

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-159028
(P2017-159028A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

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

F I
A61B 8/14

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2017-21035 (P2017-21035)
(22) 出願日 平成29年2月8日(2017.2.8)
(31) 優先権主張番号 特願2016-43829 (P2016-43829)
(32) 優先日 平成28年3月7日(2016.3.7)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 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 110001380
特許業務法人東京国際特許事務所
(72) 発明者 嶺 喜隆
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
(72) 発明者 貞光 和俊
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
(72) 発明者 高橋 正美
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

最終頁に続く

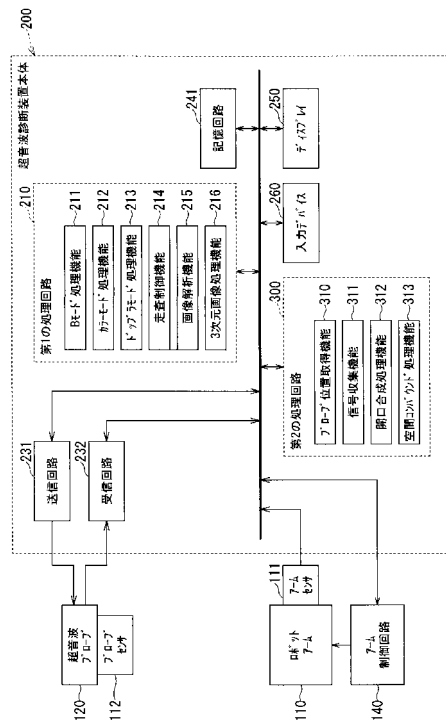
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】解像度が高く高画質の3次元画像を、広い走査範囲に亘って安定して取得することができる超音波診断装置を提供する。

【解決手段】実施形態の超音波診断装置は、第1の方向と、前記第1の方向に直交する第2の方向に配列される複数の振動素子を具備し、前記第1の方向及び前記第2の方向に2次元スキャンが可能なプローブと、前記プローブを保持し前記プローブを前記第2の方向に機械的に移動させる移動デバイスと、前記第2の方向における前記プローブの複数の移動位置毎に、前記複数の振動素子で夫々受信される複数の反射信号を受信整相加算して第1の受信信号を生成する受信回路と、前記プローブの前記複数の移動位置毎に生成される前記第1の受信信号を、前記プローブの位置情報に基づいて移動開口合成して第2の受信信号を生成する移動開口合成部と、生成された前記第2の受信信号から画像データを生成する画像生成部と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の方向と、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に配列される複数の振動素子を具備し、前記第 1 の方向及び前記第 2 の方向に 2 次元スキャンが可能なプローブと、

前記プローブを保持し前記プローブを前記第 2 の方向に機械的に移動させる移動デバイスと、

前記第 2 の方向における前記プローブの複数の移動位置毎に、前記複数の振動素子で夫々受信される複数の反射信号を受信整相加算して第 1 の受信信号を生成する受信回路と、

前記プローブの前記複数の移動位置毎に生成される前記第 1 の受信信号を、前記プローブの位置情報に基づいて移動開口合成して第 2 の受信信号を生成する移動開口合成部と、

生成された前記第 2 の受信信号から画像データを生成する画像生成部と、
を備える超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記第 2 の方向の前記振動素子の配列数は、前記第 1 の方向の前記振動素子の配列数よりも少ない、

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記受信整相加算は、被検体内の 3 次元空間の観測点から前記複数の振動素子までの遅延が略同一となるように当該遅延を補正した後前記複数の反射信号をコヒーレント加算して前記第 1 の受信信号を生成する処理であり、

前記移動開口合成は、前記プローブの移動に伴って変化する前記観測点からの遅延が、前記プローブの夫々の位置において略同一となるように当該遅延を補正した後、前記第 1 の受信信号をコヒーレント加算して前記第 2 の受信信号を生成する処理である、

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

20

【請求項 4】

前記プローブの送信開口を複数の部分送信開口に分割し、前記複数の部分送信開口に夫々対応する複数の仮想的な点音源を形成するように、前記複数の部分送信開口の夫々から超音波信号を送信する送信部と、

送信整相加算部と、をさらに備え、

前記第 1 の受信信号は前記複数の部分送信開口に夫々対応する複数の受信信号であり、

前記送信整相加算部は、前記複数の仮想的な点音源から前記観測点までの遅延が略同一となるように当該遅延を補正した後、複数の前記第 1 の受信信号をコヒーレント加算する送信開口合成を行って複数の受信信号を生成し、

前記移動開口合成部は、送信開口合成された前記複数の受信信号から、前記第 2 の受信信号を生成する、

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 5】

前記送信部は、前記第 1 の方向において、前記送信開口を前記複数の部分送信開口に分割し、

前記送信整相加算部は、前記第 1 の方向において前記送信開口合成を行う、

請求項 4 に記載の超音波診断装置。

40

【請求項 6】

前記送信部は、前記第 2 の方向において、前記送信開口を前記複数の部分送信開口に分割し、

前記送信整相加算部は、前記第 2 の方向において前記送信開口合成を行う、

請求項 4 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

第 1 の方向に配列される複数の振動素子を具備し、前記第 1 の方向に 1 次元スキャンが可能なプローブと、

前記プローブを保持し前記プローブを、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に機械的

50

に移動させる移動デバイスと、

前記プローブの送信開口を複数の部分送信開口に分割し、前記複数の部分送信開口に夫々対応する複数の仮想的な点音源を形成するように、前記複数の部分送信開口の夫々から超音波信号を送信する送信部と、

前記第 2 の方向における前記プローブの複数の移動位置毎に、前記振動素子で受信される被検体内の 3 次元空間の観測点からの複数の反射信号を受信整相加算して、前記複数の部分送信開口に夫々対応する複数の第 1 の受信信号を生成する受信整相加算部と、

前記複数の仮想的な点音源から前記観測点までの遅延が略同一となるように当該遅延を補正した後、複数の前記第 1 の受信信号をコヒーレント加算して送信開口合成する送信整相加算部と、

前記送信開口合成された複数の受信信号を、前記プローブの位置情報に基づいて移動開口合成して第 2 の受信信号を生成する移動開口合成部と、

生成された前記第 2 の受信信号から画像データを生成する画像生成部と、
を備える超音波診断装置。

【請求項 8】

前記受信整相加算は、前記複数の振動素子までの遅延が略同一となるように当該遅延を補正した後前記複数の反射信号をコヒーレント加算して前記第 1 の受信信号を生成する処理であり、

前記移動開口合成は、前記プローブの移動に伴って変化する前記観測点からの遅延が、前記プローブの夫々の位置において略同一となるように当該遅延を補正した後、前記第 1 の受信をコヒーレント加算して前記第 2 の受信信号を生成する処理である、
請求項 7 に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記送信部は、前記第 1 の方向において、前記送信開口を前記複数の部分送信開口に分割し、

前記送信整相加算部は、前記第 1 の方向において前記送信開口合成を行う、
請求項 7 に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

複数の振動素子を具備するプローブと、

前記プローブを保持し前記プローブを機械的に移動させる移動デバイスと、

前記プローブの複数の移動位置毎に、前記複数の振動素子で夫々受信される複数の反射信号を受信整相加算して第 1 の受信信号を生成する受信整相加算部と、

前記プローブの前記複数の移動位置毎に生成される複数の前記第 1 の受信信号を、前記プローブの位置情報に基づいて移動開口コンパウンド処理して第 2 の受信信号を生成する移動開口コンパウンド処理部と、

生成された前記第 2 の受信信号から画像データを生成する画像生成部と、
を備える超音波診断装置。

【請求項 11】

前記受信整相加算は、被検体内の 3 次元空間の観測点から前記複数の振動素子までの遅延が略同一となるように当該遅延を補正した後前記複数の反射信号をコヒーレント加算して前記第 1 の受信信号を生成する処理であり、

前記移動開口コンパウンド処理は、前記プローブの移動に伴って変化する前記観測点からの遅延が、前記プローブの夫々の位置において略同一となるように当該遅延を補正した後、前記複数の第 1 の受信信号をインコヒーレント加算して前記第 2 の受信信号を生成する処理である、
請求項 10 に記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

前記プローブの送信開口を複数の部分送信開口に分割し、前記複数の部分送信開口に夫々対応する複数の仮想的な点音源を形成するように、前記複数の部分送信開口の夫々から超音波信号を送信する送信部と、

10

20

30

40

50

送信整相加算部と、をさらに備え、

前記第 1 の受信信号は前記複数の部分送信開口に夫々対応する複数の受信信号であり、前記送信整相加算部は、前記複数の仮想的な点音源から前記観測点までの遅延が略同一となるように当該遅延を補正した後、複数の前記第 1 の受信信号をコヒーレント加算する送信開口合成を行って複数の受信信号を生成し、

前記移動開口コンパウンド処理部は、送信開口合成された前記複数の受信信号から、前記第 2 の受信信号を生成する、

請求項 10 に記載の超音波診断装置。

【請求項 13】

前記プローブは第 1 の方向に 1 次元スキャンが可能であり、

前記移動デバイスは、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に前記プローブを移動させる、

請求項 11 に記載の超音波診断装置。

【請求項 14】

前記移動開口コンパウンド処理部は、前記複数の第 1 の受信信号に対応するビームの点拡がり関数であって、ディスプレイに表示する 3 次元再構成された MPR 断面方向、あるいは 3 次元画像の表示方向に対するビームの点拡がり関数の特性より重み付けし、重み付けされた前記複数の第 1 の受信信号をインコヒーレント加算する、

請求項 10 に記載の超音波診断装置。

【請求項 15】

前記移動開口コンパウンド処理部は、前記複数の受信信号に対応するビームの点拡がり関数であって、生体構造の方向に対するビームの点拡がり関数の特性より重み付けし、重み付けされた前記複数の受信信号をインコヒーレント加算する、

請求項 10 に記載の超音波診断装置。

【請求項 16】

前記移動デバイスはロボットアームを備えて構成され、

前記ロボットアームによる前記プローブの移動経路上において、前記プローブの位置、速度、及び前記プローブの生体接触圧力の少なくとも一つの情報を取得する位置取得部、を更に備え、

前記移動開口合成部は、取得した前記少なくとも一つの情報に基づいて、前記第 1 の受信信号を移動開口合成する、

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 17】

前記移動デバイスはロボットアームを備えて構成され、

前記ロボットアームによる前記プローブの移動経路上において、前記プローブの位置、速度、及び前記プローブの生体接触圧力の少なくとも一つの情報を取得する位置取得部、を更に備え、

前記移動開口合成部は、前記送信開口合成された前記複数の受信信号を、取得した前記少なくとも一つの情報に基づいて移動開口合成して第 2 の受信信号を生成する、

請求項 7 に記載の超音波診断装置。

【請求項 18】

前記移動デバイスはロボットアームを備えて構成され、

前記ロボットアームによる前記プローブの移動経路上において、前記プローブの位置、速度、及び前記プローブの生体接触圧力の少なくとも一つの情報を取得する位置取得部、を更に備え、

前記移動開口コンパウンド処理部は、複数の前記第 1 の受信信号を、取得した前記少なくとも一つの情報に基づいて前記空間コンパウンド処理して前記第 2 の受信信号を生成する、

請求項 10 に記載の超音波診断装置。

【請求項 19】

10

20

30

40

50

前記移動開口コンパウンド処理部は、前記移動経路上において、同一対象領域に対して異なる方向から複数のデータを取得し、取得した複数のデータに対して所定の演算を行って3次元データを生成することにより、前記移動開口コンパウンド処理を行う、請求項18に記載の超音波診断装置。

【請求項20】

前記所定の演算は、信号強度又は信号対雑音比に基づく重み付け演算、最大値又は最小値に基づく演算、及び異なる送信周波数で得られたデータに基づく演算、の少なくとも一つを含む演算である、請求項19に記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

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や超音波連続波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じる超音波反射を振動素子により電気信号に変換して、被検体内の情報を非侵襲的に収集するものである。超音波診断装置を用いた医療検査は、超音波プローブを体表に接触させる操作によって、各種の動画データやリアルタイム画像データを容易に収集することができるため、臓器の形態診断や機能診断に広く用いられている。

20

【0003】

また、3次元画像データを収集するために、1次元アレイを機械的に揺動させる4Dプローブや2次元アレイプローブを備えた3D超音波診断装置や、3次元画像データをほぼリアルタイムで時系列に収集する4D超音波診断装置も知られている。

【0004】

さらに、超音波プローブをロボットアームに保持させ、熟練した操作者による体表面の走査をプログラムしておくことにより、検査のスピードアップを図ることができる超音波診断装置等も提案されている。

【0005】

1次元アレイプローブを機械的に揺動させて、或いは機械的に移動させて3次元画像を収集しようとした場合、1次元アレイのスライス方向の開口が小さいことに起因して、良好な画質の3次元画像を得ることが難しい。また、走査範囲が狭いことも実用を妨げる要因となっている。

30

【0006】

また、2次元アレイプローブを用いて超音波ビームを2方向に電子走査することで3次元画像を得ることができるが、2次元アレイプローブはプローブ形状が正方形となるため、体表面にフィットしにくい。

【0007】

また、肋骨の間からの撮像を考慮すると、スライス方向の開口を1次元アレイと同程度にする必要がある。この場合、スライス方向の開口が小さいことに起因して、1次元アレイと同様に、良好な画質の3次元画像を得ることが難しい。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2010-82333号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明が解決しようとする課題は、解像度が高く高画質の3次元画像を、広い走査範囲

50

に亘って安定して取得することができる超音波診断装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

実施形態の超音波診断装置は、第1の方向と、前記第1の方向に直交する第2の方向に配列される複数の振動素子を具備し、前記第1の方向及び前記第2の方向に2次元スキャンが可能なプローブと、前記プローブを保持し前記プローブを前記第2の方向に機械的に移動させる移動デバイスと、前記第2の方向における前記プローブの複数の移動位置毎に、前記複数の振動素子で夫々受信される複数の反射信号を受信整相加算して第1の受信信号を生成する受信回路と、前記プローブの前記複数の移動位置毎に生成される前記第1の受信信号を、前記プローブの位置情報に基づいて移動開口合成して第2の受信信号を生成する移動開口合成部と、生成された前記第2の受信信号から画像データを生成する画像生成部と、を備える。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態に係る超音波診断装置の概略の構成を示す図。

【図2】本実施形態に係る超音波診断装置のより詳細な構成を示すブロック図。

【図3】(a)は、受信整相加算回路で形成されるアジマス方向のビームの概念を示す図、(b)は、固定焦点をもち、非ファンビーム形状を形成する超音波プローブのスライス方向のビーム形状を例示する図、(c)は、ファンビームが形成可能な超音波プローブのスライス方向のビーム形状を例示する図。

20

【図4】開口合成処理の処理例を示すフローチャート。

【図5】ロボットアームによる超音波プローブの移動状況を模式的に示す図。

【図6】ロボットアームによる超音波プローブの移動状況を、超音波プローブのスライス方向のビーム形状(ファンビーム)と共に例示する図。

【図7】開口合成処理の概念を説明する図。

【図8】2DAプローブの振動素子の配列を例示する図。

【図9】2DAプローブの振動素子の配列と、2DAプローブの走査を説明する図。

【図10】2DAプローブのスライス方向への機械的な移動を説明する第1の図。

【図11】2DAプローブのスライス方向への機械的な移動を説明する第2の図。

【図12】2DAプローブの機械的な移動とビーム形成の概念を説明する第1の図。

30

【図13】2DAプローブの機械的な移動とビーム形成の概念を説明する第2の図。

【図14】スライス方向の機械的な移動による開口合成処理に関するブロック図。

【図15】1DAプローブの機械的な移動とビーム形成の概念を説明する図。

【図16】2DAプローブのスキャン方向の開口合成の概念を説明する図。

【図17】スキャン方向及びスライス方向の開口合成処理に関するブロック図。

【図18】空間コンパウンド処理の処理例を示すフローチャート。

【図19】スライス方向の機械的な移動による空間コンパウンド処理に関するブロック図。

。

【図20】スキャン方向及びスライス方向の空間コンパウンド処理に関するブロック図。

【図21】ロボットアームによる超音波プローブの移動状況を、体表面の変動と共に例示する図。

40

【図22】3次元空間コンパウンド処理の概念を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0013】

(全般及び構成)

図1は、本実施形態に係る超音波診断装置1の概略の構成を示す図である。超音波診断装置1は、超音波診断装置本体200(以下、単に装置本体200と呼ぶ)、超音波プローブ120、ロボットアーム110、及びロボットアーム制御部140を少なくとも備え

50

る。ここで、ロボットアーム 110 は、超音波プローブ 120 を機械的に移動させる移動デバイスの一例である。

【0014】

ロボットアーム 110 は、例えばその先端部において超音波プローブ 120 を保持し、ロボットアーム制御部 140 からの制御信号にしたがって、超音波プローブ 120 を 6 自由度で移動させることができる。6 自由度で移動させることができるとは、例えば、互いに直交する X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向の並進 3 方向成分 (X、Y、Z) と、X 軸周り、Y 軸周り、Z 軸周りの回転 3 方向成分 (x、y、z) の 6 成分を任意の組み合わせで移動させることができるという意味である。換言すれば、ロボットアーム 110 は、超音波プローブ 120 を 3 次元空間内で任意の位置、任意の傾きで設置し、任意の軌跡、任意の速度で移動させることができる。

10

【0015】

ロボットアーム 110 には、アームセンサ 111 が設けられており、アームセンサ 111 によって、ロボットアーム 110 の各部の動きを検出する。アームセンサ 111 として、ロボットアーム 110 には少なくとも位置センサが設けられ、この位置センサによって上記の 6 成分の位置を検出する。また、ロボットアーム 110 は位置センサに加えて、速度センサをアームセンサ 111 として設けてもよいし、さらに、位置センサと速度センサに加えて、加速度センサをアームセンサ 111 として設けてもよい。

【0016】

また、ロボットアーム 110 は、アームセンサ 111 として、好ましくは圧力センサを備える。超音波プローブ 120 の生体接触圧力は、超音波プローブアダプタ (保持部) 122 を介してロボットアーム 110 に伝達し、ロボットアーム 110 に内蔵される圧力センサで検出される。

20

【0017】

上述したアームセンサ 111 に換えて、或いは、アームセンサ 111 に加えて、超音波プローブ 120 自体に、圧力センサ、位置センサ、速度センサ、加速度センサ等のプローブセンサ 112 を装着させるようにしてもよい。

【0018】

上記の位置センサ及び圧力センサの検出信号、或いはさらに速度センサや加速センサの検出信号を加えたこれらの検出信号は、ロボットアーム制御部 140 のよるフィードバック制御に用いられる。ロボットアーム 110 は、所定の軌跡情報に従ってロボットアーム制御部 140 で駆動される。軌跡情報は、超音波プローブ 120 の位置、傾き、移動経路、移動速度、生体接触圧力等を規定する情報である。ロボットアーム制御部 140 は、この軌跡情報と各アームセンサからの検出信号を用いて、超音波プローブ 120 が軌跡情報に従って動くように、ロボットアーム 110 をフィードバック制御する。

30

【0019】

上述したように、ロボットアーム 110 は、ロボットアーム制御部 140 による制御の下、軌跡情報にしたがって、超音波プローブ 120 を被検体 P の体表面に沿って自動で移動させることができる。

【0020】

一方、これに換えて、超音波プローブ 120 がロボットアーム 110 に保持された状態で、操作者が超音波プローブ 120 を手動で移動させることもできる。この場合、ロボットアーム 110 は、ロボットアーム制御部 140 から切り離されて、操作者による超音波プローブ 120 の手動による操作にしたがって動くことになる。この場合においても、ロボットアーム 110 に取り付けられている位置センサや圧力センサ等のアームセンサ 111 は、動作し続けており、各アームセンサ 111 で検出した位置、速度、加速度や、生体接触圧力等の検出信号は、装置本体 200 に逐次送信される。

40

【0021】

図 2 は、上記の超音波診断装置 1 のより詳細な構成を示すブロック図であり、特に、装置本体 200 の細部構成を図示している。

50

【 0 0 2 2 】

上述したように、装置本体 2 0 0 には、超音波プローブ 1 2 0、ロボットアーム 1 1 0、アームセンサ 1 1 1、アーム制御回路 1 4 0（図 1 においては、ロボットアーム制御部 1 4 0）が接続される。

【 0 0 2 3 】

装置本体 2 0 0 は、送信回路 2 3 1、受信回路 2 3 2、第 1 の処理回路 2 1 0、記憶回路 2 4 1、ディスプレイ 2 5 0、入力デバイス 2 6 0、及び第 2 の処理回路 3 0 0 を備えている。

【 0 0 2 4 】

送信回路 2 3 1 は、トリガ発生回路、遅延回路、パルサ回路等を有し、超音波プローブ 1 2 0 に駆動信号を供給する。トリガ発生回路は、所定のレート周波数でレートパルスを繰り返し発生する。遅延回路は、超音波プローブ 1 2 0 が有する振動素子毎に、レートパルスを所定の遅延量だけ遅延させる回路であり、送信ビームを集束させる、或いは所望の方向に指向させるための回路である。パルサ回路は、遅延させたレートパルスに基づいてパルス信号を生成し、超音波プローブ 1 2 0 の各振動素子に印加する。

10

【 0 0 2 5 】

超音波プローブ 1 2 0 は、被検体へ超音波信号を送信する一方、被検体内部からの超音波反射信号を受信する。超音波プローブ 1 2 0 は 1 次元アレイ型（1 D アレイ）でもよいし 2 次元アレイ型（2 D アレイ）でもよい。また、後述するように、1 . 2 5 D アレイ、1 . 5 D アレイ、或いは 1 . 7 5 D アレイでもよい。受信した超音波信号は各振動素子で電気信号に変換され、受信回路 2 3 2 に供給される。

20

【 0 0 2 6 】

受信回路 2 3 2 は、増幅回路、A / D 変換回路、受信整相加算回路 2 3 4 等を有する。超音波プローブ 1 2 0 の各振動素子から供給されるアナログ受信信号を増幅回路で増幅したのち、A / D 変換回路でデジタル信号に変換する。その後、受信整相加算回路 2 3 4 において、振動素子毎に遅延量を与え、これらを加算することによって、所望のビーム方向に対応する受信信号が形成される。なお、受信回路 2 3 2 の受信整相加算回路 2 3 4 で形成されるビームは、超音波プローブ 1 2 0 内の振動素子の配列方向、即ち、アジマス方向のビームである。

【 0 0 2 7 】

30

図 3 (a) は、受信整相加算回路 2 3 4 で形成されるアジマス方向のビーム $B_{A Z}$ の概念を示す図である。超音波プローブ 1 2 0 内の振動素子の 1 つ 1 つは、アジマス方向に広いビーム幅をもつが、各振動素子からの受信信号を加算することによって、図 3 (a) に示すように、ビーム幅の小さなビーム $B_{A Z}$ が形成される。受信回路 2 3 2 の受信整相加算回路 2 3 4 から出力される受信信号は、アジマス方向において細かいビーム幅に対応するものの、図 3 (b)、(c) に示すように、エレベーション方向、即ちスライス方向においては、超音波プローブ 1 2 0 の短手方向の大きさで定まる広いビーム幅のままである。

【 0 0 2 8 】

スライス方向のビーム形状としては、図 3 (b) に示すように、超音波プローブ 1 2 0 のレンズ（図示せず）によって所定の距離に焦点をもつビーム形状 $B_{E L 1}$ のタイプや、図 3 (c) に示すようにファンビーム $B_{E L 2}$ のタイプがある。図 3 (b) に示すビーム形状 $B_{E L 1}$ は 1 D アレイプローブに対応する。また、図 3 (c) に示すようにファンビーム $B_{E L 2}$ は、2 D アレイプローブ、或いは 1 . 2 5 D アレイプローブ、1 . 5 D アレイプローブ、1 . 7 5 D アレイプローブで実現することができる。

40

【 0 0 2 9 】

ここで、1 D アレイプローブとは、短手方向の開口が一定であり、固定焦点のプローブである。2 D アレイプローブとは、エレベーション方向が、アジマス方向と同様の素子配列をもっており、両方向に電子走査や電子フォーカスが可能なプローブである。この中間として、1 . 2 5 D アレイプローブ、1 . 5 D アレイプローブ、1 . 7 5 D プローブがある。1 . 2 5 D アレイプローブは、短手方向の開口が可変であるが、固定焦点のプローブ

50

である。1.5Dアレイプローブは、短手方向の開口が可変であり、焦点距離も可変であるが、短手方向の超音波音場が中心軸に対称なプローブである。1.75Dアレイプローブは、短手方向の開口が可変、焦点距離も可変であり、短手方向の超音波音場も中心軸に対称という制約がないプローブであり、エレベーション方向へのビーム走査は可能である。ただし、エレベーション方向へのビーム走査の角度上限に制約がある。

【0030】

図2に戻り、第1の処理回路210は、例えばプロセッサを具備し、プログラムが記憶回路241に保存された所定のプログラムを実行することによって各種の機能を実現する。第1の処理回路210は、例えば、Bモード処理機能211、カラーモード処理機能212、ドップラモード処理機能213、走査制御機能214、画像解析機能215、3次元画像処理機能216等を実現する。

10

【0031】

Bモード処理機能211は、受信信号に対して包絡線検波や対数変換処理等を施してBモード画像を生成する。カラーモード処理機能212は、受信信号に対してMTIフィルタ処理や自己相関処理を施してカラーモード画像を生成する。ドップラモード処理機能213は、受信信号に対してフーリエ変換処理等を施してスペクトラム画像を生成する。生成されたBモード画像、カラーモード画像、スペクトラム画像は、HDD(Hard Disk Drive)等で構成される記憶回路241に保存される。

【0032】

なお、Bモード処理機能211、ドップラモード処理機能213、ドップラモード処理機能213の各機能を総称して、画像データ生成機能と呼ぶ。これらの各機能によって、Bモード画像、カラーモード画像、スペクトラム画像等の各種の画像データが生成されるからである。

20

【0033】

また、後述する開口合成処理、送信整相加算処理、空間コンパウンド処理後のデータも、Bモード処理機能211、カラーモード処理機能212、ドップラモード処理機能213に供される。この場合、開口合成処理や、送信整相加算処理、或いは、空間コンパウンド処理が施されたBモード画像、カラーモード画像、スペクトラム画像が生成されることになる。

生成されたこれらの画像や、これらの画像に関連するデータは、ディスプレイ250に表示される。

30

【0034】

走査制御機能214は、超音波信号の送受信の方向や、超音波プローブ120の移動方向を制御し、被検体に対して超音波走査を行う。

【0035】

画像解析機能215は、Bモード画像、カラーモード画像、スペクトラム画像等に対して、各種の画像解析を行い、解析結果をディスプレイ250に表示させる。3次元画像処理機能216は、位置情報付きで収集されたBモードビームデータ、カラーモードビームデータを3次元再構成して、MPR(Multi-Planar Reconstruction/Reformation)法にて任意方向の断層像を生成したり、VR(Volume Rendering)法やMIP(Maximum Intensity Projection)法で3次元画像を生成したりする。ディスプレイ250は、例えば液晶パネル等を備える表示装置である。

40

【0036】

入力デバイス260は、操作者の操作等によって各種のデータや情報を入力するためのデバイスである。入力デバイス260は、例えば、キーボード、マウス、トラックボール、ジョイスティック、タッチパネル等の操作デバイスや、音声入力デバイス等の各種の情報入力デバイスを含み得る。

【0037】

記憶回路241は、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)等の半導体メモリの他、及び、HDD、光ディスク装置等の外部記憶装置を含む。

50

【 0 0 3 8 】

第 2 の処理回路 3 0 0 は、第 1 の処理回路 2 1 0 と同様に、例えばプロセッサを具備し、記憶回路 2 4 1 に保存された所定のプログラムを実行することによって各種の機能を実現する。

【 0 0 3 9 】

また、上記の第 1 の処理回路 2 1 0、第 2 の処理回路 3 0 0 の他、アーム制御回路 1 4 0 もプロセッサを具備し、アーム制御回路 1 4 0 の内部、或いは記憶回路 2 4 1 に保存されたプログラムを実行することによって所定の機能を実現する。

【 0 0 4 0 】

上記説明において用いた「プロセッサ」という文言は、例えば、CPU (Central Processing Unit) や、専用又は汎用のプロセッサを含む。また、プロセッサによるソフトウェア処理に換えて、ハードウェア処理によって各種の機能を実現することもできる。例えば、特定用途向け集積回路 (Application Specific Integrated Circuit: ASIC)、プログラマブル論理デバイス (例えば、単純プログラマブル論理デバイス (Simple Programmable Logic Device: SPLD)、複合プログラマブル論理デバイス (Complex Programmable Logic Device: CPLD)、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ (Field Programmable Gate Array: FPGA)) 等のハードウェアで、第 1 の処理回路 2 1 0、第 2 の処理回路 3 0 0、及びアーム制御回路 1 4 0 を構成することもできる。また、プロセッサによるソフトウェア処理と、ハードウェア処理を組み合わせてもよい。

10

【 0 0 4 1 】

第 2 の処理回路 3 0 0 は、プローブ位置取得機能 3 1 0、信号収集機能 3 1 1、開口合成処理機能 3 1 2、空間コンパウンド処理機能 3 1 3 等を実現する。

20

【 0 0 4 2 】

(動作)

図 4 は、本実施形態にかかる超音波診断装置 1 の処理例を示すフローチャートである。以下、図 4 のフローチャートの流れに沿って、第 2 の処理回路 3 0 0 で実現する上記の各機能、及びアーム制御回路 1 4 0 で実現する機能を具体的に説明する。

【 0 0 4 3 】

ステップ ST 1 0 0 はアーム制御回路 1 4 0 で実現する機能に対応する。ステップ ST 1 0 0 で、アーム制御回路 1 4 0 は、超音波プローブ 1 2 0 を保持したロボットアーム 1 1 0 を、アレイの配列方向と直交する方向に移動させる。図 5 は、ロボットアーム 1 1 0 による超音波プローブ 1 2 0 の移動の様子を模式的に示す図である。図 5 に示すように、ロボットアーム 1 1 0 は、超音波プローブ 1 2 0 の長手方向 (即ち、アレイの配列方向) と直交する方向に、軌跡情報に従って超音波プローブ 1 2 0 を移動させる。軌跡情報は、予め記憶回路 2 4 1 に保存されている。

30

【 0 0 4 4 】

ステップ ST 1 0 2 はプローブ位置取得機能 3 1 0 に対応する機能である。ステップ ST 1 0 2 で、プローブ位置取得機能 3 1 0 は、ロボットアーム 1 1 0 に取り付けられているアームセンサ 1 1 1 の出力信号、及び / 又は、超音波プローブ 1 2 0 に取り付けられているプローブセンサ 1 1 2 の出力信号から、ロボットアーム 1 1 0 が保持している超音波プローブ 1 2 0 の位置情報を、超音波プローブ 1 2 0 の移動中に時々刻々取得する。取得する位置情報は、超音波プローブ 1 2 0 の移動方向の位置だけでなく、3次元としての位置情報であり、超音波プローブ 1 2 0 の向きや傾きに関する情報を含む。

40

【 0 0 4 5 】

ステップ ST 1 0 3 は信号収集機能 3 1 1 に対応する機能である。ステップ ST 1 0 3 で、信号収集機能 3 1 1 は、受信回路 2 3 2 から出力される受信信号を、超音波プローブ 1 2 0 の移動中に時々刻々収集する。ここで収集する受信信号は、超音波プローブ 1 2 0 の各振動素子のビーム形成前の受信信号か、アジマス方向にビーム形成された受信信号である。アジマス方向にビーム形成された受信信号の場合、アジマス方向においては高い解像度を有するものの、スライス方向 (エレベーション方向) の解像度は、超音波プローブ

50

120の短手方向の寸法に制約を受けているため、その解像度は低い。

【0046】

ステップST102とステップST103は、ロボットアーム110による超音波プローブ120の移動中に同時並行して行われる。収集した受信信号は、収集時における超音波プローブ120の位置情報と関連付けられて、例えば、記憶回路241のRAMに一時的に保存される。

【0047】

図6は、ロボットアーム110による超音波プローブ120の移動の様子を、超音波プローブ120のスライス方向（エレベーション方向）のビーム形状（ファンビーム）と共に例示する図である。受信信号は、距離（被検体の深さ）方向の各サンプリング位置に対応する信号として構成されるが、この受信信号が超音波プローブ120の移動位置ごとに収集されて、記憶回路241に順次保存されていく。

10

【0048】

ステップST104は、開口合成処理機能312に対応するステップである。ステップST104で、開口合成処理機能312は、記憶回路241から、開口合成処理の対象となる所定数Nの受信信号と、それらに対応する超音波プローブ120の位置情報を読み出す。

【0049】

図7は、開口合成処理の概念を説明する図である。開口合成処理機能312は、間隔dごとに収集された夫々の受信信号に所定の遅延量を与えたのちに、各受信信号をコヒーレント加算する。これが開口合成処理である。コヒーレント加算とは、各受信信号の位相情報を保持した状態で加算する、即ち、各受信信号を複素信号（或いはIQ信号）として加算することである。この開口合成処理によって、スライス方向（エレベーション方向）にビーム幅の狭いビームを形成することができ、スライス方向（エレベーション方向）の解像度を高めることができる。なお、本実施形態の開口合成は、超音波プローブ120を移動させながらプローブの開口を合成する処理であるため、移動開口合成処理、或いは移動開口整相加算とも呼ぶ。

20

【0050】

次に、超音波プローブ120として、2次元アレイプローブ（以下、2DAプローブと呼ぶ）を利用した場合を例に挙げて、本実施形態の開口合成処理について詳述する。

30

【0051】

図8は、2DAプローブの振動素子の配列の模式図である。スキャン方向のみならず、スライス方向にも振動素子が分割され、振動素子が2次元に配列されている。各振動素子が装置本体200に電氣的に接続され、超音波信号が送受信される。

【0052】

図9は、2DAプローブの走査に関する模式図である。通常利用される1次元アレイプローブ（以下、1DAプローブと呼ぶ）と同様に、2DAプローブもリアルタイムの断層像を表示することができる。2DAプローブは、任意の方向の断層像を生成可能であるが、図9(a)に示すように、素子数が多い方向、言い換えれば、画質が最良の断面方向をスキャン方向とする。また、スキャン方向に直交する方向をスライス方向とする。

40

【0053】

スライス方向は、1DAプローブにおいて、音響レンズのよってビーム形成をする方向に相当する。2DAプローブは、総素子数の制約やプローブの形状の制約により、振動素子の配列に異方性があることが多い。

【0054】

図9(b)に示すように、基本的に、スキャン方向にリアルタイムの断層像が形成される。一方、スライス方向の振動素子もスライス方向のビーム形成に寄与する。2DAプローブでは、スライス方向のビーム形成を電子的に制御することにより、断層像をスライス方向に移動させることができる。2DAプローブを用いてボリュームデータを取得するときは、スキャン方向に形成される断層面をスライス方向に移動させる。

50

【0055】

スライス方向の断層像は、電子的にだけでなく、機械的にも移動させることができる。図10は、本実施形態のロボットアーム110を用いて、2DAプローブを機械的な方法で移動させている状態を例示する図である。2DAプローブをスキャン方向に走査することによって、プローブ直下に断層像を形成する。そして、機械的な方法で2DAプローブを移動させることによって、断層像をスライス方向に移動させ、プローブ直下のボリュームデータを取得する。さらに、機械的な方法で2DAプローブを移動させながら、ボリュームデータを継続的に取得する。

【0056】

図11は、2DAプローブのスライス方向への機械的な移動を模式的に示す図である。2DAプローブの開口中心の直下に形成されるスキャン面に着目して、超音波ビームと空間内の観測点の関係を説明する。

【0057】

図11(a)は、2DAプローブの振動素子面と、その直下のスキャン面との関係を説明する図である。生体内のある深さに、2DAプローブの振動素子面と平行な仮想面を設定し、超音波ビームが通過する観測点を設定する。2DAプローブの振動素子面の直下のスキャン面と仮想面との交線上で超音波ビームが通過する観測点をP1、P2、P3、P4、P5として、5本の超音波ビームの観測点を仮定する。

【0058】

図11(b)は、図11(a)の状態をスキャン方向に沿って見た(即ち、2DAプローブの移動方向と直交する方向から見た)ものである。この状態では、スキャン面が観測点P1を通過している。なお、スライス方向の2DAプローブの開口幅をDとしている。図11(c)は、2DAプローブが図11(b)の位置から機械的に距離dだけ移動した状態をスキャン方向に沿って見たものである。プローブの直下のスキャン面が、観測点Q1を通過する位置に移動している。図11(d)は、2DAプローブが図11(c)の位置からさらに機械的に距離dだけ移動して、スキャン面が、観測点R1を通過する位置に移動した状態をスキャン方向に沿って見たものである。

【0059】

なお、図11(a)では、観測点Q1を含むスキャン面と仮想面の交線上にある観測点を、Q1~Q5として図示している。同様に、観測点R1を含むスキャン面と仮想面の交線上にある観測点を、R1~R5として図示している。2DAプローブを機械的に移動させることにより、プローブ直下のスキャン面の観測位置は移動する。

【0060】

図12は、ロボットアーム110を用いて2DAプローブを機械的に移動させて、開口合成する処理を説明する第1の図である。

【0061】

図12(a)-(c)に示す2DAプローブの各位置は、図11(b)-(d)に示す2DAプローブの各位置に夫々対応している。つまり、図12(a)-(c)において、図11(b)-(d)と同様に、プローブ直下のスキャン面は、P1からQ1へ、そして、Q1からR1へと移動している。

【0062】

一方、開口合成処理を行う場合には、図12(a)-(c)中に矢印で示すように、図12(a)-(c)の各位置において、共通の観測点を通過するビームを形成する。例えば、図12(a)の位置において、観測点P1を通過するビームを形成してデータを収集する。そして、図12(b)の位置においても、2DAプローブを電子的にスライス方向に走査して、観測点P1を通過するビームも形成して、データを収集する。同様に、図12(c)の位置においても、2DAプローブを電子的にスライス方向に走査して、観測点P1を通過するビームも形成して、データを収集する。

【0063】

図13は、ロボットアーム110を用いて2DAプローブを機械的に移動させて、開口

10

20

30

40

50

合成する処理を説明する第2の図である。図13(a) - (c)は、図12(a) - (c)に夫々対応する図であり、図13(a) - (c)の各位置において、観察点P1からのエコー信号が収集されることを示している。

【0064】

図13(a) - (c)の各位置において、観察点P1からのエコー信号を収集した後、図13(d)に示すとおり、図13(a) - (c)にて収集された観察点P1からのエコー信号により開口合成を行うことができる。すなわち、図13(a) - (c)の各位置で得られた観測点P1からのエコー信号に、所定の遅延を設定してコヒーレントに加算することにより開口合成を実施する。この開口合成により、スライス方向の開口幅が、 D から、 $D + 2 * d$ に増大した効果が得られ、スライス方向の空間分解能が向上する。

10

【0065】

上記の開口合成は、図2に示した開口合成処理機能312によって行われる。図14は、開口合成処理機能312に関わる、より詳細な機能を示すブロック図である。

今、図13(a)、(b)、(c)に示す2DAプローブの位置を、夫々A位置、B位置、C位置とする。まず、2DAプローブがA位置にあるとき、2DAプローブの各受信チャンネルの信号は、受信回路232の受信整相加算回路234において、各チャンネルに所望の遅延を加えて加算される。この結果、2DAプローブがA位置にあるときの、観察点P1に対応したエコー信号が得られる。

【0066】

次に、プローブがロボットアームなど機械的な方法で移動する。移動手段がロボットアームの場合は、アーム制御回路140、又はアームセンサ111から、2Dプローブの部より位置情報を取得し、プローブ位置取得機能310にて遅延量を決定する。各移動時に観察点P1に対応するエコー信号は、受信信号収集機能311aによって記憶回路241に記録される。

20

【0067】

スライス方向開口合成処理機能312aのスライス遅延補正機能320は、決定された遅延量をエコー信号の移動位置に対応させて加えて補正する。その後、加算機能(1)321によってコヒーレントに加算することにより、スライス方向の開口合成を実現する。スライス遅延補正機能320と加算機能(1)321とによって、スライス方向開口合成処理機能(即ち、移動開口整相加算機能)312aを構成する。

30

【0068】

機械的な移動手段として、ロボットアームを例示したが、機械的なプローブの揺動制御機構を内蔵したメカニカル4Dプローブで、実現しても良い。プローブの位置情報は、メカニカル4Dプローブのモータの駆動回路等より取得することができる。

【0069】

図15は、1次元アレイプローブ(以下、1DAプローブと呼ぶ)を用いて開口合成を行う処理の概念を示す図である。1DAプローブは、スライス方向でビームを偏向させることができない。その一方、音響レンズにより直下方向に固定的な指向性がある。図15では、音響レンズの作るビーム形状をハッチングで模式的に示している。スライス方向の開口中心より音響レンズの焦点で定まるビームが形成される。

40

【0070】

図15(a) - (c)に示したように、1DAプローブの移動により、観察点P1を通過するビーム位置は変化する。図15(a) - (c)で得られた各エコー信号に、観測点P1に対する遅延を設定してコヒーレントに加算することにより開口合成の効果を得ることができる。スライス方向の開口幅が、 D から($D + 2 * d$)に増大した効果が得られる。

【0071】

図13の2DAプローブの場合と図15の1DAプローブとの差異は、観察点P1の開口合成前に実現されているビーム幅にある。2DAプローブでは、観察点P1に指向したビームを形成できる。細いビーム幅の状態、開口をずらして加算することにより開口合成

50

が行われる。一方、1 D Aプローブでは、図15の模式図のとおり、太いビーム幅の状態
で開口合成が行われる。

【0072】

1 D Aプローブを用いた開口合成の処理の流れ及び機能ブロックは、図14と共通である。但し、信号収集機能(1)で収集されるエコー信号は互いに異なる。2 D Aプローブで収集されるエコー信号は、2 D Aプローブの各移動位置において、P1、Q1、R1の各々が分離されたエコー信号が収集される。これに対して、1 D Aプローブでは、P1、Q1、R1が分離されず、合成された共通のエコー信号となる。この共通のエコー信号に対して、スライス遅延補正機能により、P1、Q1、R1の夫々に対応する遅延量が補正されて、開口合成が実施される。

10

なお、図13及び図15に示す開口合成は、プローブを移動させて行う開口合成であるため、移動開口合成と呼ぶ場合がある。

【0073】

図16は、2 D Aプローブの開口合成の変形例として、スキャン方向に送信整相加算して、送信開口合成処理を行う動作の概念を説明する図である。前述した移動開口合成は、2 D Aプローブをスライス方向に移動させながら、スライス方向に開口合成処理を行うのに対して、以下に説明する送信開口合成は、2 D Aプローブを同じくスライス方向に移動させつつも、スキャン方向(即ち、2 D Aプローブの移動方向に直交する方向)に開口合成する処理であることに留意されたい。図16(a)は図11(a)と同じ図である。図16(b)の上部には、2 D Aプローブのスキャン方向の振動素子の配列を模式的に示している。ここでは、簡単のために振動素子は、素子EL1~素子EL7の7素子としている。

20

【0074】

またここでは、送信開口として、送信開口AP1~送信開口AP3の3種類を想定する。送信開口AP1は、素子EL1~素子EL3の3つの振動素子から構成される第1の送信用振動素子群に対応する。また、送信開口AP2は、素子EL2~素子EL4の3つの振動素子から構成される第2の送信用振動素子群に対応し、同様に、送信開口AP3は、素子EL3~素子EL5の3つの振動素子から構成される第3の送信用振動素子群に対応する。一方、受信開口は、素子EL1~素子EL6の6つの振動素子から構成される受信用振動素子群に対応するものとしている。

30

【0075】

送信開口AP1では、素子EL1~素子EL3の3つの振動素子によって形成される仮想的な点音源、即ち送信焦点F1、に向かって超音波ビームが送信される。言い換えると、送信開口AP1による送信では、所定の焦点位置に送信焦点F1が形成されるように、送信開口AP1を構成する素子EL1~素子EL3の夫々の送信遅延量を設定している。今、観察点をP3とする。送信開口AP1より送信された超音波ビームは、送信焦点F1を通過し、ビームが広がりながら観察点P3も通過する。観察点P3で反射或いは散乱された超音波信号は、素子EL1~素子EL6からなる6つの振動素子で受信される。6つの振動素子で受信された夫々の超音波信号に対して受信整相加算を行うことにより、送信開口AP1からの送信に対応する、観察点P3からのエコー信号が生成される。

40

【0076】

ここで、受信整相加算とは、ある観測点のエコー信号を生成するために、この観測点から複数の受信素子までの夫々の伝搬距離の差異に起因する相対的な遅延時間が略同一となるように各受信信号の遅延時間を補正した上で、各受信信号を加算することである。上記の例では、観測点P3から素子EL1~素子EL6までの夫々の伝搬距離の差異に起因する相対的な遅延時間が同一となるように素子EL1~素子EL6の受信信号の遅延時間を補正した上で、各受信信号をコヒーレント加算することである。

【0077】

同様に、送信開口AP2では、素子EL2~素子EL4の3つの振動素子によって形成される仮想的な点音源、即ち送信焦点F2、に向かって超音波ビームが送信される。送信

50

焦点 F 2 を通過後、ビームが広がりながら観察点 P 3 も通過する。その後、観察点 P 3 で反射或いは散乱された超音波信号は、素子 E L 1 ~ 素子 E L 6 からなる 6 つの振動素子で受信される。6 つの振動素子で受信された夫々の超音波信号に対して、上記と同様の受信整相加算を行うことにより、送信開口 A P 2 からの送信に対応する、観察点 P 3 からのエコー信号が生成される。

【 0 0 7 8 】

また同様に、送信開口 A P 3 では、素子 E L 3 ~ 素子 E L 5 の 3 つの振動素子によって形成される仮想的な点音源、即ち送信焦点 F 3、に向かって超音波ビームが送信される。送信焦点 F 3 を通過後、ビームが広がりながら観察点 P 3 も通過する。観察点 P 3 で反射或いは散乱された超音波信号は、素子 E L 1 ~ 素子 E L 6 からなる 6 つの振動素子で受信

10

【 0 0 7 9 】

送信開口 A P 1 ~ A P 3 を順次切り替えることによって、各送信焦点（即ち、各点音源）が F 1 ~ F 3 へと更新される。そして、送信開口 A P 1 ~ A P 3 の夫々に対応した観測点 P 3 からの 3 つのエコー信号が得られる。

これら 3 つのエコー信号は、受信側のパス長の差異（即ち、観測点 P 3 から素子 E L 1 ~ 素子 E L 6 までの距離の差異）に関しては受信整相加算によって補正されているものの、送信側のパス長は、送信開口 A P 1 ~ A P 3 で夫々異なっている。つまり、各送信焦点 F 1 ~ F 3 から、観測点 P 3 までの伝搬距離がそれぞれ異なっている。

20

【 0 0 8 0 】

そこで、更新された各点音源と観察点 P 3 との距離に応じた遅延時間を求め、送信開口 A P 1 ~ A P 3 の送信に対応する夫々の観測点 P 3 からの 3 つのエコー信号を、この遅延時間が同一となるように補正した上でコヒーレント加算する処理を行っている。この処理を送信整相加算と呼んでいる。また、この送信整相加算により開口合成の効果が得られるため、この処理を送信開口合成とも呼んでいる。

【 0 0 8 1 】

言い換えると、送信整相加算或いは送信開口合成とは、1 つの送信開口を、例えばスキャン方向に、互いにオーバーラップする複数の部分送信開口に分割し、複数の部分送信開口からの夫々の送信に対応する複数の受信信号を取得し、複数の部分送信開口で夫々形成される複数の送信焦点位置と、所定の観測点までの遅延時間が略同一となるように前記複数の受信信号の遅延時間を補正した上で、前記複数の受信信号を加算することにより、所定の観測点のエコー信号を生成する処理、のことである。

30

【 0 0 8 2 】

上記の送信開口合成を行わない場合、送信焦点は、図 1 6 (b) に示す F 1 等の位置のように、設定された深さに固定される。焦点 F 1 の手前と遠位では、図 1 6 (b) に示すように、送信の超音波ビームは広がっている。これに対して、上述した送信開口合成を行うことにより、焦点以外の観察点 P 3 においても、超音波ビームを細くすることができる。

40

【 0 0 8 3 】

本実施形態ではスキャン方向に送信開口合成を行っている。スキャン方向の送信開口合成を行うことにより、スキャン方向において、被検体の浅部から深部まで、超音波ビームのビーム幅を細くかつ均一にすることができ、スキャン方向の解像度を高めることができる。さらに、送信開口合成、即ち送信整相加算により、複数の送信開口に夫々対応する複数の受信信号が加算されるため、信号対雑音比が向上し、感度も向上する。

【 0 0 8 4 】

さらに、本実施形態では、上述のスキャン方向の送信開口合成と、図 1 3 及び図 1 5 に示したスライス方向の移動開口合成とを併用している。この結果、スキャン方向のビーム幅だけでなく、スライス方向のビーム幅も細くすることができ、スキャン方向、スライス

50

方向共に解像度の高い画像が得られる。

【0085】

図17は、上記のスキャン方向の送信開口合成と、スライス方向の開口合成とを併用する処理のブロック図である。2DAプローブの各受信チャネルの信号は受信回路232の受信整相加算回路234にて、各チャネルに所定の遅延が与えられて整相加算（即ち、受信整相加算）され、観察点P3に対応したエコー信号となる。まず、送信開口AP1の観察点P3に対応したエコー信号が、信号収集機能(2)311bによって、記憶回路241に記憶される。同様に、送信開口AP2および送信開口AP3の観察点P3に対応するエコー信号が生成され、同じく記憶回路241に記憶される。送信開口AP1、送信開口AP2および送信開口AP3に各々対応したエコー信号について、観察点P3の位置からのエコー信号が整相加算（即ち、送信整相加算）される。送信整相加算は、スキャン方向送信開口合成処理機能（送信整相加算機能）312bの送信遅延補正機能323により、記憶された各エコー信号に所定の遅延が与えられ、さらに、加算機能(2)324で加算されることによって行われる。この結果、スキャン方向の送信開口合成が行われた観察点P3のエコー信号が生成される。

10

【0086】

スキャン方向の送信開口合成が行われた観察点P3のエコー信号に対して、スライス方向開口合成処理機能（即ち、移動開口整相加算機能）312aにより、スライス方向の開口合成が行われる。プローブがロボットアームなど機械的な方法で移動する。移動手段がロボットアームの場合は、アーム制御回路140又はアームセンサ111からプローブの位置情報を取得し、プローブ位置取得機能310により、各プローブ位置に応じた遅延量が決定される。一方、観察点P3に対応するエコー信号は、プローブの移動位置ごとに、信号収集機能(1)311aによって記憶回路241に記録される。その後、記憶された各エコー信号に対して、決定された遅延が与えられ、加算機能(1)321にて各移動位置のエコー信号がコヒーレントに加算されて、スライス方向の開口合成が実現される。

20

【0087】

スライス方向の開口合成には、図13に示すようにスライス方向にビームを偏向させて、観察点P3での開口合成を実施する方法と、図15のようにスライス方向にビームを偏向させることなく、観察点P3でのスライス方向の開口合成を行う方法がある。

【0088】

上記の実施例について、種々の変形が可能である。図16に示したスキャン方向の送信開口合成は、2DAプローブにおいては、スライス方向に適用することが可能である。すなわち、プローブの移動前に、スライス方向に図16に示した送信開口合成を行い、さらに、プローブの移動後に、図13に示したスライス方向の移動開口合成を行う。

30

【0089】

あるいは、1DAプローブ及び2DAプローブにおいて、図16に示したスキャン方向の開口合成のみを行い、図13に示したプローブ移動を伴うスライス方向の開口合成は行わないことも選択肢となる。

【0090】

また、1DAプローブにおいては、図15に示したプローブ移動を伴うスライス方向の開口合成に、図16に示したスキャン方向の開口合成を組み合わせることも可能である。

40

【0091】

また、スキャン方向の開口合成と、スライス方向の開口合成との間で、超音波の送受信条件を変えて行うことが可能である。また例えば、送受信の周波数、開口幅、焦点などの送受信条件の組み合わせを変えることも可能である。

【0092】

上記の開口合成処理が成立するためには、超音波の体内波長よりも十分に小さい精度で超音波プローブ120を精度良く移動させる必要がある。操作者が手で超音波プローブ120を単に手にもって移動させても、このような精度を確保することはほぼ不可能であり、超音波プローブ120をロボットアーム110に保持して移動させることによって

50

じめて実現できる。

【0093】

ここまでは、超音波プローブ120を機械的に移動させて開口合成する処理について説明してきたが、実施形態の超音波診断装置1は、超音波プローブ120を機械的に移動させて空間コンパウンド処理を行うこともできる。以下、本実施形態の空間コンパウンド処理について説明する。なお、本実施形態の空間コンパウンド処理は、超音波プローブ120の開口を機械的に移動させながら行うため、移動開口コンパウンド処理とも呼ぶ。

【0094】

図18は、本実施形態の空間コンパウンド処理の処理例を示すフローチャートである。ステップST100からステップST103までの処理は、上述した開口合成処理と同じであるため、説明を省略する。ステップST105において空間コンパウンド処理を実施する。

10

【0095】

ステップST105は、図2における空間コンパウンド処理機能313に対応するステップである。空間コンパウンド処理とは、同じ位置対して異なる方向から送受信して得られる複数の受信信号を、インコヒーレント加算する処理である。インコヒーレント加算とは、受信信号の位相情報を取り除いて加算する処理であり、例えば、複素信号として得られた各受信信号を振幅信号に変換してから加算する処理である。空間コンパウンド処理により、実質部の均一性が増加し、病変部の辺縁エコーのつながりが向上する、といった効果が得られる。

20

【0096】

開口合成処理のない従来の1次元アレイプローブを用いた空間コンパウンド処理は、2次元空間、即ちアジマス面内での空間コンパウンド処理であった。これに対して、本実施形態では、次元数が増えて3次元空間での空間コンパウンド処理が可能となるため、空間コンパウンドの効果をより一層高めることが可能となる。

【0097】

図19は、空間コンパウンド機能に関する機能ブロックである。実施形態の超音波診断装置1は、空間コンパウンド処理を行うために、移動開口コンパウンド機能としてのスライス方向空間コンパウンド機能313aを有する。移動開口コンパウンド機能は、スライス遅延補正機能320と、加算機能(3)313bとを有する。

30

【0098】

開口合成処理と同様に、空間コンパウンド処理においても、2DAプローブを機械的に移動させ、観測点P1に対応するエコー信号を、2DAプローブの移動位置ごとに収集する。その後、収集したエコー信号に、プローブ位置に応じた遅延量を与える。したがって、図19における受信整相加算回路234、信号収集機能(1)311a、プローブ位置取得機能310、及びスライス遅延補正機能320は、図14に示すものと実質的に同じである。空間コンパウンド処理と開口合成処理との差異は加算機能にある。

【0099】

開口合成処理では、図14の加算機能(1)321において、プローブ位置ごとに得られる複数のエコー信号をコヒーレント加算することによって開口合成を行っているのに対して、空間コンパウンド処理では、図19の加算機能(3)330において、プローブ位置ごとに得られる複数のエコー信号をインコヒーレント加算することによって空間コンパウンド処理を実現している。

40

【0100】

図20は、空間コンパウンド処理を、スライス方向だけでなく、スキャン方向に対しても行う処理の機能ブロック図である。図20に示す空間コンパウンド処理機能は、図17に示す開口合成処理に対応するものである。

【0101】

図20では、図19に示す構成に加えて、信号収集機能(2)311、及びスキャン方向送信コンパウンド処理機能313bを有する。スキャン方向送信コンパウンド処理機能

50

3 1 3 b は、さらに、送信遅延補正機能 3 2 3、及び加算機能 (4) 3 3 1 を有する。

ここで、信号収集機能 (2) 3 1 1、及び、送信遅延補正機能 3 2 3 は、図 1 7 に示すものと同じである。

【 0 1 0 2 】

一方、開口合成処理を行う図 1 7 の加算機能 (2) 3 2 4 では、複数の信号をコヒーレント加算しているのに対して、空間コンパウンドを行う図 2 0 の加算機能 (4) 3 3 1 では、複数の信号をインコヒーレント加算している点で相違している。加算機能 (3) 3 3 0 によるインコヒーレント加算と、加算機能 (4) 3 3 1 によるインコヒーレント加算により、スライス方向とスキャン方向において、空間コンパウンド処理が可能となる。

【 0 1 0 3 】

上記の空間コンパウンドの実施例について、種々の変形が可能である。例えば、空間コンパウンド処理と開口合成処理を組み合わせることが可能である。また、スキャン方向の空間コンパウンド処理は、図 2 0 に示したスキャン方向送信コンパウンド処理機能 3 1 3 による方式に限定されない。例えば、スキャン方向においては、同一観察点に電子スキャンにより複数回異なる方向で走査することが可能であり、それらのエコー信号を空間コンパウンド処理することが可能である。

【 0 1 0 4 】

また、空間コンパウンドを行う際に、超音波の送受信条件を変えて行うことが可能である。例えば、送受信の周波数、開口幅、焦点など所望の条件を組み合わせることが可能である。また、コンパウンド処理は空間方向に限定されない。周波数を利用したコンパウンド処理を組み合わせることが可能である。

【 0 1 0 5 】

ところで、ロボットアーム 1 1 0 で超音波プローブ 1 2 0 を移動させる場合でも、超音波プローブ 1 2 0 を被検体の体表面に接触させた状態で移動させる必要がある。このため、ロボットアーム 1 1 0 を移動させるための軌跡情報に所定の生体接触圧力を含ませることができる。そして、ロボットアーム 1 1 0 の圧力センサの検出値がこの生体接触圧力と一致するようにロボットアーム 1 1 0 を駆動することにより、超音波プローブ 1 2 0 を、所定の生体接触圧力で体表面に接触した状態で移動させることができる。

【 0 1 0 6 】

この場合、被検体の体表面は平面ではないので、超音波プローブ 1 2 0 は、その移動中に、体表面に垂直な方向に変動する。図 2 1 は、体表面に垂直な方向に変動を模式的に示したものである。また、超音波プローブ 1 2 0 が同じ位置にあったとしても、被検体の体表面は、呼吸、拍動、体位移動等の体動によっても変動するため、これに応じて超音波プローブ 1 2 0 の位置は変動する。

【 0 1 0 7 】

しかしながら、前述したように、ロボットアーム 1 1 0 にはアームセンサ 1 1 1 が装着されており、このアームセンサ 1 1 1 によって、超音波プローブ 1 2 0 の 3 次元の位置情報を取得できる。つまり、被検体の体表面に垂直な方向の変動も検出することができる。そこで、開口合成処理機能 3 1 2 は、検出した変動量を用いてコヒーレント加算前の各遅延量を補正し、体表面の変動を打ち消すことができる。また、コンパウンド処理機能 3 1 3 は、検出した変動量を用いてインコヒーレント加算前の各遅延量を補正し、体表面の変動を打ち消すことができる。

【 0 1 0 8 】

上述したように、スライス方向の開口長がアジマス方向 (スキャン方向) よりも小さく、スライス方向の分解能がアジマス方向よりも小さい超音波プローブ 1 2 0 であっても、超音波プローブ 1 2 0 をロボットアーム 1 1 0 に保持してスライス方向に移動させ、移動中に収集した受信信号に対して開口合成処理を行うことにより、アジマス方向及びスライス方向が共に解像度の高い 3 次元画像を取得することができる。また、超音波プローブ 1 2 0 はロボットアーム 1 1 0 で移動され、かつ、体表面の変動を補正によって打ち消すことができるため、広い走査範囲に亘って、安定した 3 次元画像を取得することができる。

10

20

30

40

50

【0109】

図22は、3次元空間での空間コンパウンドの概念を示す図である。ロボットアームによるプローブの移動は任意の方向に可能であり、同一領域を異なる方向より複数回走査し、位置情報を利用して、同一部位の複数の信号にコンパウンド処理をすることが可能である。

【0110】

例えば、図22に示す対象領域Pについて、図に示すとおり、スライス方向に図面上で左方から右方にプローブをロボットアームで移動させ、超音波受信信号を取得する。次に、プローブを90度回転させて、紙面手前から紙面奥行き方向にプローブをロボットアームで移動させ、超音波受信信号を取得する。対象領域Pに対して、1回目の走査と2回目の走査でプローブの向きが異なっている。図9に示したとおり、2Dアレイプローブで、素子の配置に異方性があり、プローブが作るビームの点広がり関数に異方性がある。ここで、点広がり関数とプローブのビーム幅とは互いに相関をもつ量である。

10

【0111】

1Dアレイでは、スキャン面は電子フォーカスによって点広がり関数（即ち、ビーム幅）を小さくすることができるが、スライス方向は、図15に示したとおり、音響レンズによる固定フォーカスであり、プローブが作るビームの点広がり関数に大きな異方性がある。異方性は、ビームのスキャン方向とスライス方向のみならず、深さ方向にも存在する。対象領域について、プローブの向きやビームの入射角度が異なるデータをインコヒーレント加算することで、より大きな空間コンパウンド効果を期待することができる。

20

【0112】

本実施形態では、ロボットアームにより、プローブの位置、各ビームの位置情報が正確に記録されていることより、対象領域あるいは対象空間に対して、複数回の超音波走査データにより、空間コンパウンド処理が可能である。より良い画質を得るために、空間コンパウンド処理におけるビームのインコヒーレント加算において、夫々のビームの点広がり関数と、表示する断面の方向との関係を考慮することができる。例えば、インコヒーレント加算において、表示する断面方向における点広がり関数の小さいビームを、より大きく重み付けして加算する、重み付け加算を採用することができる。

【0113】

また、位置情報の付いた超音波ビームデータより、図2の3次元画像処理機能216により、MPR画像や3次元画像を生成することができる。指定されたMPR断面の方向やボリューム像の投影断面方向に比較的点広がり関数の小さい空間分解能が高いビームの重み付けを大きくして、インコヒーレント加算を行うことができる。あるいは、対象領域の対象物の構造の方向（例えば、血管の走行方向）を検出して、対象物の延在方向に比較的点広がり関数の小さい空間分解能が高いビームの重み付けを大きくして、インコヒーレント加算を行うことができる。

30

【0114】

また、体表寄りの平行断面を描出する場合において、構造の走行方向に応じて、加算するビーム間の重み付けを変更することもできる。例えば、血管構造が有る場合、血管の短軸方向に点広がり関数の小さいビームにより大きく重み付けして、重み付け加算する。これによって、血管壁の短軸方向のぼけが緩和される。

40

【0115】

さらに、空間コンパウンド処理を行う場合において、インコヒーレント加算の対象となる同一部位の夫々の信号に対して、各種の演算を行った後にインコヒーレント加算することもできる。例えば、夫々の信号の強度に基づいて重み付けした後にインコヒーレント加算してもよい。また、同一部位に対して得られる複数の信号の中から、最大値及び最大値に近い複数の信号を選択してインコヒーレント加算してもよい。或いは、同一部位に対して得られる複数の信号の中から、SNRの高い複数の信号を選択してインコヒーレント加算してもよい。

【0116】

50

また、異なる送信周波数で送信した複数の受信信号をインコヒーレント加算してもよい。送信周波数が高いと、ビーム幅が細くなって解像度が高くなるものの、被検体の深部での減衰が大きくなる。逆に、送信周波数が低いと、ビーム幅が太くなって解像度が低下するものの、被検体の深部での減衰は小さい。そこで、高い周波数、中程度の周波数、低い周波数で送信して得られた各受信信号をインコヒーレント加算することにより、均一な品質の画像を生成することができる。

【0117】

以上説明してきたように、少なくとも1つの実施形態の超音波診断装置1によれば、解像度が高く高画質の3次元画像を、広い走査範囲に亘って安定して取得することができる。

10

【0118】

なお、実施形態の超音波プローブ、送信回路、受信整相加算回路、及び、ロボットアームは、夫々、特許請求の範囲の送信部、受信回路、及び、移動デバイスの一例である。また、実施形態の移動開口整相加算機能、及びスライス方向開口合成処理機能は、特許請求の範囲の移動開口合成の一例である。また、実施形態の送信整相加算機能、及びスキャン方向送信開口合成処理機能は、特許請求の範囲の送信整相加算部の一例である。また、実施形態の移動開口コンパウンド機能、及びスライス方向空間コンパウンド処理機能は、特許請求の範囲の移動開口コンパウンド処理部の一例である。超音波プローブをスライス方向に移動し、受信信号を逐次コンパウンド処理する例を例示したが、ロボットアームによるプローブの移動は、任意の方向に可能であり、同一領域を異なる方向より複数回走査し、位置情報を利用して、同一部位の複数の信号にコンパウンド処理をすることが可能である。また、実施形態の画像データ生成機能は、特許請求の範囲の画像生成部の一例であり、実施形態のプローブ位置取得機能は、特許請求の範囲の位置取得部の一例である。

20

【0119】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

30

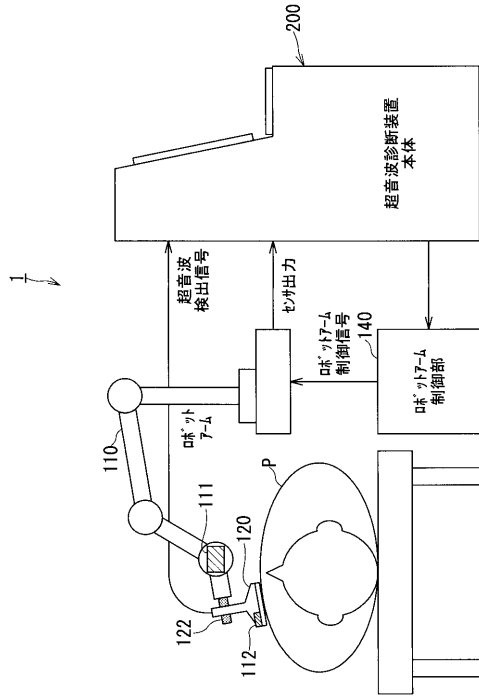
【符号の説明】

【0120】

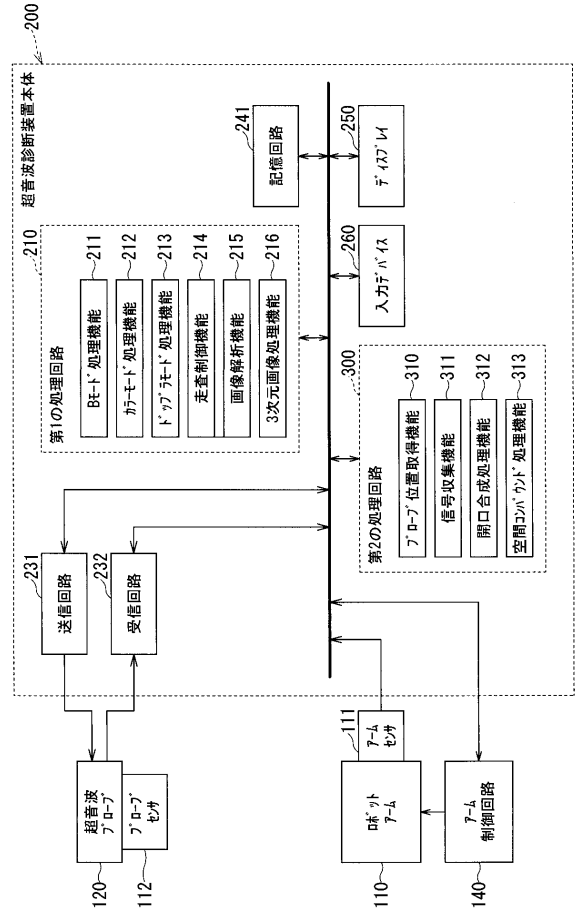
- 1 ... 超音波診断装置
- 110 ... ロボットアーム
- 111 ... アームセンサ
- 112 ... プローブセンサ
- 120 ... 超音波プローブ
- 140 ... ロボットアーム制御部、ロボットアーム制御回路(制御部)
- 150 ... 磁気送信機
- 160 ... 触覚付入力デバイス
- 210 ... 第1の処理回路
- 300 ... 第2の処理回路
- 310 ... プローブ位置取得機能
- 311 ... 信号収集機能
- 312 ... 開口合成処理機能
- 313 ... 空間コンパウンド処理機能

40

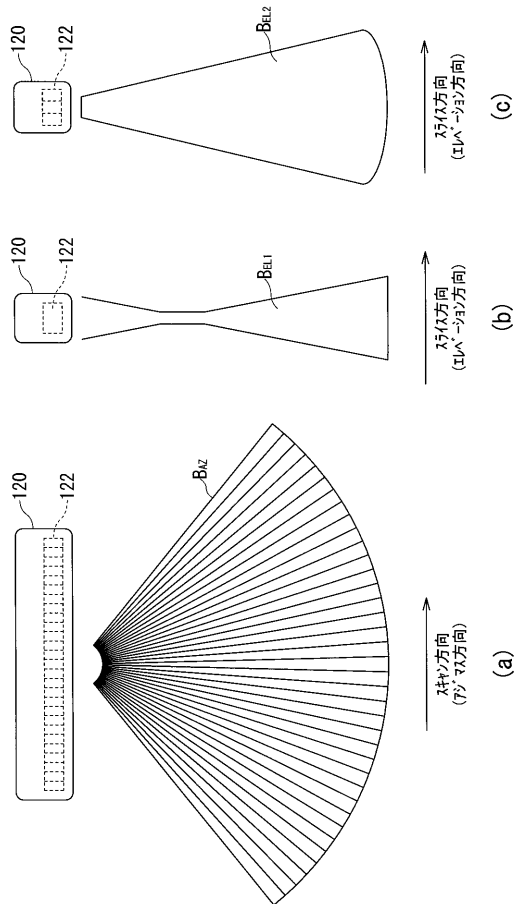
【図1】



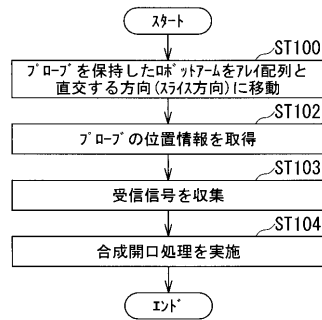
【図2】



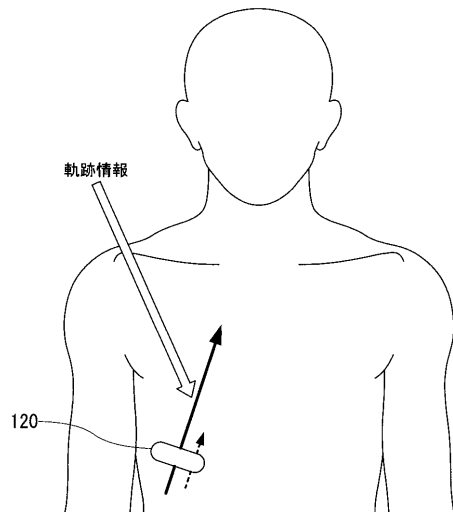
【図3】



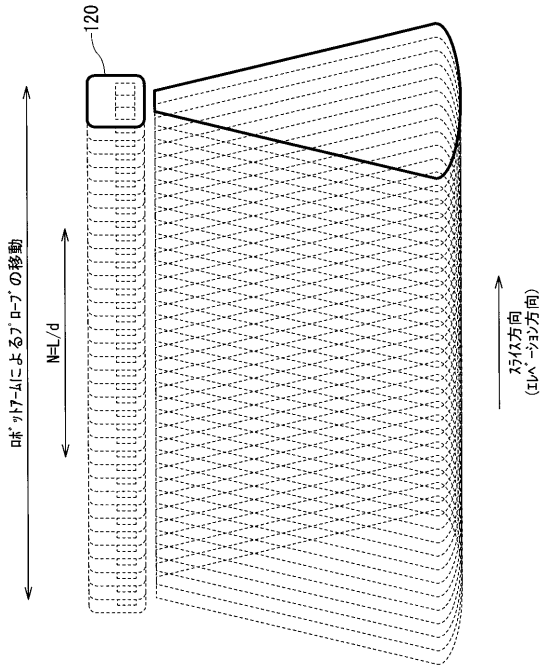
【図4】



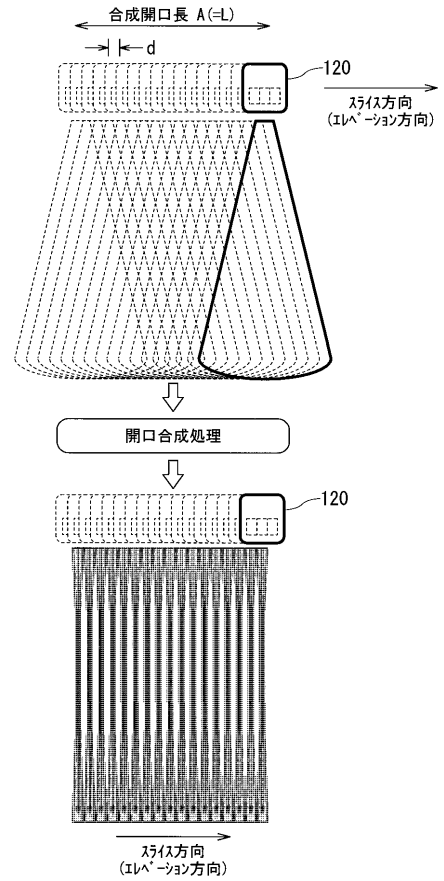
【図5】



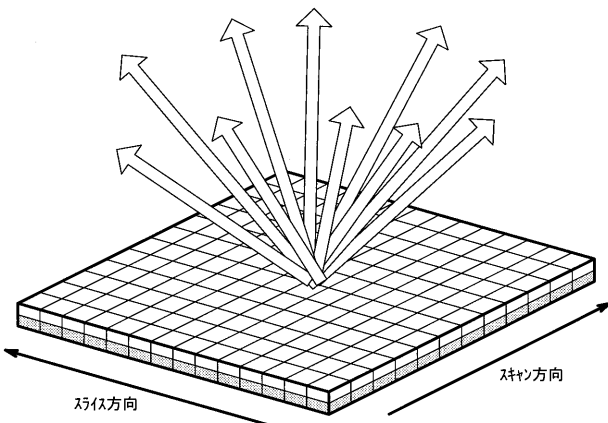
【図6】



【図7】

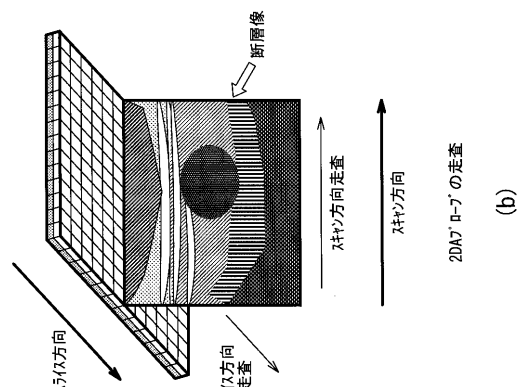


【図8】



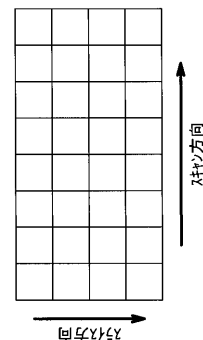
2DA7ローブの振動素子の配列

【図9】



2DA7ローブの振動素子の配列

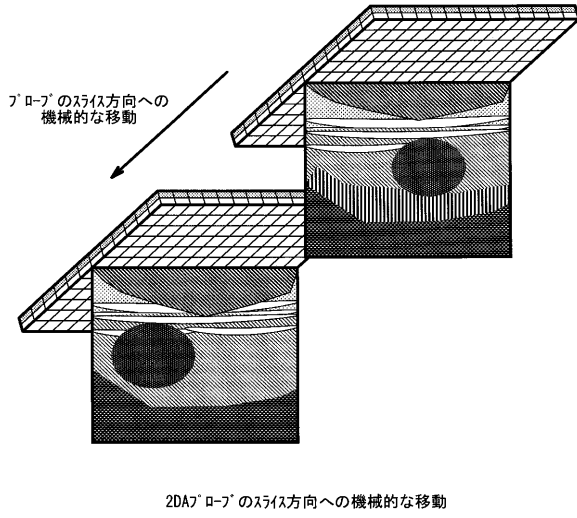
(a)



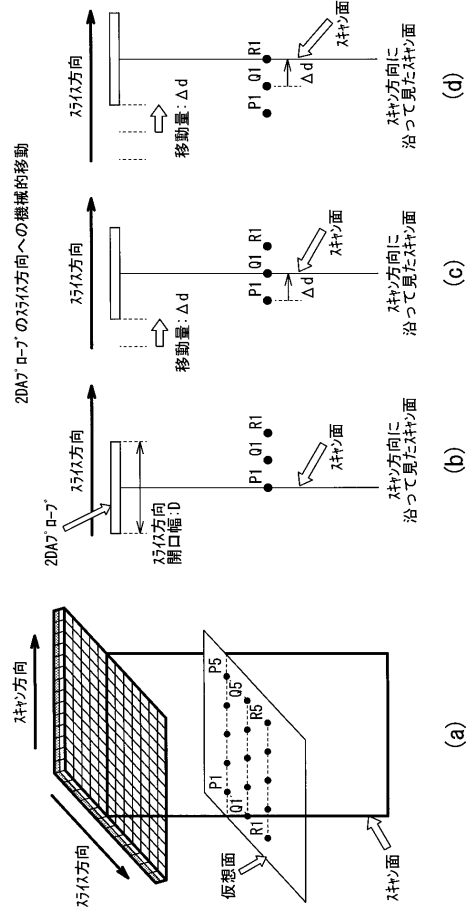
2DA7ローブの振動素子の配列

(b)

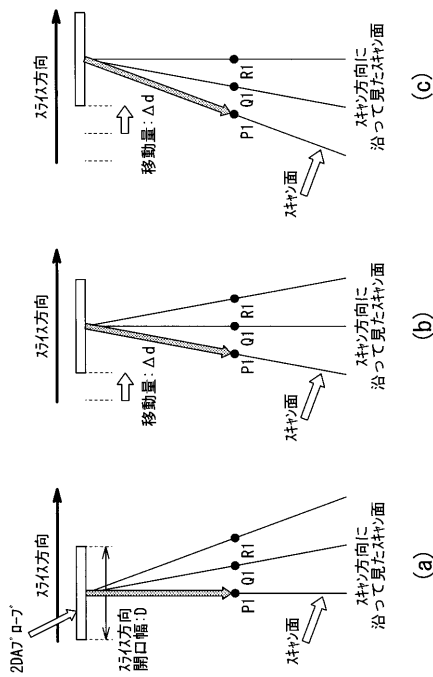
【図10】



【図11】

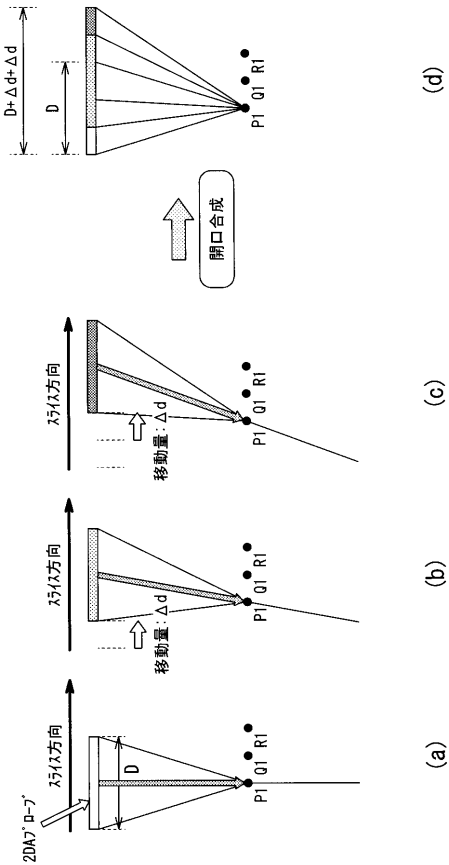


【図12】



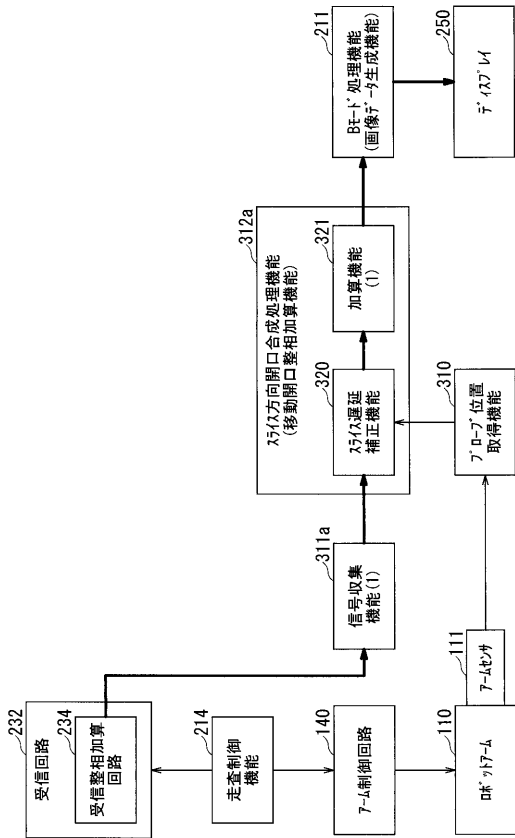
2DA7 ロープのスライス方向への機械的移動とピラミッド形成

【図13】



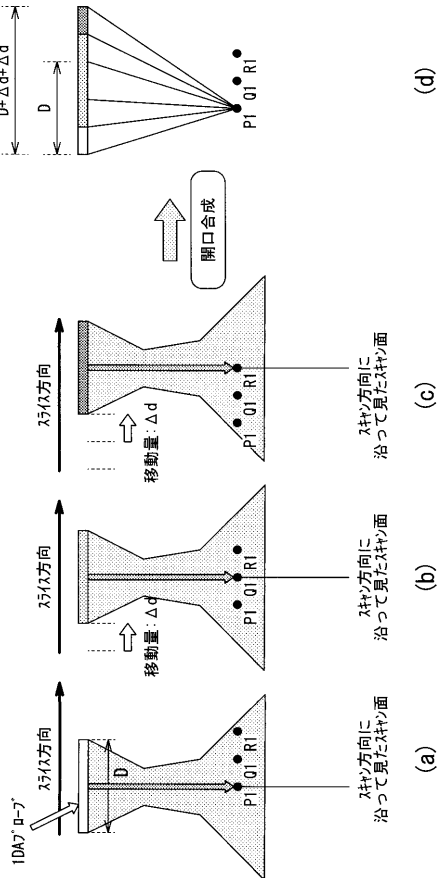
2DA7 ロープのスライス方向への機械的移動とピラミッド形成

【 図 1 4 】



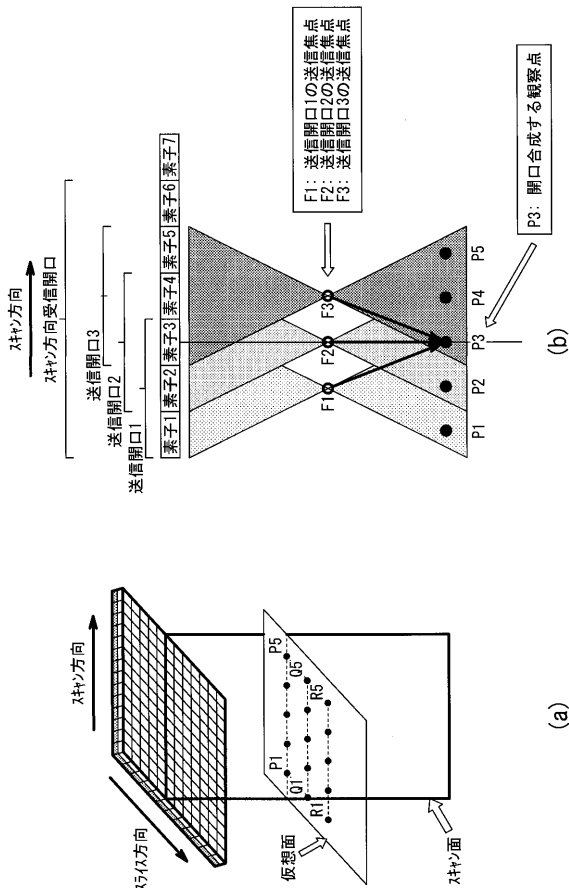
XZ方向への機械的移動と開口合成処理

【 図 1 5 】



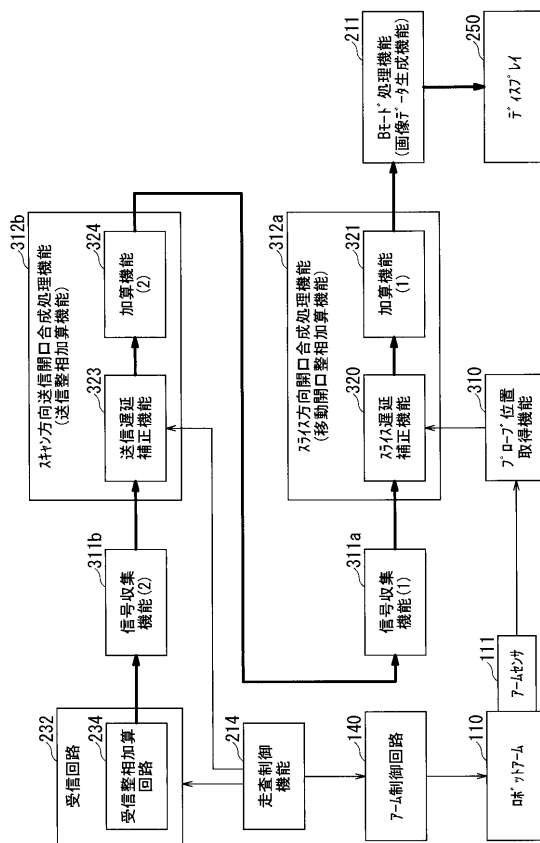
10A7-ローブのXZ方向への機械的移動とD-Δ形成

【 図 1 6 】



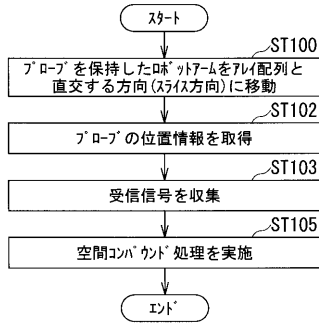
20A7-ローブのXZ方向の開口合成

【 図 1 7 】

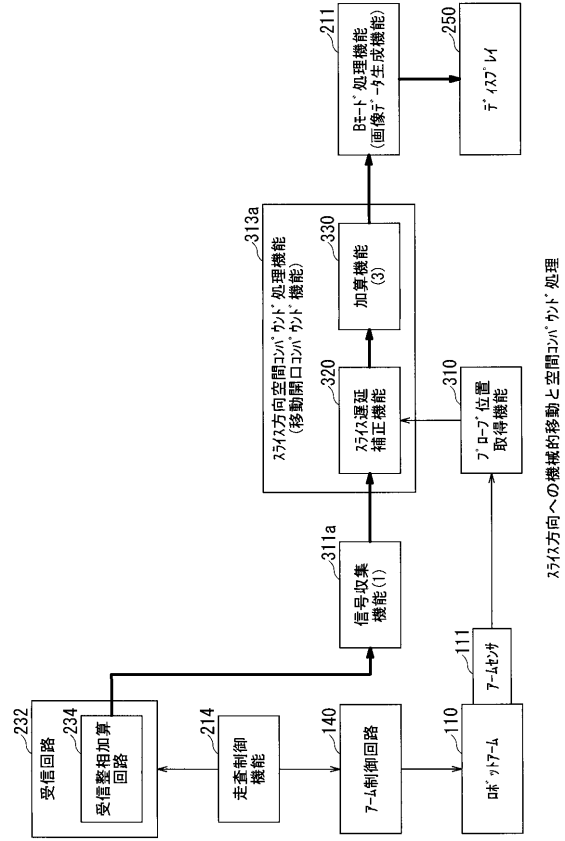


スキャン方向とXZ方向の開口合成処理

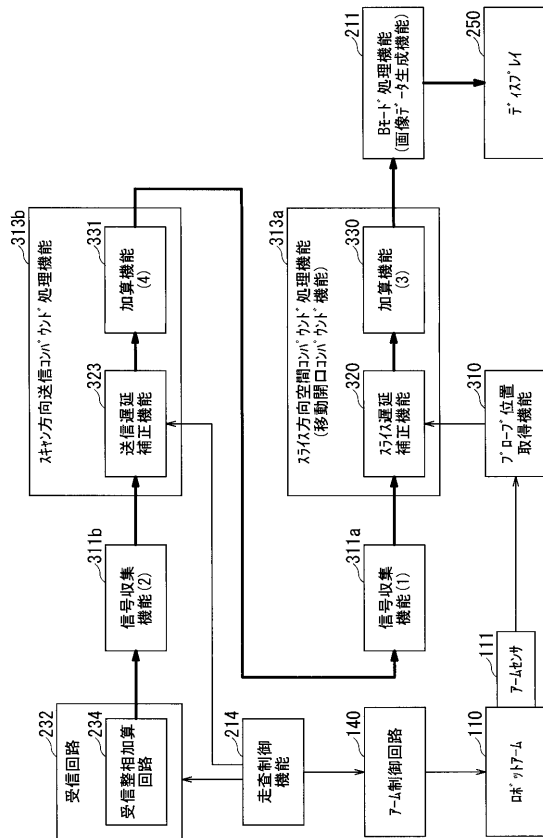
【図18】



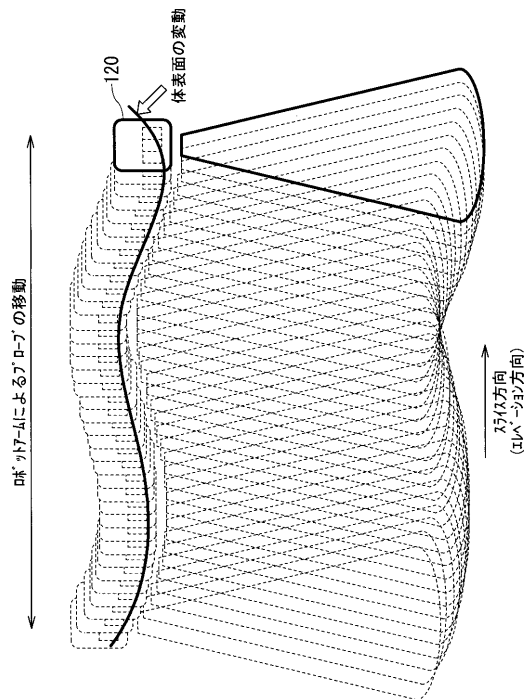
【図19】



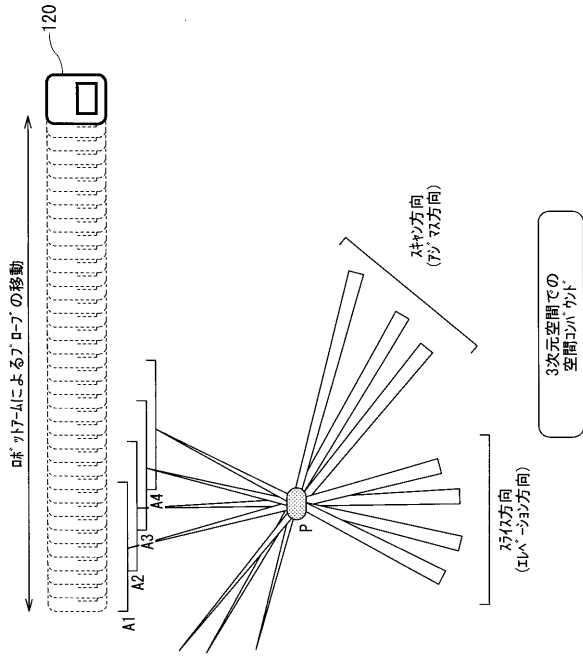
【図20】



【図21】



【 図 2 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 西野 正敏
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
- (72)発明者 菊地 紀久
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
- (72)発明者 中沢 尚之
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
- (72)発明者 中井 淳
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
- (72)発明者 樋口 治郎
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
- (72)発明者 小林 豊
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
- (72)発明者 姚 涼
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
- (72)発明者 手塚 和男
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
- (72)発明者 米山 直樹
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
- (72)発明者 鷺見 篤司
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

Fターム(参考) 4C601 BB03 BB06 BB16 EE04 GA18 GA22 GB04 GB06 HH38 JB45

JC33