

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5355924号  
(P5355924)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年9月6日(2013.9.6)

(51) Int.Cl.

A 61 B 8/00 (2006.01)

F 1

A 61 B 8/00

請求項の数 18 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2008-93812 (P2008-93812)  
 (22) 出願日 平成20年3月31日 (2008.3.31)  
 (65) 公開番号 特開2009-240700 (P2009-240700A)  
 (43) 公開日 平成21年10月22日 (2009.10.22)  
 審査請求日 平成23年1月31日 (2011.1.31)

(73) 特許権者 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (73) 特許権者 594164542  
 東芝メディカルシステムズ株式会社  
 栃木県大田原市下石上1385番地  
 (74) 代理人 100149803  
 弁理士 藤原 康高  
 (72) 発明者 平間 信  
 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝  
 メディカルシステムズ株式会社内  
 審査官 樋口 宗彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

被検体に対する超音波の送受信によって得られた受信信号に基づいて画像データを生成する超音波診断装置において、

少なくとも第1方向に配列された複数の振動素子から構成される超音波プローブと、前記複数の振動素子の一部からなり、前記第1方向に配列された送信用振動素子群を駆動し、前記被検体に対して

送信超音波を放射することにより仮想的な音源を形成する送信手段と、

前記複数の振動素子の一部からなり、前記第1方向に配列された受信用振動素子群にて得られた前記被検体の体内における複数チャンネルの受信信号を、観測点から前記受信用振動素子群を構成する前記振動素子の各々までの伝搬距離の差異に起因した受信遅延を補正して受信整相加算する受信整相加算手段と、

前記音源の位置を前記第1方向に対して順次更新した超音波送受信によって得られる、複数チャンネルからなる受信整相加算後の受信信号に対して、前記音源の各々から前記観測点までの伝搬距離の差異に起因した送信遅延を補正した上で加算する、送信整相加算を行う送信整相加算手段と、

前記超音波送受信の方向を制御することにより前記第1方向と平行な面に配置された複数の前記観測点に対して超音波走査を行う走査制御手段と、

前記超音波走査によって得られた、複数の前記観測点における前記送信整相加算後の受信信号に基づいて画像データを生成する画像データ生成手段とを

備えた超音波診断装置。

【請求項 2】

被検体に対する超音波の送受信によって得られた受信信号に基づいて画像データを生成する超音波診断装置において、

少なくとも第1方向に配列された複数の振動素子から構成される超音波プローブと、

前記複数の振動素子の一部からなり、前記第1方向に配列された送信用振動素子群を駆動し、前記被検体に対して送信超音波を放射することにより仮想的な音源を形成する送信手段と、

前記複数の振動素子の一部からなり、前記第1方向に配列された受信振動素子群と前記音源の位置を順次更新する前記送信振動素子群とを用いた超音波送受信によって得られる複数チャンネルの受信信号に対し、前記音源の各々から少なくとも観測点までの伝搬距離の差異に起因した相対的な送信遅延の補正を行う送信整相加算手段と、前記観測点から前記受信用振動素子群を構成する前記振動素子の各々までの伝搬距離の差異に起因した相対的な受信遅延の補正を行う受信整相加算手段とを含み、前記送信遅延及び受信遅延の補正が行われた受信信号を整相加算する整相加算手段と、

前記超音波送受信の方向を制御することにより前記第1方向と平行な面に配置された複数の前記観測点に対して超音波走査を行う走査制御手段と、

前記超音波走査によって得られた、複数の前記観測点における前記整相加算後の受信信号に基づいて画像データを生成する画像データ生成手段とを備えた超音波診断装置。

【請求項 3】

前記送信整相加算手段は、前記音源の位置を、前記第1方向に対して、且つ記受信用振動素子群に対して相対的に異なる位置へ順次更新する

請求項1または2に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記送信整相加算手段は、送信収束点を形成することにより前記音源を形成するものであって、

前記受信整相加算手段は、少なくとも1つの前記観測点の位置を前記送信収束点と異なる位置に配置して、

且つ前記観測点の位置を受信収束点とするよう受信遅延を補正した前記受信整相加算を行う

請求項1乃至3のいずれか1項記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記送信整相加算手段は、前記音源の位置を順次更新する一方で、同一の前記受信用振動素子群にて得られた前記受信整相加算後の受信信号に対して、前記送信整相加算を行う

請求項1乃至4のいずれか1項記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記受信整相加算手段は、前記複数チャンネルの受信信号が記観測点において収束されるよう前記相対的な受信遅延の補正を行う一方で、

前記送信整相加算手段は、前記音源の各々から同時に放射された送信超音波が前記観測点において収束されるよう前記相対的な送信遅延の補正を行う

請求項1乃至5のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記送信整相加算は、前記複数チャンネルの受信信号に対して重みづけを施した上で、前記整相加算を行う

請求項1乃至6のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記受信整相加算手段は、前記被検体の複数の方向に設定された前記観測点からの反射

10

20

30

40

50

波に基づく受信信号に対し前記受信遅延を補正することにより前記複数方向に対する受信ビームを略同時に形成する

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 9】**

前記受信整相加算手段及び送信整相加算手段は、前記受信用振動素子群にて受信された受信信号を直交位相検波あるいはヒルベルト変換して得られるI成分及びQ成分を用いて前記受信遅延及び送信遅延の補正の少なくとも何れかを行う

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 10】**

前記送信手段は、所定の波面関数に基づいた駆動信号を用いて前記送信用振動素子群を駆動することにより、前記音源にて収束する収束波面を形成した送信超音波を放射する

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 11】**

前記送信手段は、所定の波面関数に基づいた駆動信号を用いて前記送信用振動素子群を駆動することにより、前記被検体内にて拡散する拡散波面を形成した送信超音波を放射する

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 12】**

前記超音波プローブが有する複数の振動素子の中から前記送信用振動素子及び受信用振動素子群を選択する振動素子選択手段を備え、

前記走査制御手段は、前記振動素子選択手段を制御し、前記送信用振動素子群によって形成される前記音源の位置を順次更新する

請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 13】**

前記振動素子選択手段は、前記送信用振動素子群を前記第1の方向へシフトさせながら選択することにより前記音源の位置を順次更新する

請求項 1 2 記載の超音波診断装置。

**【請求項 14】**

観測点設定手段を備え、前記観測点設定手段は、前記画像データ生成手段によって生成される前記画像データの各画素に対応した前記被検体の体内の位置に前記観測点を設定する

請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 15】**

観測点設定手段を備え、前記観測点設定手段は、前記受信遅延の補正によって生成される受信ビームの中心軸上に少なくとも1つの前記観測点を設定する

請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 16】**

前記超音波プローブは、前記複数の振動素子を前記第1方向に加え第2方向へ、2次元配列して構成される

請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 17】**

前記超音波プローブは、前記第1方向に配列された前記複数の振動素子を第3方向へ機械的に移動させる

請求項 1 乃至 16 のいずれかに記載の超音波診断装置。

**【請求項 18】**

前記振動素子選択手段は、前記送信用振動素子群が前記受信用振動素子群の一部と重複するように前記振動素子の割り当てを行う

請求項 1 2 に記載の超音波診断装置。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

10

20

30

40

50

**【 0 0 0 1 】**

本発明は、超音波診断装置に係り、特に、振動素子から得られた複数の受信信号を整相加算することにより深さ方向に対して一様な細いビーム幅を有した送信ビーム及び受信ビームの形成を可能とする超音波診断装置に関する。

**【背景技術】****【 0 0 0 2 】**

超音波診断装置は、超音波プローブに内蔵された振動素子から発生する超音波パルスを被検体内に放射し、被検体組織の音響インピーダンスの差異によって生ずる超音波反射波を前記振動素子により受信してモニタ上に表示するものである。複数の振動素子に供給する駆動信号や前記振動素子から得られる受信信号の遅延時間を制御することにより超音波の送受信方向や集束点を電子的に制御することが可能な近年の超音波診断装置では、超音波プローブを体表に接触させるだけの簡単な操作でリアルタイムの画像データが容易に観察できるため、生体臓器の形態診断や機能診断に広く用いられている。10

**【 0 0 0 3 】**

特に、生体内の組織あるいは血球からの超音波反射波により生体情報を得る超音波診断法は、超音波パルス反射法と超音波ドプラ法の2つの大きな技術開発により急速な進歩を遂げ、これらの技術を用いて得られるBモード画像データやカラードプラ画像データの観測は、今日の画像診断において不可欠なものとなっている。

**【 0 0 0 4 】**

ところで、上述の超音波診断装置では、画像データの空間分解能やコントラスト分解能の向上を目的として送信ビーム及び受信ビームを集束させる方法がとられている。そして、複数からなる振動素子の各々から得られる受信信号に所定の遅延時間を与えて加算合成する、所謂、整相加算（所定距離からの超音波反射波に基づく受信信号の位相を合わせて加算合成）によって受信ビームを集束させる場合、生体内にて反射する超音波反射波の受信タイミングは超音波プローブから反射体までの距離（深さ）に依存するため、振動素子の各々から得られる時系列的な受信信号に与える遅延時間を受信タイミングに対応させて順次更新するダイナミック集束法により、深さ方向の広い範囲において一様に集束された受信ビームを形成することが可能となる。20

**【 0 0 0 5 】**

これに対して、送信ビームを遅延時間の制御によって集束させる場合、振動素子の各々から放射される送信超音波は、駆動信号の遅延時間によって決定される送信波面に基づいて所定の送信集束点に向って生体内を伝搬する。このため、送信ビームの集束領域は送信集束点及びその近傍に限定され、送信集束点から離れた生体内の浅部領域や深部領域では広いビーム幅を有した送信ビームが形成される。30

**【 0 0 0 6 】**

一方、画像データの空間分解能やコントラスト分解能は送信ビームのビーム幅と受信ビームのビーム幅に大きく依存し、そのビーム幅が深さによって著しく異なる上述のような送信ビームが形成された場合には、送信集束点の近傍領域にて生成される画像データの画質と送信集束点から離れた領域にて生成される画像データの画質との間に大きな差異が発生する。40

**【 0 0 0 7 】**

特に、大きな送信口径（送信に使用する振動素子群の幅）を大きくして強いビーム集束を行なった場合には、送信集束点から離れた領域における画像データの画質劣化は顕著となり、又、送信口径を小さくして弱いビーム集束を行なった場合には、送信集束領域のビーム幅を狭くすることができなくなるとともに送信パワーの低下に伴なって画像データのS/Nが劣化するという問題点を有していた。

**【 0 0 0 8 】**

このような問題点に対し、深さ方向に対して送信集束点を順次更新しながら超音波送受信を複数回繰り返し、このとき各々の送信集束領域から得られる受信信号のみを抽出して合成することにより画像データを生成する、所謂、多段集束法が新たに開発された。そし50

て、この多段集束法と上述のダイナミック集束法を併用することにより画像データの生成に用いられる受信信号は概ね送信集束領域及び受信集束領域から得られるため空間分解能及びコントラスト分解能に優れた画像データの生成が可能となった（例えば、特許文献1参照。）。

【特許文献1】特開平07-323029号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上述の特許文献1に記載された方法によれば、多段集束法によって設定された複数の送信集束点及びその近傍では良質な画像データを得ることができる。しかしながら、深さ方向に一様な細いビーム幅を有した送信ビームを形成するためには、送信集束点の異なる送信超音波を同一方向に対して多数回繰り返す必要があるため時間分解能（画像データのフレームレート）は著しく劣化するという第1の問題点を有し、更に、送信集束領域以外から得られた受信信号は排除されるため、被検体内に投入された送信エネルギーを有効に活用することができないという第2の問題点を有していた。

【0010】

本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、複数の振動素子から得られた受信信号に対して受信整相加算と送信整相加算を行なうことにより被検体の深さ方向に対してほぼ一様な細いビーム幅を有した送信ビーム及び受信ビームを高精度かつ高感度で形成することが可能な超音波診断装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、実施態様の超音波診断装置は、被検体に対する超音波の送受信によって得られた受信信号に基づいて画像データを生成する超音波診断装置において、少なくとも第1方向に配列された複数の振動素子から構成される超音波プローブと、前記複数の振動素子の一部からなり、前記第1方向に配列された送信用振動素子群を駆動し、前記被検体に対して送信超音波を放射することにより仮想的な音源を形成する送信手段と、前記複数の振動素子の一部からなり、前記第1方向に配列された受信用振動素子群にて得られた前記被検体の体内における複数チャンネルの受信信号を、観測点から前記受信用振動素子群を構成する前記振動素子の各々までの伝搬距離の差異に起因した受信遅延を補正して受信整相加算する受信整相加算手段と、前記音源の位置を前記第1方向に対して順次更新した超音波送受信によって得られる、複数チャンネルからなる受信整相加算後の受信信号に対して、前記音源の各々から前記観測点までの伝搬距離の差異に起因した送信遅延を補正した上で加算する、送信整相加算を行う送信整相加算手段と、前記超音波送受信の方向を制御することにより前記第1方向と平行な面に配置された複数の前記観測点に対して超音波走査を行う走査制御手段と、前記超音波走査によって得られた、複数の前記観測点における前記送信整相加算後の受信信号に基づいて画像データを生成する画像データ生成手段とを備えた。

【0012】

一方、別の実施態様の超音波診断装置は、被検体に対する超音波の送受信によって得られた受信信号に基づいて画像データを生成する超音波診断装置において、少なくとも第1方向に配列された複数の振動素子から構成される超音波プローブと、前記複数の振動素子の一部からなり、前記第1方向に配列された送信用振動素子群を駆動し、前記被検体に対して送信超音波を放射することにより仮想的な音源を形成する送信手段と、前記複数の振動素子の一部からなり、前記第1方向に配列された受信用振動素子群と前記音源の位置を順次更新する前記送信振動素子群とを用いた超音波送受信によって得られる複数チャンネルの受信信号に対し、前記音源の各々から少なくとも観測点までの伝搬距離の差異に起因した相対的な送信遅延の補正を行う送信整相加算手段と、前記観測点から前記受信用振動素子群を構成する前記振動素子の各々までの伝搬距離の差異に起因した相対的な受信遅延の補正を行う受信整相加算手段とを含み、前記送信遅延及び受信遅延の補正が行われた受信

10

20

30

40

50

信号を整相加算する整相加算手段と、前記超音波送受信の方向を制御することにより前記第1方向と平行な面に配置された複数の前記観測点に対して超音波走査を行う走査制御手段と、前記超音波走査によって得られた、複数の前記観測点における前記整相加算後の受信信号に基づいて画像データを生成する画像データ生成手段とを備えた。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、複数の振動素子から得られた受信信号に対して受信整相加算と送信整相加算を行なうことにより被検体の深さ方向に対してほぼ一様な細いビーム幅を有した送信ビーム及び受信ビームを高精度かつ高感度で形成することができる。このため、空間分解能、コントラスト分解能及びS/Nに優れた画像データの生成と表示が可能となる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

【実施例1】

【0015】

本発明の第1の実施例における超音波診断装置は、送信用振動素子群を構成する複数の振動素子から放射される送信超音波を所定の送信集束点に集束させることにより前記送信集束点に仮想的な点音源を形成する。そして、この点音源から放射される送信超音波に基づいて任意に設定された複数の観測点から反射する受信超音波を受信用振動素子群を構成する複数の振動素子によって受信し、得られた複数チャンネルの受信信号に対し前記観測点が受信集束点となるような受信整相加算を行なう。更に、前記受信用振動素子群と振動素子の配列方向に順次シフトさせた送信用振動素子群を用いて得られた受信信号に対しても同様の受信整相加算を行ない、これら受信整相加算後の受信信号に対し送信集束点から観測点までの伝搬距離の差異に起因した相対的な送信遅延を補正する送信整相加算を行なう。

20

【0016】

尚、以下の実施例では、リニア走査方式の超音波診断装置について述べるがセクタ走査方式やコンベックス走査方式等の超音波診断装置であってもよい。

【0017】

(装置の構成)

30

本発明の第1の実施例における超音波診断装置の構成と基本的な動作につき図1乃至図7を用いて説明する。尚、図1は、本実施例における超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

【0018】

図1に示す超音波診断装置100は、被検体内の所定距離(深さ)に対して集束された超音波パルス(送信超音波)を送信し、この送信超音波によって被検体内から得られた超音波反射波(受信超音波)を電気信号(受信信号)に変換するM0個の振動素子が配列された超音波プローブ4と、M0個の振動素子の中から当該超音波送受信に使用する隣接したMt個の送信用振動素子(送信用振動素子群)及びMr個の受信用振動素子(受信用振動素子群)を選択する振動素子選択部3と、被検体の所定距離に対して送信超音波を集束するための駆動信号を送信用振動素子群に供給する送信部2と、被検体に対する送信超音波の送信によって受信用振動素子群から得られるMrチャンネルの受信信号に対して受信整相加算を行なう受信部5と、振動素子選択部3により振動素子の配列方向へ順次シフトさせながら選択されたMx個からなる送信用振動素子群の各々と前記受信用振動素子群との超音波送受信によって得られたMxチャンネルからなる受信整相加算後の受信信号に対し送信整相加算を行なう送信整相加算部6を備えている。

40

【0019】

更に、超音波診断装置100は、受信整相加算と送信整相加算が行なわれた受信信号を処理してBモードデータ(画像信号)を生成する画像信号生成部7と、受信用振動素子群及びMx個の送信用振動素子群を振動素子の配列方向へシフトさせて超音波の送受信方向

50

を順次更新（即ち、超音波走査）することにより得られた複数の画像信号に基づいてBモード画像データ（画像データ）を生成する画像データ生成部8と、得られた画像データを表示する表示部9と、被検体情報の入力、画像データ生成条件及び画像データ表示条件の設定、送信焦点距離の設定、送信振動素子数M<sub>t</sub>及び受信振動素子数M<sub>r</sub>の設定、更には、各種コマンド信号の入力等を行なう入力部10と、超音波送受信に使用する振動素子群の選択制御により被検体に対する超音波走査を制御する走査制御部11と、受信部5における受信整相加算及び送信整相加算部6における送信整相加算を制御する整相加算制御部12と、上述の各ユニットを統括的に制御するシステム制御部13を備えている。

【0020】

上述の各ユニットにつき更に詳しく説明する。

10

【0021】

超音波プローブ4は、直線状に配列されたM<sub>0</sub>個の図示しない振動素子を先端部に有し、この先端部を当該被検体の体表面に接触させて超音波送受信を行なう。振動素子は電気音響変換素子であり、送信時には電気パルス（駆動信号）を超音波パルス（送信超音波）に変換し、受信時には超音波反射波（受信超音波）を電気的な受信信号に変換する機能を有している。そして、これら振動素子の各々は、図示しないM<sub>0</sub>チャンネルの多芯ケーブルを介して振動素子選択部3に接続されている。

【0022】

尚、本実施例では、M<sub>0</sub>個の振動素子が直線状に配列されたリニア走査用の超音波プローブ4について述べるが、セクタ走査やコンベックス走査等に対応した超音波プローブであっても構わない。即ち、本実施例では、M<sub>0</sub>個の振動素子の中から隣接するM<sub>t</sub>個の振動素子が1つの送信用振動素子群として、又、隣接するM<sub>r</sub>個の振動素子が1つの受信用振動素子群として振動素子選択部3によって選択される。そして、前記送信用振動素子群を構成する振動素子の各々が、送信部2から供給されるM<sub>t</sub>チャンネルの駆動信号により駆動されて被検体内に送信超音波が放射され、この送信超音波に基づいて被検体内から得られる受信超音波は、前記受信用振動素子群によってM<sub>r</sub>チャンネルの受信信号に変換される。

20

【0023】

次に、振動素子選択部3は、走査制御部11から供給される制御信号に基づいて超音波プローブ4に備えられたM<sub>0</sub>個の振動素子の中から送信用振動素子群と受信用振動素子群を選択し、これらの振動素子群と送信部2及び受信部5との接続を行なう。この場合、1つの受信振動素子群に対し複数（M<sub>x</sub>個）の送信振動素子群が振動素子選択部3によって選択され、これら送信用振動素子群の各々と前記受信用振動素子群を用いた超音波送受信によって得られる複数チャンネルの受信信号に対して受信整相加算及び送信整相加算を行なうことにより深さ方向に略一様な細いビーム幅を有する送信ビーム及び受信ビームの形成が可能となるがその詳細については後述する。

30

【0024】

送信部2は、波面関数発生部21と駆動信号発生部22を備え、波面関数発生部21は、予め設定された送信焦点距離あるいは入力部10において初期設定された送信焦点距離に基づいて送信超音波を集束させるための送信波面関数を発生し、この送信波面関数に基づいて送信用振動素子群に対する駆動遅延時間を設定する。この場合の駆動遅延時間は、送信振動素子数M<sub>t</sub>、振動素子の配列間隔、及び送信焦点距離等によって一義的に決定され、これらの駆動遅延時間は、例えば、図示しない演算回路によって算出してもよいが、予め算出された駆動遅延時間のデータがルックアップテーブルとして予め保管されていてもよい。

40

【0025】

一方、駆動信号発生部22は、波面関数発生部21から供給される駆動遅延時間と所定の振幅及び波形を有するM<sub>t</sub>チャンネルの駆動信号を生成し、振動素子選択部3によって選択された超音波プローブ4の送信用振動素子群に供給する。

【0026】

50

図2及び図3は、駆動信号発生部22から供給される駆動信号に基づいて送信用振動素子群から送信焦点距離Dfだけ離れた送信集束点Ftに向って放射される送信超音波の波面を示したものであり、多くの送信振動素子を選択して駆動することにより送信集束点Ftには仮想的な点音源が形成される。

【0027】

そして、図2に示すように、例えば、画像データ生成部8が生成する画像データの画素に対応した観測点Pxが送信集束点Ftより深部に設定された場合、この仮想的な点音源から放射された送信超音波は観測点Pxまでの距離Dxを伝搬した後、その一部が観測点Pxにて反射し超音波プローブ4の受信用振動素子群によって受信される。従って、後述の送信整相加算及び受信整相加算は、送信集束点Ftから観測点Pxまでの伝搬距離Dx及び観測点Pxから受信用振動素子群を構成する振動素子の各々までの伝搬距離に基づいて行なわれる。

【0028】

一方、図3に示すように観測点Pxが送信集束点Ftより浅部に設定された場合、送信用振動素子群から放射され観測点Pxにおいて反射する送信超音波は、送信集束点において形成された仮想的な点音源から負の伝搬距離-Dxを伝搬（即ち、実際の伝搬方向に対して反対の方向に伝搬）した後、観測点Pxにて反射すると見なすことができる。従って、この場合の送信整相加算及び受信整相加算は、送信集束点Ftから観測点Pxまでの負の伝搬距離-Dx及び観測点Pxから受信用振動素子群を構成する振動素子の各々までの伝搬距離に基づいて行なわれる。

【0029】

図1へ戻って、超音波診断装置100の受信部5は、前処理部51とA/D変換部52と受信整相加算部53を備えている。

【0030】

前処理部51は、受信用振動素子群から振動素子選択部3を介して供給されるMrチャンネルの受信信号に対し受信整相加算前の信号処理を行なう機能を有し、例えば、Mrチャンネルの受信信号を增幅して十分なS/Nを確保する増幅器と、A/D変換部52のサンプリング動作における折り返り雑音の発生を防止するために前記増幅器から出力された受信信号に対して帯域制限を行なうフィルタ回路（何れも図示せず）を有している。

【0031】

尚、前記増幅器の入力端には、送信部2の駆動信号発生部22にて発生した高電圧を有する駆動信号からの保護を目的としたリミッタ回路が必要に応じて設けられる。そして、前処理部51において上述の処理が行なわれたMrチャンネルの受信信号は、A/D変換部52においてデジタル信号に変換され受信整相加算部53に供給される。

【0032】

受信整相加算部53は、図示しない受信遅延補正回路と加算器を備えている。前記受信遅延補正回路は、整相加算制御部12から供給される遅延時間情報に基づいて被検体内的観測点Pxにて反射した受信超音波を集束するための遅延時間（即ち、観測点Pxから受信用振動素子群を構成する振動素子の各々までの伝搬距離の差異に起因した相対的な受信遅延を補正するための遅延時間）をA/D変換部52から出力されるMrチャンネルの受信信号に与え、前記加算器は、前記受信遅延補正回路から供給される受信信号を加算合成する。即ち、前記受信遅延補正回路と前記加算器によりMrチャンネルの受信信号は整相加算（受信整相加算）され観測点Pxに受信集束点が形成される。

【0033】

そして、受信超音波の受信時に整相加算制御部12から供給される制御信号に基づいて上述の遅延時間を順次更新して受信集束点を浅部から深部へ連続的に移動することにより、深さ方向の広い範囲における複数の観測点にて集束された受信ビームの形成が可能となる。

【0034】

次に、送信整相加算部6は、受信信号記憶部61と、送信遅延補正部62と、加算部6

10

20

30

40

50

3を備えている。受信信号記憶部61は、振動素子選択部3により振動素子の配列方向へ順次シフトさせながら選択されたM×個からなる送信用振動素子群の各々と前記受信用振動素子群との超音波送受信によって得られたM×チャンネルからなる受信整相加算後の受信信号を保存する。

【0035】

一方、送信遅延補正部62は、受信信号記憶部61に保存されたM×チャンネルからなる受信整相加算後の受信信号を読み出す。次いで、整相加算制御部12から供給される遅延時間情報に基づき、送信用振動素子群によって形成されたM×個からなる送信集束点の各々から、例えば、画像データの画素に対応して設定された観測点P×までの伝搬距離の差異に起因した相対的な送信遅延を補正するための遅延時間を前記受信信号に与える。

10

【0036】

次いで、加算部63は、送信遅延補正部62において遅延補正された受信整相加算後の受信信号を加算合成する。即ち、上述の送信遅延補正部62及び加算部63により送信集束点Ftを振動素子の配列方向へシフトさせながら収集したM×チャンネルからなる受信整相加算後の受信信号は整相加算(送信整相加算)される。尚、送信整相加算によって形成される送信ビームのサイドローブを低減するために、前記加算部63は、送信遅延補正部62から供給される受信整相加算後の受信信号に対し所定の重み付け演算(apodization)を行なって加算してもよい。

【0037】

一方、画像信号生成部7は、包絡線検波器71と対数変換器72を備え、包絡線検波器71は、送信整相加算部6の加算部63から供給される送信整相加算後の受信信号を包絡線検波する。対数変換器72は、包絡線検波された受信信号の振幅を対数変換してBモードデータ(画像信号)を生成し、画像データ生成部8へ供給する。尚、包絡線検波器71と対数変換器72は順序を入れ替えて構成しても構わない。

20

【0038】

次に、画像データ生成部8は、画像信号記憶部81と演算処理部82を備え、画像信号記憶部81には、画像信号生成部7の対数変換器72から供給される画像信号が、観測点P×の位置情報に対応させて順次保存される。演算処理部82は、画像信号記憶部81にて保存された2次元的な画像信号を読み出し、必要に応じて補間処理やフィルタリング処理等の画像処理を行なってBモード画像データ(画像データ)を生成する。

30

【0039】

表示部9は、表示データ生成部91とモニタ92を備え、表示データ生成部91は、画像データ生成部8が生成した画像データを所定の表示フォーマットに変換し、更に、被検体情報や画像データ生成条件等の付帯情報を付加して表示データを生成する。そして、得られた表示データに対しD/A変換等の変換処理を行なってモニタ92に表示する。

【0040】

入力部10は、操作パネル上に表示パネルやキーボード、トラックボール、マウス、選択ボタン、入力ボタン等の入力デバイスを備え、超音波プローブ4の表面から送信集束点Ftまでの送信焦点距離Dfを設定する焦点距離設定部や送信振動素子数Mt及び受信振動素子数Mrを設定する素子数設定部(何れも図示せず)を有している。又、被検体情報の入力、画像データ生成条件や画像データ表示条件の設定、各種コマンド信号の入力等も上述の表示パネルや入力デバイスを用いて行なわれる。

40

【0041】

次に、走査制御部11は、配列されたM0個の振動素子の中から超音波送受信に使用する送信用振動素子群及び受信用振動素子群の選択制御を振動素子選択部3に対して行なうことにより当該被検体に対する超音波走査を制御する。

【0042】

一方、整相加算制御部12は、走査制御部11から供給される受信用振動素子群の選択情報に基づき、観測点P×から前記受信用振動素子群を構成するMr個の振動素子の各々までの伝搬距離を算出する。そして、伝搬距離の差異に起因した相対的な受信遅延を補正

50

する受信整相加算用の遅延時間を設定する。更に、走査制御部 11 から供給される送信用振動素子群の選択情報と入力部 10 からシステム制御部 13 を介して供給される送信焦点距離  $D_f$  の情報に基づき、 $M \times$  個からなる送信集束点  $F_t$  の各々から観測点  $P_x$  までの伝搬距離を算出する。そして、この伝搬距離の差異に起因した相対的な送信遅延を補正する送信整相加算用の遅延時間を設定し、更に、送信集束点  $F_t$  と観測点  $P_x$  の位置情報に基づいて送信整相加算に使用する受信整相加算後の受信信号数を設定する。

#### 【 0 0 4 3 】

次いで、受信整相加算用の遅延時間情報を受信部 5 の受信整相加算部 53 へ、又、送信整相加算用の遅延時間情報及び上述の受信信号数の情報を送信整相加算部 6 の送信遅延補正部 62 へ供給することにより、受信用振動素子群と  $M \times$  個の送信用振動素子群を用いた場合に観測点  $P_x$  から得られる受信信号の受信整相加算及び送信整相加算を制御する。

10

#### 【 0 0 4 4 】

システム制御部 13 は、図示しない C P U と記憶回路を備え、前記記憶回路には、入力部 10 にて入力 / 設定された上述の各種情報が保存される。そして、前記 C P U は、これらの入力情報及び設定情報に基づいて超音波診断装置 100 の各ユニットを統括的に制御し、受信用振動素子群から得られた複数チャンネルの受信信号に対して受信整相加算及び送信整相加算を行なうことにより空間分解能、コントラスト分解能及び S / N に優れた画像データの生成と表示を行なう。又、システム制御部 13 は、当該被検体に対し観測点  $P_x$  を設定する機能を有し、例えば、画像データ生成部 8 によって生成される画像データの各画素に対応した被検体の位置において観測点  $P_x$  を設定する。

20

#### 【 0 0 4 5 】

##### (受信整相加算)

次に、受信部 5 の受信整相加算部 53 による受信整相加算と送信整相加算部 6 による送信整相加算につき図 4 及び図 5 を用いて説明する。但し、以下では、説明を簡単にするために送信用振動素子群の素子数  $M_t$  を 3 、受信用振動素子群の素子数  $M_r$  を 5 、送信用振動素子群数  $M_x$  を 3 とした場合について述べるが、実際の場合には、数十 ~ 数百の振動素子によって構成される送信用振動素子群及び受信用振動素子群を用いた超音波送受信が行なわれる。

#### 【 0 0 4 6 】

尚、送信用振動素子群の素子数  $M_t$  は、受信用振動素子群の素子数  $M_r$  より大きく設定しても構わない。又、図 4 及び図 5 では観測点  $P_x$  が送信集束点  $F_t$  より深部にある場合の受信整相加算及び送信整相加算について述べるが、観測点  $P_x$  が送信集束点  $F_t$  より浅部にある場合も図 3 に示した負の伝搬距離を適用することにより同様に行なうことが可能である。

30

#### 【 0 0 4 7 】

図 4 は、振動素子  $E_1$  乃至  $E_3$  からなる送信用振動素子群（第 1 の送信用振動素子群）と振動素子  $E_1$  乃至  $E_5$  からなる受信用振動素子群を用いた超音波送受信における受信整相加算を説明するための図であり、振動素子  $E_1$  乃至  $E_3$  の各々から放射される送信超音波の波面  $W_t$  1 は、送信部 2 の波面関数発生部 21 が発生する送信波面関数に基づいて形成され、この波面  $W_t$  1 を有した送信超音波は送信集束点  $F_t$  1 において集束した後再び拡散する。このとき、送信集束点  $F_t$  1 において仮想的な点音源が形成され、この点音源を始点とした送信超音波が被検体内に放射される。

40

#### 【 0 0 4 8 】

送信集束点  $F_t$  1 から放射された送信超音波は、例えば、画像データの画素に対応した観測点  $P_x$  にて反射することにより波面  $W_r$  を有する受信超音波が生成され、この受信超音波は、受信用振動素子群を構成する振動素子  $E_1$  乃至  $E_5$  によって受信される。このとき、振動素子  $E_1$  乃至  $E_5$  において得られる 5 チャンネルの受信信号は、観測点  $P_x$  から振動素子  $E_1$  乃至  $E_5$  の各々までの伝搬距離の差異に起因した相対的な受信遅延を有している。

#### 【 0 0 4 9 】

50

そして、これら 5 チャンネルの受信信号に対し、図 1 に示した受信部 5 の受信整相加算部 5 3 は、上述の受信遅延を補正する（即ち、観測点  $P_x$  から収集された 5 チャンネルからなる受信信号の位相を揃える）ための遅延時間を与えて加算合成（受信整相加算）する。この受信整相加算により観測点  $P_x$  において受信集束点が形成され、観測点  $P_x$  からの受信超音波を選択的に受信することが可能となる。

#### 【 0 0 5 0 】

更に、同様の手順で遅延時間を従来のダイナミック集束法に基づいて制御することにより深さ方向に設定された複数の観測点に対して受信集束点が略同時に形成され、これら観測点からの受信超音波も選択的に受信される。そして、受信整相加算部 5 3 において受信整相加算された受信信号は、送信集束点  $F_t 1$  の位置情報を付帯情報として送信整相加算部 6 の受信信号記憶部 6 1 に保存される。10

#### 【 0 0 5 1 】

##### （送信整相加算）

一方、図 5 は、振動素子  $E_1$  乃至  $E_3$  から構成される第 1 の送信用振動素子群、振動素子  $E_2$  乃至  $E_4$  から構成される第 2 の送信用振動素子群及び振動素子  $E_3$  乃至  $E_5$  から構成される第 3 の送信用振動素子群と振動素子  $E_1$  乃至  $E_5$  から構成される受信用振動素子群を用いた超音波送受信における送信整相加算を説明するための図である。

#### 【 0 0 5 2 】

図 4 に示した方法により、第 1 の送信用振動素子群による波面  $W_t 1$  の送信超音波と受信用振動素子群による波面  $W_r$  の受信超音波との超音波送受信にて得られた受信整相加算後の受信信号（第 1 の受信信号）が送信整相加算部 6 の受信信号記憶部 6 1 に保存されたならば、第 2 の送信用振動素子群による波面  $W_t 2$  の送信超音波と前記受信用振動素子群による波面  $W_r$  の受信超音波との超音波送受信及び第 3 の送信用振動素子群による波面  $W_t 3$  の送信超音波と前記受信用振動素子群による波面  $W_r$  の受信超音波との超音波送受信が順次行なわれる。20

#### 【 0 0 5 3 】

そして、これらの超音波送受信によって得られた受信整相加算後の受信信号（第 2 の受信信号及び第 3 の受信信号）も第 2 の送信用振動素子群によって形成された送信集束点  $F_t 2$  の位置情報あるいは第 3 の送信用振動素子群によって形成された送信集束点  $F_t 3$  の位置情報を付帯情報として受信信号記憶部 6 1 に保存される。30

#### 【 0 0 5 4 】

尚、送信超音波の波面  $W_r 2$  及び波面  $W_r 3$  は、通常、波面  $W_t 1$  と略同一の形状となるように波面関数発生部 2 1 によって設定され、これらの波面を有する送信超音波によって形成される送信集束点  $F_t 1$  乃至  $F_t 3$  は、超音波プローブ 4 の振動素子配列面から略等距離になるように配置されるが、特に限定されない。

#### 【 0 0 5 5 】

次いで、送信整相加算部 6 の送信遅延補正部 6 2 及び加算部 6 3 は、受信信号記憶部 6 1 に一旦保存された受信整相加算後の第 1 の受信信号乃至第 3 の受信信号に対し送信整相加算を行なう。

#### 【 0 0 5 6 】

この場合、受信整相加算後の第 1 の受信信号乃至第 3 の受信信号は、図 4 に示す送信集束点  $F_t 1$  乃至  $F_t 3$  から観測点  $P_x$  までの伝搬距離の差異に起因した相対的な送信遅延を有しており、送信遅延補正部 6 2 は、これらの送信遅延を補正するための遅延時間を第 1 の受信信号乃至第 3 の受信信号に与える。そして、加算部 6 3 は、送信遅延が補正された第 1 の受信信号乃至第 3 の受信信号を加算合成（送信整相加算）する。この送信整相加算により、送信集束点  $F_t 1$  乃至  $F_t 3$  における仮想的な点音源から同時に放射された送信超音波が観測点  $P_x$  において集束された場合と同様の効果を得ることができる。40

#### 【 0 0 5 7 】

尚、観測点  $P_x$  の送信整相加算に用いられる受信整相加算後の受信信号数は、通常、送信集束点  $F_t$  の位置情報と観測点  $P_x$  の位置情報に基づき整相加算制御部 1 2 によって決50

定される。例えば、図4において、観測点P<sub>x</sub>が送信集束点F<sub>t</sub>1の点音源による送信超音波の放射領域に含まれない場合、受信用振動素子群を用いて得られる受信整相加算後の受信信号（第1の受信信号）は観測点P<sub>x</sub>の送信整相加算に寄与しないのみならずノイズ成分を増大させる要因となる。このため、この第1の受信信号を排除して送信整相加算を行なうことによりサイドロープが少ない良好な送信音場が観測点P<sub>x</sub>にて形成される。特に、送信焦点距離D<sub>f</sub>と観測点P<sub>x</sub>の深さが等しい場合には、送信整相加算を行なわなくとも十分細いビーム幅を有した送信音場を得ることができる。

#### 【0058】

以上述べた送信整相加算と受信整相加算により深さ方向に一様に集束された送信超音波ビーム及び受信超音波ビームを形成することができる。そして、振動素子選択部3の制御により第1の送信用振動素子群乃至第3の送信用振動素子群と受信用振動素子群を振動素子の配列方向に順次シフトさせながら被検体に対して2次元的な超音波走査を行ない、このとき得られた送信整相加算後の受信信号に基づいて空間分解能及びコントラスト分解能とS/Nに優れた画像データが生成される。

10

#### 【0059】

次に、本実施例の送信整相加算の効果につき図6及び図7を用いて説明する。図6は、7.5MHzの共振周波数を有する256個の振動素子が素子間隔0.2mmで配列された送信用振動素子群を用いて距離20mmに送信超音波を集束させた場合に距離10mm、20mm及び30mmに形成される従来の送信音圧分布（送信音場）を示したものであり、送信超音波が集束される距離20mmでは細いビーム幅を有した送信音場が形成されるが、この送信集束点より浅い10mmあるいは送信集束点より深い30mmにおける送信音場のビーム幅は広がり、この傾向は送信用振動素子群の素子数や素子間隔が増大するほど顕著になる。

20

#### 【0060】

一方、図7は、上述と同様の送信用振動素子群を用いて収集された受信信号に対して送信整相加算を行なうことにより得られる本実施例の送信音場を示したものであり、送信用振動素子群を振動素子の配列方向へシフトさせながら収集した複数からなる受信信号に対して送信整相加算を目的とした上述の後処理を行なうことにより、深さ方向に一様な細いビーム幅を有した送信音場を形成することが可能となる。

30

#### 【0061】

##### （変形例）

次に、本実施例の変形例につき図8及び図9を用いて説明する。上述の第1の実施例では、図2に示したように、波面関数発生部21が発生する送信波面関数に基づいて送信用振動素子群から放射される送信超音波を被検体内的送信集束点F<sub>t</sub>に集束させることにより、この送信集束点F<sub>t</sub>に対して仮想的な点音源を形成する場合について述べたが、本変形例では、図8に示すように送信用振動素子群から放射される送信超音波を送信波面関数に基づいて拡散させることにより、被検体体外（即ち、送信超音波の伝搬方向に対して反対の方向）の送信集束点F<sub>t</sub>に仮想的な点音源を形成する。この場合、波面W<sub>t</sub>を有した送信超音波は、送信集束点F<sub>t</sub>の仮想的な点音源から観測点P<sub>x</sub>までの伝搬距離D<sub>x</sub>を伝搬すると見なすことができ、伝搬距離D<sub>x</sub>を伝搬した送信超音波は、観測点P<sub>x</sub>において反射した後M<sub>r</sub>個の振動素子から構成される受信用振動素子群によって受信される。

40

#### 【0062】

図9は、振動素子E1乃至E3から構成される第1の送信用振動素子群、振動素子E2乃至E4から構成される第2の送信用振動素子群及び振動素子E3乃至E5から構成される第3の送信用振動素子群と振動素子E1乃至E5から構成される受信用振動素子群を用いた超音波送受信における受信整相加算及び送信整相加算を説明するための図である。尚、この場合も、図4及び図5の場合と同様にして送信用振動素子群の素子数M<sub>t</sub>を3、受信用振動素子群の素子数M<sub>r</sub>を5、送信用振動素子群数M<sub>x</sub>を3とした場合について述べるが、これに限定されない。

#### 【0063】

50

先ず、第1の送信用振動素子群を構成する振動素子E1乃至E3の各々から放射される送信超音波の波面W<sub>t1</sub>は、波面関数発生部21から供給される送信波面関数に基づいて形成され、この波面W<sub>t1</sub>を有した送信超音波は、仮想的な送信集束点F<sub>t1</sub>を点音源として被検体内に放射される。

【0064】

送信集束点F<sub>t1</sub>から放射された送信超音波は、観測点P<sub>x</sub>において反射して波面W<sub>r</sub>を有する受信超音波となり、この受信超音波は、前記受信用振動素子群を構成する振動素子E1乃至E5によって受信される。このとき、振動素子E1乃至E5の各々において得られた5チャンネルの受信信号は、観測点P<sub>x</sub>から振動素子E1乃至E5の各々までの伝搬距離の差異に起因した相対的な受信遅延を有している。

10

【0065】

次いで、図1に示した受信部5の受信整相加算部53は、これら5チャンネルの受信信号に対し上述の受信遅延を補正するための遅延時間を与えて受信整相加算する。この受信整相加算により観測点P<sub>x</sub>において受信集束点が形成され、観測点P<sub>x</sub>からの受信超音波を選択的に受信することが可能となる。

【0066】

更に、同様の手順で遅延時間を従来のダイナミック集束法に基づいて制御することにより、例えば、深さ方向に設定された複数の観測点に対して受信集束点が形成され、これら観測点からの受信超音波も選択的に受信される。そして、受信整相加算部53において受信整相加算された受信信号（第1の受信信号）は、第1の送信用振動素子群によって形成された送信集束点F<sub>t1</sub>の位置情報を付帯情報として送信整相加算部6の受信信号記憶部61に保存される。

20

【0067】

次に、第2の送信用振動素子群による波面W<sub>t2</sub>の送信超音波と受信用振動素子群による波面W<sub>r</sub>の受信超音波による超音波送受信及び第3の送信用振動素子群による波面W<sub>t3</sub>の送信超音波と前記受信用振動素子群による波面W<sub>r</sub>の受信超音波による超音波送受信が順次行なわれる。そして、これらの超音波送受信によって得られた受信整相加算後の受信信号（第2の受信信号及び第3の受信信号）も、第2の送信用振動素子群によって形成された送信集束点F<sub>t2</sub>あるいは第3の送信用振動素子群によって形成された送信集束点F<sub>t3</sub>の位置情報を付帯情報として受信信号記憶部61に保存される。

30

【0068】

次いで、送信整相加算部6の送信遅延補正部62及び加算部63は、受信信号記憶部61に一旦保存された受信整相加算後の第1の受信信号乃至第3の受信信号に対して送信整相加算を行なう。

【0069】

この場合、第1の受信信号乃至第3の受信信号の各々は、図9に示した仮想的な送信集束点F<sub>t1</sub>乃至F<sub>t3</sub>の各々から観測点P<sub>x</sub>までの伝搬距離の差異に起因した相対的な送信遅延を有しており、送信遅延補正部62は、これらの送信遅延を補正して位相を揃えるための遅延時間を第1の受信信号乃至第3の受信信号の各々に与える。そして、加算部63は、送信遅延が補正された第1の受信信号乃至第3の受信信号を加算合成（送信整相加算）する。

40

【0070】

尚、上述の第1の実施例及びその変形例において生成される画像データの空間分解能及びコントラスト分解能と時間分解能はトレードオフの関係にある。即ち、送信ビームのビーム幅は、複数からなる送信集束点の配列口径（即ち、送信集束点の数と配列間隔の積）に依存するが、その配列間隔が粗い場合には送信ビームにおいて許容できないサイドローブが発生する。このため、例えば、時間分解能より空間分解能やコントラスト分解能が要求される場合には、小さな配列間隔で設定された多くの送信集束点から送信超音波を順次放射することにより送信整相加算に必要な受信信号の収集が行なわれる。

【0071】

50

以上述べた本発明の第1の実施例とその変形例によれば、受信用振動素子群を構成する複数の振動素子から得られた受信信号に対して受信整相加算と送信整相加算を行なうことにより被検体の深さ方向に対してほぼ一様な細いビーム幅を有した送信ビーム及び受信ビームを高精度及び高感度で形成することができる。このため、空間分解能、コントラスト分解能及びS/Nに優れた画像データの生成と表示が可能となる。

#### 【0072】

特に、異なる送信用振動素子群を用いて得られた受信整相加算後の受信信号に対して送信整相加算を行なっているため、送信整相加算における加算回数の増加に伴なって送受信感度を向上させることができる。このため、送信集束領域から得られた受信整相加算後の受信信号のみを抽出して合成する従来の多段集束法と比較して高いS/Nを有した画像データを得ることが可能となる。

10

#### 【0073】

又、上述の第1の実施例では、送信用振動素子群を構成する複数の振動素子から放射された送信超音波を被検体内で集束させることにより強力な送信超音波の放射が可能な仮想的な点音源が形成されるため、生体組織内での非線形伝搬によって発生する高調波成分を画像化するために高い送信エネルギーを必要とするTHI(ティッシュハーモニックイメージング)法等に有効となる。

#### 【0074】

一方、上述の変形例では、拡散された送信超音波を被検体内に放射しているため集束された送信超音波を用いた場合と比較して送信感度は劣化するが、超音波造影剤を使用したCHI(コントラストハーモニックイメージング)法のように被検体内の広範囲において均一かつ低音圧の送信超音波が要求されるイメージング法に適用することにより、上述の高調波成分を抑制し超音波造影剤からの受信信号を高感度で検出することが可能となる。

20

#### 【実施例2】

#### 【0075】

次に、本発明の第2の実施例について説明する。上述の第1の実施例及びその変形例では、先ず、 $M \times$ 個からなる送信用振動素子群の各々と1つの受信用振動素子群を用いた送信超音波によって観測点 $P_x$ から得られる $M_r$ チャンネルの受信信号に対して受信整相加算を行ない、次いで、受信整相加算された $M \times$ チャンネルの受信信号に対して送信整相加算を行なう場合について述べたが、この第2の実施例では、 $M \times$ 個からなる送信用振動素子群の各々と1つの受信用振動素子群を用いた送信超音波によって観測点 $P_x$ から得られる $M_z$ ( $M_z = M \times \cdot M_r$ )チャンネルの受信信号に対し送信整相加算と受信整相加算の処理を略同時に行なう場合について述べる。

30

#### 【0076】

##### (装置の構成)

本発明の第2の実施例における超音波診断装置の構成につき図10のブロック図を用いて説明する、但し、図10において、図1に示した第1の実施例のユニットと同様な構成及び機能を有するユニットは同一の符号を付加し詳細な説明は省略する。

#### 【0077】

即ち、図10に示す本実施例の超音波診断装置200は、被検体に対して集束あるいは拡散された超音波パルス(送信超音波)を送信し、この送信超音波によって被検体内から得られた超音波反射波(受信超音波)を電気信号(受信信号)に変換する $M_0$ 個の振動素子が配列された超音波プローブ4と、 $M_0$ 個の振動素子の中から当該超音波送受信に使用する隣接した $M_t$ 個の送信用振動素子(送信用振動素子群)及び $M_r$ 個の受信用振動素子(受信用振動素子群)を選択する振動素子選択部3と、被検体に対して送信超音波を集束あるいは拡散するための駆動信号を送信用振動素子群に供給する送信部2と、被検体に対する送信超音波の送信によって受信用振動素子群から得られる $M_r$ チャンネルの受信信号に対して前処理を行なう受信部15と、振動素子選択部3により振動素子の配列方向へ順次シフトさせながら選択された $M \times$ 個からなる送信用振動素子群の各々と前記受信用振動素子群との超音波送受信によって得られた受信信号に対して受信整相加算及び送信整相加

40

50

算を行なう整相加算部 16 を備えている。

【 0078 】

更に、超音波診断装置 200 は、受信整相加算と送信整相加算が行なわれた受信信号を処理して B モードデータ（画像信号）を生成する画像信号生成部 7 と、受信用振動素子群及び  $M \times$  個の送信用振動素子群を振動素子の配列方向へシフトさせて超音波の送受信方向を順次更新することにより得られた複数の画像信号に基づいて B モード画像データ（画像データ）を生成する画像データ生成部 8 と、得られた画像データを表示する表示部 9 と、被検体情報の入力、画像データ生成条件及び画像データ表示条件の設定、送信焦点距離の設定、送信振動素子数  $M_t$  及び受信振動素子数  $M_r$  の設定、更には、各種コマンド信号の入力等を行なう入力部 10 と、超音波送受信に使用する振動素子群の選択制御を行なうことにより被検体に対する超音波走査を制御する走査制御部 11 と、整相加算部 16 における受信整相加算及び送信整相加算を制御する整相加算制御部 12 と、上述の各ユニットを統括的に制御するシステム制御部 13 を備えている。10

【 0079 】

そして、超音波診断装置 200 の受信部 15 は、前処理部 51 と A / D 変換部 52 を備え、前処理部 51 は、超音波プローブ 4 から振動素子選択部 3 を介して供給される  $M_r$  チャンネルの受信信号を増幅して十分な S / N を確保する増幅器と A / D 変換部 52 のサンプリング動作における折り返り雑音の発生を防止するために前記増幅器から出力された受信信号に対して帯域制限を行なうフィルタ回路（何れも図示せず）を有している。一方、A / D 変換部 52 は、前処理部 51 から出力された  $M_r$  チャンネルの受信信号を A / D 変換する。20

【 0080 】

一方、整相加算部 16 は、受信信号記憶部 161 と遅延補正部 162 と加算部 163 を備え、受信信号記憶部 161 は、受信用振動素子群と  $M \times$  個からなる送信用振動素子群の各々とを用いた超音波送受信において受信用振動素子群を構成する  $M_r$  チャンネルの振動素子から時系列的に得られる前処理後の  $M_z$  ( $M_z = M \times \cdot M_r$ ) チャンネルからなる受信信号を順次保存する。

【 0081 】

一方、遅延補正部 162 は、 $M \times$  個なる送信用振動素子群の各々により被検体内に設定された仮想的な点音源あるいは被検体外に設定された仮想的な点音源から観測点  $P_x$  までの伝搬距離の差異に起因する相対的な送信遅延と、観測点  $P_x$  から受信用振動素子群を構成する  $M_r$  個からなる振動素子の各々までの伝搬距離の差異に起因する相対的な受信遅延を補正するための遅延時間を受信信号記憶部 161 から読み出した  $M_z$  チャンネルの受信信号に与え、加算部 163 は、遅延補正された  $M_z$  チャンネルの受信信号を加算合成（整相加算）する。30

【 0082 】

以上述べた本発明の第 2 の実施例によれば、第 1 の実施例及びその変形例と同様にして、受信用振動素子群を構成する複数の振動素子から得られた受信信号に対して受信整相加算と送信整相加算を行なうことにより被検体の深さ方向に対してほぼ一様な細いビーム幅を有した送信ビーム及び受信ビームを高精度及び高感度で形成することができる。このため、空間分解能、コントラスト分解能及び S / N に優れた画像データの生成と表示が可能となる。40

【 0083 】

特に、異なる送信用振動素子群を用いて得られた受信整相加算後の受信信号に対して送信整相加算を行なっているため、送信整相加算における加算回数の増加に伴なって送受信感度を向上させることができる。このため、送信集束領域から得られた受信整相加算後の受信信号のみを抽出して合成する従来の多段集束法と比較して高い S / N を有した画像データを得ることが可能となる。

【 0084 】

又、送信用振動素子群を構成する複数の振動素子から放射された送信超音波を被検体内

50

で集束させた場合、強力な送信超音波の放射が可能な仮想的な点音源が送信集束点において形成されるため、生体組織内での非線形伝搬によって発生する高調波成分を画像化するために高い送信エネルギーを必要とする THI (ティッシュハーモニックイメージング) 法等にとって有効な手段となる。

【0085】

一方、送信用振動素子群を構成する複数の振動素子から放射された送信超音波を被検体内で拡散させた場合、集束された送信超音波を用いた場合と比較して被検体内における送信エネルギー密度は低下するが、超音波造影剤を使用した CHI (コントラストハーモニックイメージング) 法のように被検体内の広範囲において均一かつ低音圧の送信超音波が要求されるイメージング法に適用することにより、上述の高調波成分を抑制し超音波造影剤からの受信信号を高感度で検出することが可能となる。

10

【0086】

更に、上述の第2の実施例によれば、受信整相加算と送信整相加算を同一のユニットで略同時に行なっているため、整相加算の演算処理を画像データの画素単位で行なうことが容易となる。このため、補間処理等の画像処理が不要になると共に演算時間が大幅に短縮され、更に、回路構成を簡略化することができる。

【0087】

以上、本発明の実施例について述べてきたが、本発明は、上述の実施例（第1の実施例及びその変形例と第2の実施例）に限定されるものではなく、変形して実施することが可能である。例えば、上述の実施例では、リニア走査方式の超音波診断装置において行なわれる受信整相加算及び送信整相加算について述べたがセクタ走査方式やコンベックス走査方式等の超音波診断装置に対しても適用することができる。この場合、コンベックス走査方式では、リニア走査方式と同様にして、送信用振動素子群を振動素子の配列方向に沿ってシフトすることにより複数の送信集束点が順次設定される。一方、セクタ走査方式では、駆動信号に対する遅延時間を制御して送信集束点の方向を更新することにより複数の送信集束点が順次設定される。

20

【0088】

（セクタ走査方式における受信整相加算及び送信整相加算）

図11は、セクタ走査方式の超音波診断装置において行なわれる受信整相加算及び送信整相加算を説明するための図であり、説明を簡単にするために送信用振動素子群の素子数及び受信用振動素子群の素子数を5、送信集束点数を3とした場合について述べる。

30

【0089】

図11において、送信用振動素子群から放射された送信超音波は送信集束点  $F_{t1}$  にて集束して仮想的な点音源を形成する。そして、この点音源から放射された送信超音波は、例えば、画像データの画素に対応した観測点  $P_x$  で反射して受信用振動素子群を構成する振動素子  $E_1$  乃至  $E_5$  によって受信される。このとき、図1に示した受信部5の受信整相加算部53は、観測点  $P_x$  から振動素子  $E_1$  乃至  $E_5$  の各々までの伝搬距離の差異に起因した相対的な受信遅延を補正するための遅延時間を5チャンネルからなる受信信号の各々に与えて加算合成（受信整相加算）する。

【0090】

40

更に、遅延時間をダイナミック集束法に基づいて制御することにより、深さ方向に設定された複数の観測点に対し受信集束点が形成される。次いで、得られた受信整相加算後の受信信号（第1の受信信号）は、送信集束点  $F_{t1}$  の位置情報を付帯情報として送信整相加算部6の受信信号記憶部61に保存される。

【0091】

同様にして、 $F_{t2}$  及び  $F_{t3}$  を送信集束点とする送信超音波と観測点  $P_x$  を受信集束点とする超音波送受信が順次行なわれ、このとき得られた受信整相加算後の受信信号（第2の受信信号及び第3の受信信号）も受信信号記憶部61に保存される。そして、図1に示した送信整相加算部6は、送信集束点  $F_{t1}$  乃至  $F_{t3}$  から観測点  $P_x$  までの伝搬距離の差異に起因した相対的な送信遅延を補正するための遅延時間を第1の受信信号乃至第3

50

の受信信号の各々に与えて加算合成（送信整相加算）する。

【0092】

次に、送信集束点  $F_{t1}$  乃至  $F_{t3}$  を、その相対的な位置関係を維持した状態で図11に示した走査方向へ移動させながら被検体に対して2次元的な超音波走査を行ない、このとき得られた複数からなる送信整相加算後の受信信号に基づいて画像データが生成される。

【0093】

上述の実施例では、1つの受信ビームの中心軸に設定された観測点から得られる受信信号に対し受信整相加算及び送信整相加算を行なう場合について述べたが、複数方向に対して受信ビームを同時に形成する、所謂並列同時受信法を適用して得られた受信信号に対し上述の整相加算を行なってもよい。

【0094】

（並列同時受信における受信整相加算及び送信整相加算）

図12は、並列同時受信を適用した場合の受信整相加算及び送信整相加算を説明するための図であり、この場合も送信用振動素子群の素子数  $M_t$  を3、受信用振動素子群の素子数  $M_r$  を5、送信用振動素子群数  $M_x$  を3とし、更に、並列同時受信数  $M_p$  を5とした場合について示している。

【0095】

この図12において、第1の送信用振動素子群を構成する振動素子  $E_1$  乃至  $E_3$  の各々から放射される波面  $W_{t1}$  の送信超音波は、送信集束点  $F_{t1}$  において集束した後再び拡散する。このとき、送信集束点  $F_{t1}$  において仮想的な点音源が新たに形成され、この点音源を始点として送信超音波が被検体内に放射される。

【0096】

送信集束点  $F_{t1}$  から放射された送信超音波は、並列同時受信数  $M_p$  ( $M_p = 5$ ) に基づいて設定された観測点  $P_{x1}$  乃至  $P_{x5}$  の各々にて反射し、例えば、振動素子  $E_1$  乃至  $E_5$  の各々を中心とした  $M_r$  ( $M_r = 5$ ) 個の振動素子によって構成される  $M_p$  個の受信用振動素子群によって受信される。このとき、受信振動素子群の各々において得られる  $M_r$  チャンネルの受信信号は、観測点  $P_{x1}$  乃至  $P_{x5}$  から受信振動素子群を構成する振動素子までの伝搬距離の差異に起因した相対的な遅延（受信遅延）を有している。

【0097】

そして、各々の受信振動素子群において得られる  $M_r$  チャンネルの受信信号に対し、受信部5の受信整相加算部53は、上述の受信遅延を補正するための遅延時間を与えて加算合成（受信整相加算）することによって観測点  $P_{x1}$  乃至  $P_{x5}$  に受信集束点が形成され、観測点  $P_{x1}$  乃至  $P_{x5}$  からの受信超音波が夫々の受信用振動素子群によって選択的に受信される。更に、同様の手順で遅延時間をダイナミック集束法に基づいて制御することにより、深さ方向に対して設定された複数の観測点に対し受信集束点が形成され、これら観測点からの受信超音波も選択的に受信される。そして、 $M_p$  個の受信用振動素子群から得られた  $M_p$  チャンネルからなる受信整相加算後の受信信号（第1の受信信号）は、送信集束点  $F_{t1}$  の位置情報を付帯情報として送信整相加算部6の受信信号記憶部61に保存される。

【0098】

次いで、同様の手順により振動素子  $E_2$  乃至  $E_4$  から構成された第2の送信用振動素子群と  $M_p$  個の受信用振動素子群による超音波送受信及び振動素子  $E_3$  乃至  $E_5$  から構成される第3の送信用振動素子群と  $M_p$  個の受信用振動素子群による超音波送受信が順次行なわれ、夫々の超音波送受信において得られた  $M_p$  チャンネルの受信信号（第2の受信信号及び第3の受信信号）も第2の送信用振動素子群によって形成される送信集束点  $F_{t2}$  あるいは第3の送信用振動素子群によって形成される送信集束点  $F_{t3}$  の位置情報を付帯情報として受信信号記憶部61に保存される。

【0099】

一方、図1に示した送信整相加算部6の送信遅延補正部62及び加算部63は、受信信

10

20

30

40

50

号記憶部 6 1において受信用振動素子群単位で保存されている受信整相加算後の第 1 の受信信号乃至第 3 の受信信号を読み出し、送信集束点  $F_t 1$  乃至  $F_t 3$  の位置情報に基づいてこれらの受信信号を送信整相加算する。この送信整相加算により、並列同時受信数  $M_p$  に対応した  $M_p$  チャンネルからなる送信整相加算後の受信信号が略同時に生成され画像データのフレームレートを大幅に改善することができる。

#### 【 0 1 0 0 】

特に、送信用振動素子群から拡散された送信超音波を放射する方法によれば、被検体内の比較的広い領域に対して送信超音波を放射することができるため、より多くの並列同時受信数  $M_p$  を設定することが可能となり、更に、高いフレームレートを得ることができる。

10

#### 【 0 1 0 1 】

以上、上述の実施例の変形例としてセクタ走査方式及び並列同時受信における受信整相加算及び受信整相加算について述べたが、更に、以下に述べるような変形例が可能である。

#### 【 0 1 0 2 】

即ち、上述の実施例では、振動素子が 1 次元配列された超音波プローブ 4 について述べたが振動素子が 2 次元配列された超音波プローブであってもよく、又、1 次元配列された複数の振動素子を機械的に高速移動させる超音波プローブであっても構わない。

#### 【 0 1 0 3 】

又、上述の実施例に示した観測点  $P_x$  は、画像データの画素に対応させて設定する場合について述べたが、これに限定されるものではなく、例えば、リニア走査方式における観測点は受信用振動素子群の中心軸上に設定し、セクタ走査方式における観測点は受信ビームの中心軸上に設定してもよい。

20

#### 【 0 1 0 4 】

更に、上述の実施例では、受信用振動素子群から得られる R F ( Radio Frequency ) 波を受信信号として受信整相加算及び送信整相加算を行なう場合について述べたが、前記 R F 波を直交位相検波あるいはヒルベルト変換して得られる I 成分 ( 実成分 ) 及び Q 成分 ( 虚成分 ) に対して受信整相加算及び送信整相加算を行なってもよい。この場合、図 1 に示した受信部 5 の前処理部 5 1 には、既に述べた增幅器及びフィルタ回路の他に I 成分及び Q 成分を検出する直交位相検波回路あるいはヒルベルト変換回路が設けられる。

30

#### 【 0 1 0 5 】

一方、上述の実施例では、拡散された送信超音波を用いる方法を C H I 法 ( コントラストハーモニックイメージング法 ) のように被検体内の広範囲において均一かつ低音圧の送信超音波が要求されるイメージング法に適用することにより超音波造影剤の強調表示が可能となることを述べたが、送信集束点を画像表示領域より深部に設定することにより同様の効果を得ることができ、更に、この方法によれば、生体組織における送信超音波の吸収に起因した深部領域における画像データの S / N 劣化を補償することができる。

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 1 0 6 】

【 図 1 】本発明の第 1 の実施例における超音波診断装置の全体構成を示すブロック図。

40

【 図 2 】同実施例の観測点が送信集束点より深部にある場合における送信超音波の伝搬方向を示す図。

【 図 3 】同実施例の観測点が送信集束点より浅部にある場合における送信超音波の仮想的な伝搬方向を示す図。

#### 【 図 4 】同実施例における受信整相加算を説明するための図。

#### 【 図 5 】同実施例における送信整相加算を説明するための図。

#### 【 図 6 】所定距離に集束された送信超音波によって形成される従来の送信音場を示す図。

【 図 7 】本発明の第 1 の実施例における送信整相加算によって形成される送信音場を示す図。

#### 【 図 8 】同実施例の変形例における送信用振動素子群から拡散して放射される送信超音波

50

の波面を示す図。

【図9】同変形例における受信整相加算及び送信整相加算を説明するための図。

【図10】本発明の第2の実施例における超音波診断装置の全体構成を示すブロック図。

【図11】本発明の実施例の変形例に示したセクタ走査における受信整相加算及び送信整相加算を説明するための図。

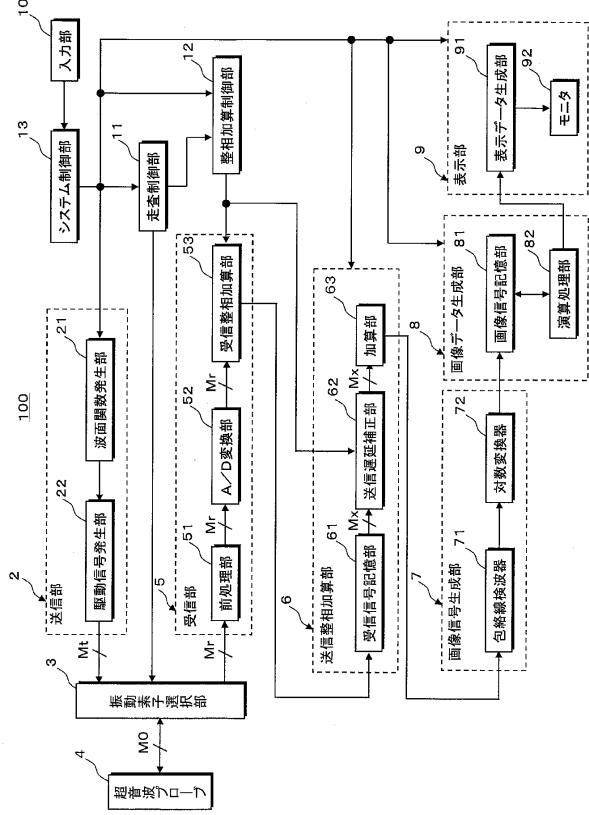
【図12】同実施例の変形例に示した並列同時受信における受信整相加算及び送信整相加算を説明するための図。

【符号の説明】

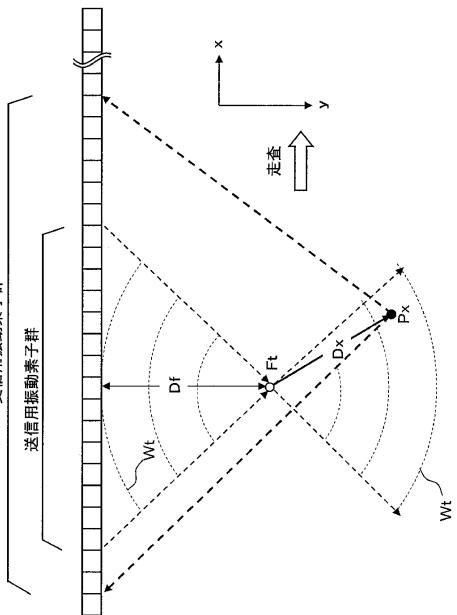
【0107】

2 ... 送信部	10
2 1 ... 波面関数発生部	
2 2 ... 駆動信号発生部	
3 ... 振動素子選択部	
4 ... 超音波プローブ	
5 ... 受信部	
5 1 ... 前処理部	
5 2 ... A / D 変換部	
5 3 ... 受信整相加算部	
6 ... 送信整相加算部	
6 1 ... 受信信号記憶部	20
6 2 ... 送信遅延補正部	
6 3 ... 加算部	
7 ... 画像信号生成部	
7 1 ... 包絡線検波器	
7 2 ... 対数変換器	
8 ... 画像データ生成部	
8 1 ... 画像信号記憶部	
8 2 ... 演算処理部	
9 ... 表示部	
9 1 ... 表示データ生成部	30
9 2 ... モニタ	
1 0 ... 入力部	
1 1 ... 走査制御部	
1 2 ... 整相加算制御部	
1 3 ... システム制御部	
1 5 ... 受信部	
1 6 ... 整相加算部	
1 6 1 ... 受信信号記憶部	
1 6 2 ... 遅延補正部	
1 6 3 ... 加算部	40
1 0 0 、 2 0 0 ... 超音波診断装置	

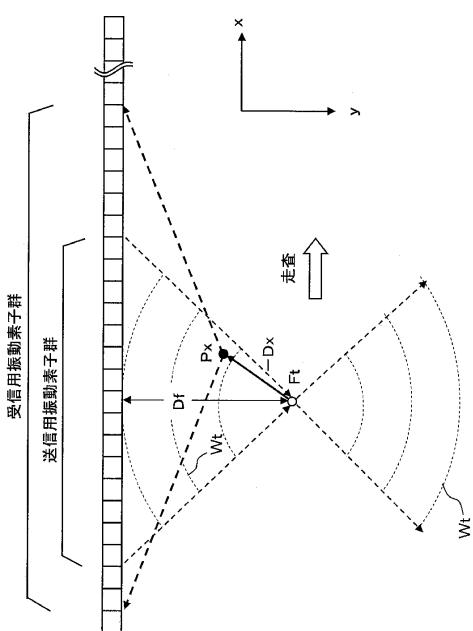
【図1】



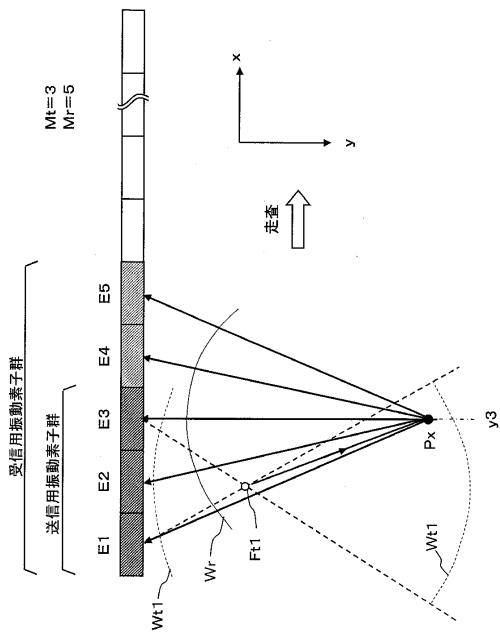
【図2】



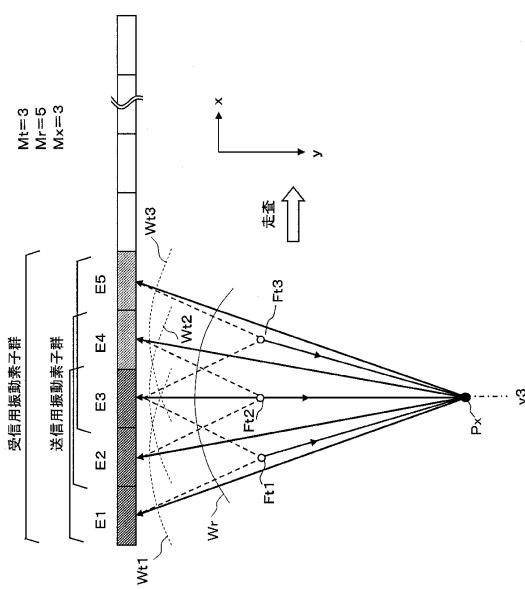
【図3】



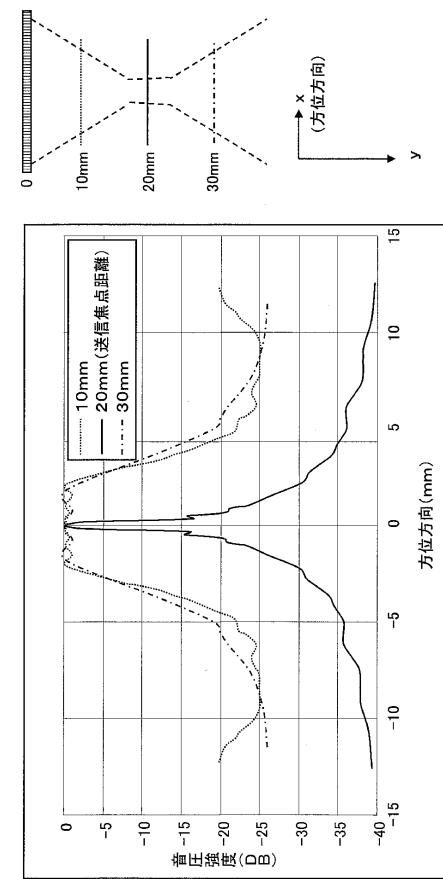
【図4】



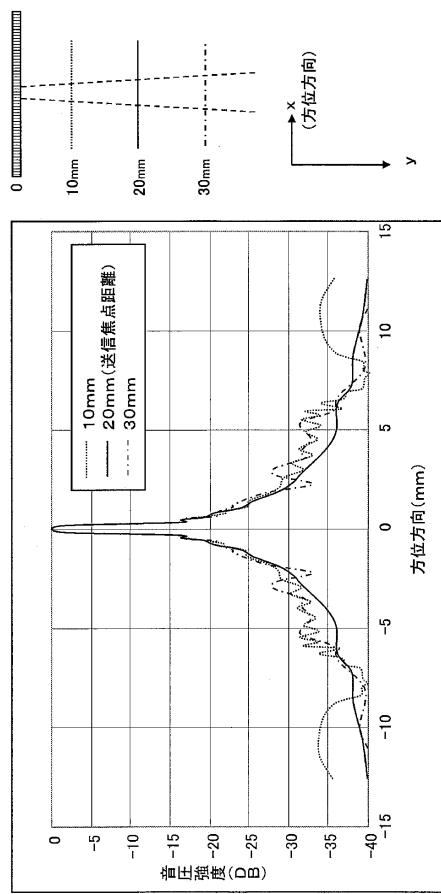
【図5】



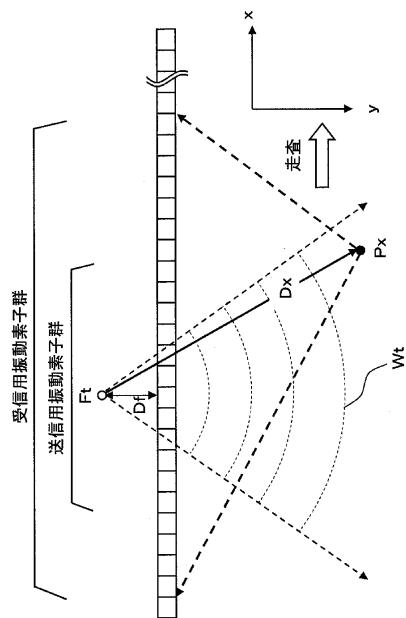
【図6】



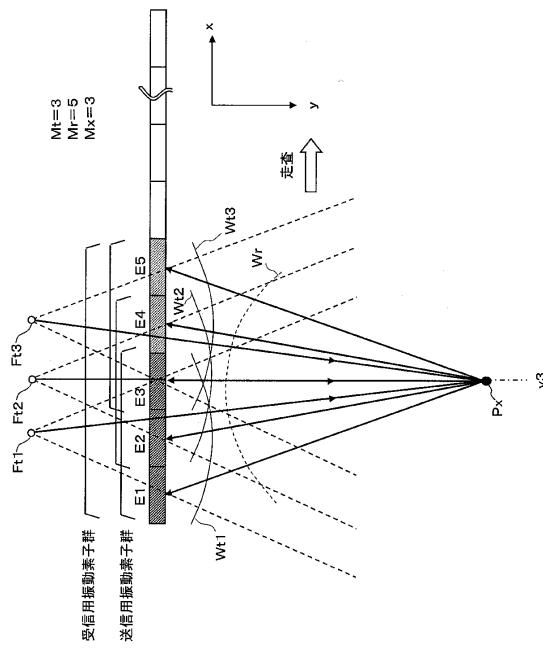
【図7】



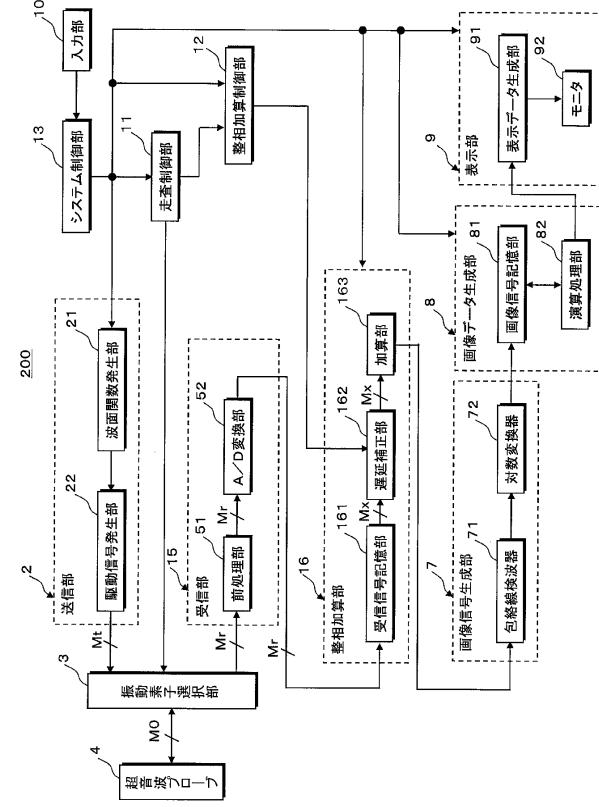
【図8】



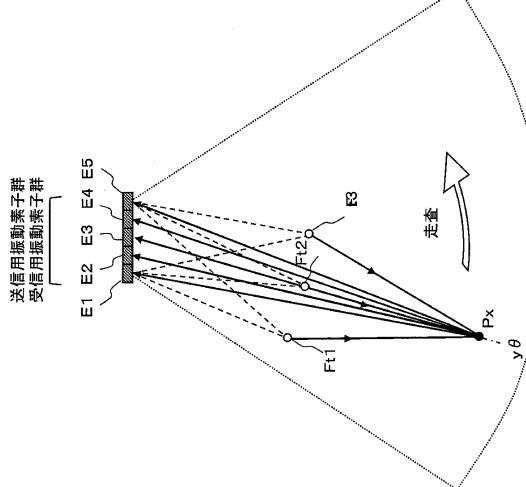
【図9】



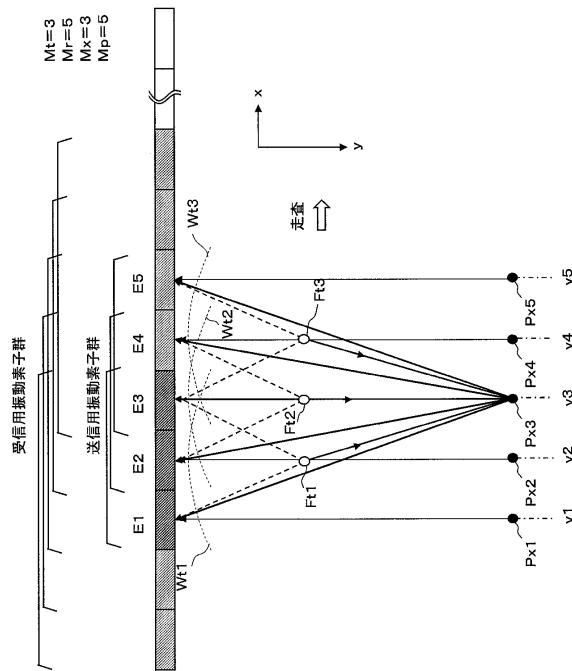
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-179579 (JP, A)  
特開2000-028589 (JP, A)  
特開2006-223736 (JP, A)  
特開平10-277042 (JP, A)  
特開平04-250149 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP5355924B2</a>	公开(公告)日	2013-11-27
申请号	JP2008093812	申请日	2008-03-31
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
[标]发明人	平間信		
发明人	平間信		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/52046 G01S7/52047 G01S7/52095 G01S15/8927 G01S15/8997		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/EE01 4C601/HH25 4C601/HH28 4C601/HH29 4C601/JB24		
代理人(译)	藤原 康高		
审查员(译)	樋口宗彦		
其他公开文献	JP2009240700A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

### 摘要(译)

要解决的问题：形成发射光束和接收在深度方向上具有均匀光束宽度的光束。解决方案：从包括一组透射振动元件的Mt ( $= 3$ ) 个振动元件发射的透射超声波聚焦在透射焦点Ft1上以形成虚拟点声源。由点声源发射的传输超声波连续的多个观察点Px处反射的接收超声波通过接收包括一组接收振动元件的振动元件的Mr ( $= 5$ ) 接收并执行接收相位补偿和求和。观察点Px成为相对于获得的Mr信道的接收信号的接收聚焦点。此外，对于通过使用随后在接收振动元件组和振动元件的布置方向上移位的一组透射振动元件中的每一个获得的接收信号，执行类似的接收相位补偿和求和。用于校正传输延迟的传输相位补偿和求和归因于相对于相位补偿和求和的接收信号从传输聚焦点Ft1到Px的传播距离的差异。

