 (P2013-171584)		
(32) 優先日 平成25年8月21日 (2013. 8. 21)		
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)		
	審査官 富永 昌彦	
	(56) 参考文献 特開2009-240700 (JP, A)	
	特開平10-277042 (JP, A)	
	最終頁に続く	
(54) 【発明の名称】 超音波撮像装置		