

(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2018-118035
(P2018-118035A)

(43) 公開日 平成30年8月2日(2018.8.2)

(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 8 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-242566 (P2017-242566)
 (22) 出願日 平成29年12月19日(2017.12.19)
 (31) 優先権主張番号 特願2017-11384 (P2017-11384)
 (32) 優先日 平成29年1月25日(2017.1.25)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 594164542
 キヤノン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 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100103034
 弁理士 野河 信久
 (74) 代理人 100075672
 弁理士 峰 隆司
 (74) 代理人 100153051
 弁理士 河野 直樹
 (74) 代理人 100179062
 弁理士 井上 正
 (74) 代理人 100189913
 弁理士 鵜飼 健

最終頁に続く

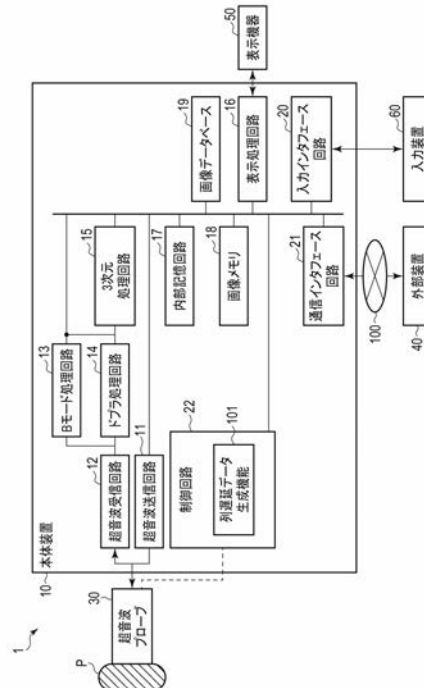
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、超音波プローブおよび超音波診断支援プログラム

(57) 【要約】

【課題】従来に比して短時間でデータを転送できる。

【解決手段】本実施形態に係る超音波診断装置は、超音波プローブと、通信制御部とを含む。超音波プローブは、第1の配列方向と第2の配列方向とに沿って二次元配列された複数の超音波振動子を有する。通信制御部は、前記第2の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第1の列遅延データと、前記第1の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第2の列遅延データとを、前記超音波プローブに送信する。前記超音波プローブは、前記送信された前記第1の列遅延データと前記第2の列遅延データとを用いて、前記複数の超音波振動子のそれぞれの遅延量を設定する設定部をさらに有する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の配列方向と第 2 の配列方向とに沿って二次元配列された複数の超音波振動子を有する超音波プローブと、

前記第 2 の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第 1 の列遅延データと、前記第 1 の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第 2 の列遅延データとを、前記超音波プローブに送信する通信制御部と、を具備し、

前記超音波プローブは、前記送信された前記第 1 の列遅延データと前記第 2 の列遅延データとを用いて、前記複数の超音波振動子のそれぞれの遅延量を設定する設定部をさらに有する超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記設定部は、サブアレイごとに、当該サブアレイに属する超音波振動子のアドレスに対応する列の第 1 の列遅延データと第 2 の列遅延データとを加算して各超音波振動子の遅延量を設定し、

前記超音波プローブは、前記サブアレイのシステム遅延に関するサブアレイ遅延と前記遅延量とに基づいて、前記複数の超音波振動子から超音波を送信及び受信する請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記通信制御部は、前記第 2 の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの超音波送信に関する第 1 のオンオフデータと、前記第 1 の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの前記超音波送信に関する第 2 のオンオフデータとを、前記超音波プローブにさらに送信し、

20

前記設定部は、前記第 1 のオンオフデータと前記第 2 のオンオフデータとを用いて、前記超音波プローブの前記超音波送信に関する送信開口を設定する請求項 1 または請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記設定部は、サブアレイに属する各素子の行列アドレスに対応する前記第 1 のオンオフデータと前記第 2 のオンオフデータとを乗算することで、前記送信開口を設定する請求項 3 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記通信制御部は、超音波診断装置本体から受信した前記第 1 の列遅延データおよび前記第 2 の列遅延データを、前記超音波プローブに格納される順に並び替える請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 6】

第 1 の配列方向と第 2 の配列方向とに沿って二次元配列された複数の超音波振動子と、前記第 2 の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第 1 の列遅延データと、前記第 1 の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第 2 の列遅延データとを用いて、前記複数の超音波振動子のそれぞれの遅延量を設定する設定部と、を具備する超音波プローブ。

【請求項 7】

前記超音波プローブは、前記複数の超音波振動子および前記設定部を含むプローブ本体と、当該プローブ本体とケーブルで接続される接続部とを有し、

40

前記接続部は、

超音波診断装置本体から受信した前記第 1 の列遅延データおよび前記第 2 の列遅延データを、前記プローブ本体に格納される順に並び替える通信制御部と、

並び替えられた前記第 1 の列遅延データおよび前記第 2 の列遅延データを格納する格納部と、を具備する請求項 6 に記載の超音波プローブ。

【請求項 8】

第 1 の配列方向と第 2 の配列方向とに沿って二次元配列された複数の超音波振動子を有する超音波プローブを備える超音波診断装置を制御する超音波診断支援プログラムであって、

50

コンピュータに、

前記第2の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第1の列遅延データと、前記第1の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第2の列遅延データとを、前記超音波プローブに送信する通信制御機能と、

前記超音波プローブは、前記送信された前記第1の列遅延データと前記第2の列遅延データとを用いて、前記複数の超音波振動子のそれぞれの遅延量を設定する設定機能と、を実現させるための超音波診断支援プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、超音波診断装置、超音波プローブおよび超音波診断支援プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、対象物（患者）に対し超音波を送信し、その対象物内からの反射波（エコー）を受信して対象物内を画像化するものであり、近年では2次元アレイ式超音波プローブが主に用いられる。

2次元アレイプローブは、格子状に2次元配列された多数の超音波振動子（単に素子ともいう）を有するため、全素子を超音波診断装置本体から直接駆動して超音波の送受信を制御することは難しい。よって、素子をサブアレイに分割し、サブアレイごとの部分的な遅延加算を行う専用のIC（ASIC）が超音波プローブ内に備えられる。

サブアレイ内の各素子に関する遅延パターンの設定は、ブランキング時間と称される、エコー信号の受信期間終了から次の超音波の送信タイミングまでの間に行われる必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-152432号公報

【特許文献2】特開2010-187833号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

超音波プローブが、例えば典型的なセクタタイプの場合、各素子の遅延パターンに関する通信データ量は少ないためブランキング時間で超音波送信のためのデータ送信を完了することができる。しかし、リニア型のような大面積・大規模な2次元アレイプローブの場合、各素子の遅延パターンに関する通信データ量が数十倍となるため、その分の転送時間が必要となる。より短時間で各素子の遅延パターンに関するデータを送信するためには、高速通信を行うか、データ転送レーンを著しく拡張する必要がある。

しかし、高速通信を行うには、CPUのクロック周波数を上げるなど回路規模を増大させなければならない。また、データレーンを拡張するには、ケーブルの本数を増加させなければならない。よって、それぞれ現実的な解決策とはいえない。

【0005】

本実施形態の目的は、従来に比して短時間でデータを転送できる超音波診断装置、超音波プローブおよび超音波診断支援プログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本実施形態に係る超音波診断装置は、超音波プローブと、通信制御部とを含む。超音波プローブは、第1の配列方向と第2の配列方向とに沿って二次元配列された複数の超音波振動子を有する。通信制御部は、前記第2の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの遅延量を示す第1の列遅延データと、前記第1の配列方向に沿った超音波振動子の列ごとの

10

20

30

40

50

遅延量を示す第 2 の列遅延データとを、前記超音波プローブに送信する。前記超音波プローブは、前記送信された前記第 1 の列遅延データと前記第 2 の列遅延データとを用いて、前記複数の超音波振動子のそれぞれの遅延量を設定する設定部をさらに有する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】本実施形態に係る超音波診断装置を示すブロック図。

【図 2】超音波プローブの構成を示すブロック図。

【図 3】送受信 IC の構成を示すブロック図。

【図 4】サブレイユニットの構成を示すブロック図。

【図 5】プランキング時間の概念を示す図。

10

【図 6】送受信 IC において計算される各素子の遅延量の算出に関する概念図。

【図 7】本実施形態で想定する素子の 2 次元配列の一例を示す図。

【図 8】本実施形態に係る超音波診断装置の遅延量設定処理を示すフローチャート。

【図 9】従来手法と本実施形態に係る超音波診断装置での処理との第 1 の比較結果を示す図。

【図 10】従来手法と本実施形態に係る超音波診断装置での処理との第 2 の比較結果を示す図。

【図 11】図 10 におけるメインビームの音圧強度の拡大図。

【図 12】第 2 の実施形態に係る通信制御回路における送信開口の設定の一例を示す図。

【図 13】実施形態の変形例に係る列遅延データについて説明する図。

20

【図 14】MUT (Micromachining Ultrasound Transducer) 素子が 2 次元配列される場合の遅延量の計算について説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を参照しながら本実施形態に係わる超音波診断装置について説明する。以下の実施形態では、同一の参照符号を付した部分は同様の動作をおこなうものとして、重複する説明を適宜省略する。

【0009】

(第 1 の実施形態)

本実施形態に係る超音波診断装置を図 1 のブロック図を参照して説明する。

30

図 1 は、本実施形態に係る超音波診断装置 1 の構成例を示すブロック図である。図 1 に示されるように、超音波診断装置 1 は、本体装置 10 および超音波プローブ 30 を含む。本体装置 10 は、ネットワーク 100 を介して外部装置 40 と接続される。また、本体装置 10 は、表示機器 50 および入力装置 60 と接続される。なお、以下の図では、実線がアナログ信号を示し、破線がデジタル信号を示す。

【0010】

超音波プローブ 30 は、複数の超音波振動子 (以下、単に素子ともいう)、素子に設けられる整合層、及び素子から後方への超音波の伝播を防止するバッキング材等を有する。超音波プローブ 30 は、本体装置 10 と着脱自在に接続される。超音波プローブ 30 の詳細については、後述する。

40

【0011】

図 1 に示される本体装置 10 は、超音波プローブ 30 が受信した反射波信号に基づいて超音波画像を生成する装置である。本体装置 10 は、図 1 に示すように、超音波送信回路 11、超音波受信回路 12、B モード処理回路 13、ドブラ処理回路 14、3 次元処理回路 15、表示処理回路 16、内部記憶回路 17、画像メモリ 18 (シネメモリ)、画像データベース 19、入力インタフェース回路 20、通信インタフェース回路 21 および制御回路 22 を含む。

【0012】

超音波送信回路 11 は、超音波プローブ 30 に駆動信号を供給するプロセッサである。超音波送信回路 11 は、例えば、トリガ発生回路、遅延回路、及びパルサ回路等により実

50

現される。トリガ発生回路は、所定のレート周波数で、送信超音波を形成するための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30から発生される超音波をビーム状に集束して送信指向性を決定するために必要な素子毎の送信遅延時間を、トリガ発生回路が発生する各レートパルスに対し与える。パルサ回路は、レートパルスに基づくタイミングで、超音波プローブ30に駆動信号（駆動パルス）を印加する。遅延回路により各レートパルスに対し与える送信遅延時間を変化させることで、素子面からの送信方向が任意に調整可能となる。

【0013】

超音波受信回路12は、超音波プローブ30が受信した反射波信号に対して各種処理を施し、受信信号を生成するプロセッサである。超音波受信回路12は、例えば、アンプ回路、A/D変換器、受信遅延回路、及び加算器等により実現される。アンプ回路は、超音波プローブ30が受信した反射波信号をチャンネル毎に増幅してゲイン補正処理を行なう。A/D変換器は、ゲイン補正された反射波信号をデジタル信号に変換する。受信遅延回路は、デジタル信号に受信指向性を決定するのに必要な受信遅延時間を与える。加算器は、受信遅延時間が与えられた複数のデジタル信号を加算する。加算器の加算処理により、受信指向性に応じた方向からの反射成分が強調された受信信号が発生する。

10

【0014】

Bモード処理回路13は、超音波受信回路12から受け取った受信信号に基づき、Bモードデータを生成するプロセッサである。Bモード処理回路13は、超音波受信回路12から受け取った受信信号に対して包絡線検波処理、及び対数増幅処理等を施し、信号強度が輝度の明るさで表現されるデータ（以下、Bモードデータ）を生成する。生成されたBモードデータは、超音波走査線上のBモードRAWデータとして不図示のRAWデータメモリに記憶される。なお、BモードRAWデータは、後述の内部記憶回路17に記憶されてもよい。

20

【0015】

ドブラ処理回路14は、超音波受信回路12から受け取った受信信号に基づき、ドブラ波形、及びドブラデータを生成するプロセッサである。ドブラ処理回路14は、受信信号から血流信号を抽出し、抽出した血流信号からドブラ波形を生成すると共に、血流信号から平均速度、分散、及びパワー等の情報を多点について抽出したデータ（以下、ドブラデータ）を生成する。

30

【0016】

3次元処理回路15は、Bモード処理回路13、及びドブラ処理回路14により生成されたデータに基づき、2次元の画像データまたは3次元の画像データ（以下、ボリュームデータともいう）を生成可能なプロセッサである。3次元処理回路15は、RAW-ピクセル変換を実行することで、ピクセルから構成される2次元画像データを生成する。

【0017】

また、3次元処理回路15は、RAWデータメモリに記憶されたBモードRAWデータに対し、空間的な位置情報を加味した補間処理を含むRAW-ボクセル変換を実行することで、所望の範囲のボクセルから構成されるボリュームデータを生成する。3次元処理回路15は、発生したボリュームデータに対してレンダリング処理を施し、レンダリング画像データを生成する。以下、BモードRAWデータ、2次元画像データ、ボリュームデータおよびレンダリング画像データを総称して超音波データとも呼ぶ。

40

【0018】

表示処理回路16は、3次元処理回路15において発生された各種画像データに対し、ダイナミックレンジ、輝度（ブライトネス）、コントラスト、カーブ補正、及びRGB変換等の各種処理を実行することで、画像データをビデオ信号に変換する。表示処理回路16は、ビデオ信号を表示機器50に表示させる。なお、表示処理回路16は、操作者が入力インタフェース回路20により各種指示を入力するためのユーザインタフェース（GUI：Graphical User Interface）を生成し、GUIを表示機器50に表示させてもよい。表示機器50としては、例えば、CRTディスプレイや液晶ディスプレイ、有機ELデ

50

ディスプレイ、LEDディスプレイ、プラズマディスプレイ、又は当技術分野で知られている他の任意のディスプレイが適宜利用可能である。

【0019】

内部記憶回路17は、例えば、磁氣的若しくは光学的記録媒体、又は半導体メモリ等のプロセッサにより読み取り可能な記録媒体等を有する。内部記憶回路17は、本実施形態に係る遅延量設定方法に関する制御プログラム、超音波送受信を実現するための制御プログラム、画像処理を行うための制御プログラム、及び表示処理を行なうための制御プログラム等を記憶している。また、内部記憶回路17は、診断情報（例えば、患者ID、医師の所見等）、診断プロトコル、ボディマーク生成プログラム、及び映像化に用いるカラーデータの範囲を診断部位毎に予め設定する変換テーブル等のデータ群を記憶している。また、内部記憶回路17は、生体内の臓器の構造に関する解剖学図譜、例えば、アトラスを記憶してもよい。

10

【0020】

また、内部記憶回路17は、入力インタフェース回路20を介して入力される記憶操作に従い、3次元処理回路15で発生された2次元画像データ、ボリュームデータ、レンダリング画像データを記憶する。なお、内部記憶回路17は、入力インタフェース回路20を介して入力される記憶操作に従い、3次元処理回路15で発生された2次元画像データ、ボリュームデータ、レンダリング画像データを、操作順番及び操作時間を含めて記憶してもよい。内部記憶回路17は、記憶しているデータを、通信インタフェース回路21を介して外部装置へ転送することも可能である。

20

【0021】

画像メモリ18は、例えば、磁氣的若しくは光学的記録媒体、又は半導体メモリ等のプロセッサにより読み取り可能な記録媒体等を有する。画像メモリ18は、入力インタフェース回路20を介して入力されるフリーズ操作直前の複数フレームに対応する画像データを保存する。画像メモリ18に記憶されている画像データは、例えば、連続表示（シネ表示）される。

【0022】

画像データベース19は、外部装置40から転送される画像データを記憶する。例えば、画像データベース19は、外部装置40に保存される過去の診察において取得された同一患者に関する過去の医用画像データを受け取って記憶する。過去の医用画像データには、超音波画像データ、CT（Computed Tomography）画像データ、MR画像データ、PET（Positron Emission Tomography）-CT画像データ、PET-MR画像データおよびX線画像データが含まれる。

30

【0023】

なお、画像データベース19は、MO、CD-R、DVDなどの記憶媒体（メディア）に記録された画像データを読み込むことで、所望の画像データを格納してもよい。

【0024】

入力インタフェース回路20は、入力装置60を介して、ユーザからの各種指示を受け付ける。入力装置60は、例えば、マウス、キーボード、パネルスイッチ、スライダスイッチ、トラックボール、ロータリーエンコーダ、操作パネルおよびタッチコマンドスクリーン（TCS）である。入力インタフェース回路20は、例えばバスを介して制御回路22に接続され、操作者から入力される操作指示を電気信号へ変換し、電気信号を制御回路22へ出力する。なお、本明細書において入力インタフェース回路20は、マウス及びキーボード等の物理的な操作部品と接続するものだけに限られない。例えば、超音波診断装置1とは別体に設けられた外部の入力機器から入力される操作指示に対応する電気信号を無線信号として受け取り、この電気信号を制御回路22へ出力する電気信号の処理回路も入力インタフェース回路20の例に含まれる。例えば、操作者のジェスチャによる指示に対応する操作指示を無線信号として送信できるような外部の入力機器でもよい。

40

【0025】

通信インタフェース回路21は、ネットワーク100等を介して外部装置40と接続さ

50

れ、外部装置 40 との間でデータ通信を行う。外部装置 40 は、例えば、各種の医用画像のデータを管理するシステムである P A C S (Picture Archiving and Communication System) のデータベース、医用画像が添付された電子カルテを管理する電子カルテシステムのデータベース等である。また、外部装置 40 は、例えば、X 線 C T 装置、及び M R I (Magnetic Resonance Imaging) 装置、核医学診断装置、及び X 線診断装置等、本実施形態に係る超音波診断装置 1 以外の各種医用画像診断装置である。なお、外部装置 40 との通信の規格は、如何なる規格であっても良いが、例えば、D I C O M (digital imaging and communication in medicine) が挙げられる。

【0026】

制御回路 22 は、例えば、超音波診断装置 1 の中枢として機能するプロセッサである。制御回路 22 は、内部記憶回路 17 に記憶されている制御プログラムを実行することで、当該プログラムに対応する機能を実現する。具体的には、制御回路 22 は、列遅延データ生成機能 101 を実行する。

10

【0027】

列遅延データ生成機能 101 を実行することで、制御回路 22 は、2次元配列された素子に関する列遅延データを生成する。列遅延データ及びその生成については、図 6 を参照して後述する。また、制御回路 22 は、システム全体の遅延に関するサブアレイ単位の遅延時間 (サブアレイ遅延データ) を生成し、サブアレイ遅延データをアナログ信号として超音波送信回路 11 に転送する。

【0028】

なお、列遅延データ生成機能 101 は、制御プログラムとして組み込まれていてもよいし、制御回路 22 自体または本体装置 10 に、各機能を実行可能な専用のハードウェア回路が組み込まれていてもよい。

20

【0029】

制御回路 22 は、これら専用のハードウェア回路を組み込んだ特定用途向け集積回路 (Application Specific Integrated Circuit: A S I C)、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ (Field Programmable Logic Device: F P G A)、他の複合プログラマブル論理デバイス (Complex Programmable Logic Device: C P L D)、又は単純プログラマブル論理デバイス (Simple Programmable Logic Device: S P L D) により実現されてもよい。

30

【0030】

次に、本実施形態に係る超音波プローブ 30 の構成について図 2 のブロック図を参照して説明する。

超音波プローブ 30 は、接続部 200 (P O Dともいう) と、ケーブル 230 と、プローブ本体 250 (H E A Dともいう) とを含む。

【0031】

接続部 200 は、本体装置 10 に接続されるコネクタ部分であり、通信制御回路 201 と記憶回路 202 とを含む。プローブ本体 250 は、複数の送受信 I C 251 と、複数の素子 252 を含む。

通信制御回路 201 は、本体装置 10 の超音波送信回路 11 から列遅延データを受け取り、列遅延データを記憶回路 202 に格納する。通信制御回路 201 は、ケーブル 230 を介して、プローブ本体 250 に列遅延データを送信する。

40

記憶回路 202 は、例えばメモリであり、列遅延データを受け取って格納する。

複数の送受信 I C 251 はそれぞれ、通信制御回路 201 から列遅延データを、超音波送信回路 11 から駆動信号を受け取る。複数の送受信 I C 251 はそれぞれ、列遅延データおよび駆動信号に基づいて、自身が制御を行うサブアレイごとの素子の遅延量を設定し、超音波の送受信を所定のタイミングで制御する。

【0032】

複数の素子 252 は、送受信 I C 251 により各素子の遅延量が設定され、遅延量に応じたタイミングで、駆動信号に基づき発生した超音波が生体 P に向けて送信される。

50

超音波プローブ30から生体Pに超音波が送信されると、送信された超音波は、生体Pの体内組織における音響インピーダンスの不連続面で次々と反射され、反射波として複数の素子252にて受信される。受信される反射波の振幅は、超音波が反射される不連続面における音響インピーダンスの差に依存する。なお、送信された超音波パルスが、移動している血流や心臓壁などの表面で反射された場合の反射波は、ドブラ効果により、移動体の超音波送信方向に対する速度成分に依存して、周波数偏移を受ける。超音波プローブ30は、生体Pからの反射波を受信して電気信号に変換して、本体装置10に送信する。

【0033】

次に、送受信IC251の構成について図3のブロック図を参照して説明する。

送受信IC251は、IC制御回路301および複数のサブレイユニット350を含む。

10

【0034】

IC制御回路301は、遅延量設定機能302を実行する。遅延量設定機能302を実行することで、IC制御回路301は、通信制御回路201から取得した列遅延データからサブレイごとにサブレイに属する各素子の遅延量を計算し、複数のサブレイユニット350にそれぞれ設定する。

複数のサブレイユニット350はそれぞれ、超音波送信回路11から駆動信号を、IC制御回路から遅延量をそれぞれ受け取る。複数のサブレイユニット350はそれぞれ、駆動信号および遅延量に基づいて、割り当てられたサブレイ内の素子の超音波送受信のタイミングを制御する。

20

【0035】

次に、サブレイユニット350の詳細について図4のブロック図を参照して説明する。

各サブレイユニット350は、加算回路351と複数の素子送受信回路352とを含む。素子送受信回路352は、チャンネルごとに存在する。素子送受信回路352は、遅延回路401と、送信増幅回路402と、送受分離回路403と、受信増幅回路404とを含む。

【0036】

加算回路351は、遅延回路401により遅延処理された受信信号を加算する。

遅延回路401は、IC制御回路301から遅延量を、超音波送信回路11から駆動信号を、受信増幅回路404から振動子からの受信信号をそれぞれ受け取り、送受信信号に対して遅延量を設定する。

30

送信増幅回路402は、遅延回路401から駆動信号を受け取り、駆動信号を増幅する。

送受分離回路403は、送信に関する駆動信号と、素子で受信したエコー信号とを分離する。

受信増幅回路404は、送受分離回路403からエコー信号を受け取り、エコー信号を増幅する。

【0037】

(各素子の遅延時間の設定処理)

40

次に、本実施形態に係る超音波診断装置によって実現される、各素子の遅延時間の設定について説明する。この設定処理では、第1の配列方向と第2の配列方向とに沿って複数の素子が配列された二次元アレイプローブを用いる場合において、ブランキング時間内に、各方向について素子列単位で決定された遅延データ(列遅延データ)を本体装置10から超音波プローブ30に転送する。超音波プローブ30は、本体装置10から受け取った各方向についての素子列毎の遅延データ、及びサブレイ毎の遅延データを用いて、同一のブランキング時間内に、加算処理で各素子の遅延量を設定することで素子ごとの遅延時間を設定する。これにより、短時間に大規模な二次元アレイ用の遅延データの設定を実現するものである。

【0038】

50

まず、図5および図6を用いて、各素子の遅延時間の設定処理の概略について説明する。

図5は、ブランキング時間と、各ブランキング時間内に実行される遅延時間の設定のための各処理のタイミングを説明するための図である。同図の最上段のタイミングチャートは、本超音波診断装置1の超音波の送受信間隔（PRI：Pulse Repetition Interval）を示している。送受信から次の送受信までの間の期間Tがブランキング時間に相当する。超音波診断装置1では、各ブランキング時間内に、次に送受信すべき2次元アレイ用データ（単にデータともいう）の本体装置10から超音波プローブ30への転送処理、及び超音波プローブ30における各素子の遅延時間の設定処理を終える必要がある。

【0039】

10

なお、図5においては、本体装置10から超音波プローブ30への転送期間に含まれるものとして本体装置10から接続部（POD）への転送期間501及び接続部からプローブ本体（HEAD）への転送期間502を、超音波プローブ30における各素子の遅延時間の設定処理に対応するものとしてプローブ本体250内での転送処理期間503を、それぞれ示してある。

【0040】

図6は、各方向について列遅延データ、及びサブアレイ毎のサブアレイ遅延データの計算手法を説明するための図である。同図において、各マス目は2次元配列された素子位置601に対応しており、説明を簡単にするため、10×10素子の100個の素子を例示している。各素子には、x方向に（0～9）のアドレスが振られ、y方向に（0～9）のアドレスが振られ、各素子がx座標およびy座標で定義できる。例えば、一番左上にある素子のアドレスは（0，0）であり、一番右下にある素子のアドレスは（9，9）である。

20

【0041】

また、5×5素子が1つのサブアレイ602として定義され、サブアレイ602における中心の素子をサブアレイ位置603とする。すなわち、図6の例では4つのサブアレイ602が存在する。生体Pのフォーカス点に対する各素子の遅延量を計算するにあたり、フォーカス点の座標を（ x_f ， y_f ， z_f ）、サブアレイ位置の座標を（ x_s ， y_s ）、および素子位置の座標（ x_e ， y_e ）と定義する。フォーカス点に対するサブアレイ遅延データ d_s は、制御回路22において、式（1）に従って計算される。

30

【0042】

【数1】

$$d_s = \sqrt{(x_s - x_f)^2 + (y_s - y_f)^2 + z_f^2} - \sqrt{x_f^2 + y_f^2 + z_f^2} \quad (1)$$

また、フォーカス点に対するx方向の列遅延データ d_x 、y方向の列遅延データ d_y は、列遅延データ生成機能101において、式（2）および式（3）に従ってそれぞれ計算される。

【0043】

【数2】

$$d_x = \sqrt{(x_e - x_f)^2 + z_f^2} - \sqrt{(x_s - x_f)^2 + z_f^2} \quad (2)$$

40

$$d_y = \sqrt{(y_e - y_f)^2 + z_f^2} - \sqrt{(y_s - y_f)^2 + z_f^2} \quad (3)$$

ここで、列遅延データ d_x は、y方向に配列された素子の列ごとに決定される遅延量であり、列内の素子では同一の遅延量が用られる。同様に、列遅延データ d_y は、y方向に配列された素子の列ごとに決定される遅延量である。

【0044】

上記計算に従えば、同一列内の素子では同一の遅延量が用いられることになる。例えば、x座標が「0」の列、すなわち（0，0）～（0，9）の素子で構成される列は、同一の列遅延データが与えられる。

50

【 0 0 4 5 】

フォーカス点に対する各サブアレイ遅延データ d_s 、 x 方向に関する各列遅延データ d_x 、 y 方向に関する各列遅延データ d_y の計算は、超音波送受信が開始される前に、所定のタイミングで実行され記憶される。列遅延データ生成機能 101 は、当該送信に使用されるべき x 方向に関する列遅延データ d_x 、 y 方向に関する列遅延データ d_y を、図 5 に示した転送期間 501 において接続部 200 (P O D) に転送し、通信制御回路 201 は、受け取った x 方向に関する列遅延データ d_x 、 y 方向に関する列遅延データ d_y を図 5 に示した転送期間 502 においてプローブ本体 250 (H E A D) に転送する。

【 0 0 4 6 】

プローブ本体 250 (H E A D) 内の送受信 I C 251 は、図 5 に示したプローブ本体 250 内での転送処理期間 503 において、各素子のアドレスに応じた x 方向の列遅延データ d_x および y 方向の列遅延データ d_y を加算した値を用いて、サブアレイ内の各素子について遅延量を設定する。送受信 I C 251 は、設定された遅延時間に応じて、素子 252 からの超音波の送受信を制御すればよい。例えば、図 6 に示した素子位置 (1 , 3) については、 x 方向 2 列目 (x 方向のアドレスが 1) の列遅延データ d_{x_1} と、 y 方向 4 列目 (y 方向のアドレスが 3) の列遅延データ d_{y_3} とを加算することで、交点である素子位置 (1 , 3) の遅延量が設定される。素子位置 (1 , 3) の素子を制御する素子送受信回路 352 では、送信時は、本体装置からの駆動信号に算出した素子遅延量に基づいて遅延を掛け、当該素子から超音波を発生させる。受信時は、素子 252 からの受信信号を受信増幅回路 404 で増幅し、算出した遅延量に基づいた遅延を掛けて加算回路 351 に出力する。加算回路 351 の出力は、本体装置 10 の超音波受信回路 12 でサブアレイ遅延 d_s に基づくシステム遅延が掛けられ、さらに加算処理されて超音波ビームが形成される。

10

20

【 0 0 4 7 】

以上が本実施形態に係る遅延時間の設定の概要であるが、当該内容に拘泥されない。例えば、上述では送信のサブアレイ遅延設定はアナログの駆動信号で行われる場合を想定するが、サブアレイ遅延データをデジタル信号として超音波プローブ 30 に送信してもよい。I C 制御回路 301 がサブアレイ遅延データと列遅延データとを用いて素子の遅延時間を計算し、各サブアレイユニット 350 に設定してもよい。

30

【 0 0 4 8 】

次に、本実施形態で想定する素子の 2 次元配列の一例について図 7 を参照して説明する。

図 7 は、本体装置 10 で把握する超音波プローブ内の素子の 2 次元アレイを示す。素子は、 x 方向に 100 素子、 y 方向に 40 素子の計 4000 個が配列される場合を想定する。

【 0 0 4 9 】

サブアレイサイズは、 5×5 素子である。1 つの送受信 I C 251 は、 20×20 素子の入力を有し、400 個の素子の制御を担当する。また、1 つの送受信 I C 251 は、 4×4 のサブアレイ出力を有する。ここでは、 x 方向に 5 つ、 y 方向に 2 つの計 10 個の送受信 I C 251 (I C 0 ~ I C 9) が配置される場合を想定する。各送受信 I C には、データ受信端子とデータ送信端子とがそれぞれ 1 つ備えられ、I C 1 から I C 9 においては、各出力端子が隣の入力端子に接続される。送受信 I C 間では、接続される隣の I C にパケツリレー方式でデータが転送される。具体的には、I C 0 から I C 1 にデータが入力されると、前回のクロックで I C 1 に入力されたデータが I C 2 に転送され、といった順に逐次転送される。

40

【 0 0 5 0 】

なお、図 7 の送受信 I C 251 の配置は、音響アレイ上の配置を示しており、実際には、送受信 I C は一平面に配置されずに超音波プローブ内の上下方向に分散して配置され、F P C (Flexible Printed Circuit) を用いてそれぞれの送受信 I C 251 から信号が引き出されることもある。

50

【 0 0 5 1 】

次に、本実施形態にかかる超音波診断装置の遅延量設定処理について図 8 のフローチャートを参照して説明する。なお、動作の説明として、図 7 の 2 次元アレイに対して処理を行う場合を想定する。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 8 0 1 では、本体装置 1 0 の制御回路 2 2 が、 100×40 素子に対して予め x 方向および y 方向の列遅延データ (d_x, d_y) を計算しておき、計算された列遅延データを接続部 2 0 0 の通信制御回路 2 0 1 に送信する。列遅延データは、列遅延データ d_x として 1 0 0 列分、すなわち $d_x [0 : 99]$ と、列遅延データ d_y として 4 0 列分、すなわち $d_y [0 : 39]$ とを含む。

10

【 0 0 5 3 】

ステップ S 8 0 2 では、通信制御回路 2 0 1 が、列遅延データを記憶回路 2 0 2 に記憶する。通信制御回路 2 0 1 は、データ転送のために列遅延データをプローブ本体 2 5 0 への格納順 (データ転送順) に並び替えてから記憶する。なお、メモリ節約のため、通信制御回路 2 0 1 は、データ格納時には本体装置 1 0 から列遅延データを受け取った順に記憶し、データ転送時に記憶回路 2 0 2 から列遅延データをデータ転送順に抽出するようにしてもよい。

【 0 0 5 4 】

ステップ S 8 0 3 では、通信制御回路 2 0 1 が、送受信アレイのうちデータ転送順の最初の宛先である「IC 9」から順に列遅延データが埋まるように、記憶回路 2 0 2 から「IC 9」宛ての列遅延データを読み出して、プローブ本体に列遅延データを送信する。各送受信 IC では、データ受信端子で列遅延データを受信すると、データ送信端子から 1 クロック前の受信データが出力される。

20

【 0 0 5 5 】

ステップ S 8 0 4 では、通信制御回路 2 0 1 が、全ての送受信 IC に列遅延データを送信完了したかどうかを判定する。当該判定は、例えばデータ転送順の最後の宛先である「IC 9」からイネーブル (enable) 信号を受け取ったかどうかで判定すればよい。ここでは、「IC 9」宛ての列遅延データである ($d_x [80 : 99], d_y [20 : 39]$ の 4 0 個の列遅延データ) から順に送信され、「IC 9」宛ての列遅延データの転送が完了すれば、「IC 8」宛ての列遅延データが転送されるといった具合に、「IC 0」宛ての列遅延データである ($d_x [0 : 19], d_y [0 : 19]$) まで順に送信される。

30

列遅延データの送信が完了した場合、ステップ S 8 0 5 に進み、列遅延データの送信が完了していない場合、ステップ S 8 0 3 に戻り、同様の処理を繰り返す。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 8 0 5 では、送受信 IC 2 5 1 が、図 6 を参照して上述したように、列遅延データに基づいて、各素子の遅延量を設定する。以上で超音波診断装置の遅延量設定処理を終了する。

【 0 0 5 7 】

なお、データレーンを複数に拡張する、すなわちデータ受信端子とデータ送信端子とを複数に拡張することで、列遅延データを並列に転送することができるため、より高速なデータ転送が可能である。

40

【 0 0 5 8 】

次に、従来手法と本実施形態に係る超音波診断装置での処理との第 1 の比較結果を図 9 に示す。

図 9 は、同一のデータ通信量で制御可能な素子のアレイ規模を示し、図 9 (a) が従来手法により制御可能なアレイ規模である。従来手法では、サブアレイの各素子についての遅延データを通信しているため、例えばサブアレイが 20×20 素子であれば、4 0 0 個の遅延データが必要となる。

【 0 0 5 9 】

一方、図 9 (b) が本実施形態に係る転送方法との比較により制御可能なアレイ規模で

50

ある。本実施形態に係る超音波診断装置では、 x 方向および y 方向にそれぞれ20個の列遅延データがあれば、1つサブアレイの全素子について遅延量を算出できるため、 $20 + 20 = 40$ 個の遅延データがあればよい。つまり、従来手法のデータ通信量と同一の通信量の場合、サブアレイ10個分の素子に関する遅延量を通信できる。よって、従来に比して制御可能なアレイ規模を飛躍的に向上させることができる。

【0060】

次に、従来手法と本実施形態に係る超音波診断装置での処理との第2の比較結果を図10に示す。

図10(a)は、チャンネルごとに遅延量を計算した従来手法によるエコー信号の音圧強度を示し、図10(b)は、本実施形態に係る超音波診断装置によるエコー信号の音圧強度を示す。縦軸がアジマス方向の角度を示し、横軸がエレベーション方向の角度を示す。

10

【0061】

図10(a)と図10(b)とを比較すると、図10(b)の方が45度方向のグレーティングローブが多少増加しているが、元々小さいレベルであるため影響は小さい。よって、本実施形態に係る超音波診断装置においても、チャンネルごとに遅延量を計算した従来手法と比較して同等の精度を維持していることが分かる。

【0062】

次に、図10におけるメインビームの音圧強度の拡大図を図11に示す。

図11(a)は、従来手法による結果を示し、図11(b)は、本実施形態に係る超音波診断装置による結果を示す。図11(a)と(b)とを比較しても音圧の低下はほぼ無く、サイドローブにもほとんど影響がない。よって、本実施形態に係る超音波診断装置の遅延量設定方法は、従来手法と比しても分解能に影響はないといえる。

20

【0063】

以上に示した第1の実施形態によれば、2次元アレイの2方向の列遅延データを超音波プローブに転送し、プローブ側で単純な加算処理で各素子の遅延量を設定することで、短時間に大規模な2次元アレイ用の遅延データを設定することができる。すなわち、アレイ規模が増加してもランキング時間内に2次元アレイ制御用データのプローブ本体への転送を完了することができる。

なお、本実施形態に係る超音波診断装置は、システムのチャンネル数が増加した場合などアレイ構造が大規模になるほど、データ通信量の低減効果がさらに向上する点で実益がある。

30

【0064】

(第2の実施形態)

列遅延データによる遅延量の設定方法を用いて送信開口を設定することもできる。

第2の実施形態に係る通信制御回路における送信開口の設定について図12を参照して説明する。

図12は、図7と同様のアレイ構造を示し、送信に用いる素子の領域を示す送信開口1201を併せて示す。

【0065】

本体装置10は、第1の実施形態に係る列遅延データ(d_x , d_y)に加えて、 y 方向に沿った素子の列ごとに、超音波送信に関するオンオフ(on/off)データ a_x (第1のオンオフデータ)と、 x 方向に沿った素子の列ごとに、超音波送信に関するオンオフ(on/off)データ a_y (第2のオンオフデータ)とを通信制御回路201にさらに送信する。オンオフデータ(a_x , a_y)は、例えば1ビットで表せばよく、自身の列が超音波送信に用いられる場合は「1」とし、超音波送信に用いられない場合は「0」とした情報であればよい。列遅延データ $d_x[0:99]$ と $d_y[0:39]$ に加え、第1のオンオフデータとして100列分、すなわち $a_x[0:99]$ と、第2のオンオフデータとして40列分、すなわち $a_y[0:39]$ とが送信される。

40

【0066】

50

通信制御回路 201 は、記憶回路 202 に列遅延データとオンオフデータ (a_x , a_y) とを記憶する。

通信制御回路 201 は、第 1 の実施形態と同様に、IC 9 宛てのオンオフデータ a_x , a_y と列遅延データとから順に送受信 IC 251 に送信する。具体的には、(a_x [80 : 99], a_y [20 : 39], d_x [80 : 99], d_y [20 : 39]) から順に (a_x [80 : 99], a_y [20 : 39], d_x [0 : 19], d_y [0 : 19]) まで送信する。

【0067】

送受信 IC 251 は、オンオフデータ a_x とオンオフデータ a_y との乗算 (ビット演算の AND 演算) $a_x * a_y$ を行うことにより、超音波送信に用いる素子を設定することができる。具体的には、オンオフデータ a_x とオンオフデータ a_y との AND 演算を行い、値が「1」、すなわちオンオフデータ a_x とオンオフデータ a_y とが共に「1」である場合のみ、該当する素子を超音波送信に用いると設定すればよい。2次元アレイの全素子について AND 演算を行うことにより、送信開口 1201 を得ることができる。

10

【0068】

以上に示した第 2 の実施形態によれば、x 方向 (アジマス方向) および y 方向 (エレベーション方向) におけるオンオフデータを送信し、超音波プローブ本体で AND 演算を行う。これによって、従来に比して、チャンネルごとの送信開口を設定するためのデータを短時間で超音波プローブに転送できる。

【0069】

なお、上述の実施形態では、通信制御回路 201 および記憶回路 202 は、本体装置 10 に接続される接続部に含まれる場合について説明したが、これに限らず、通信制御回路 201 および記憶回路 202 は、本体装置 10 に含まれてもよい。

20

また、本実施形態に係る本体装置 10 に含まれる構成と通信制御回路 201 および記憶回路 202 とが、プローブ本体 250 内に含まれてもよい。この場合、プローブ本体 250 は、超音波画像を表示するための表示機器 50 (ディスプレイ、タブレット端末、スマートフォンなど) と、USB (Universal Serial Bus) または無線で接続されてもよい。

【0070】

(実施形態の変形例)

上述の実施形態では、列遅延データとして、素子の配列方向にそった列遅延データ d_x 及び d_y が用いられることを想定しているが、これに限らず、対角線の列遅延データを更に用いて遅延量を算出してもよい。

30

列遅延データ生成機能 101 は、上述の列遅延データの右上がりの対角線上に存在する素子の列に関する列遅延データ (d_r) と左上がりの対角線上に存在する素子の列に関する列遅延データ (d_l) を計算すればよい。

【0071】

具体例として、4つの列遅延データについて図 13 を参照して説明する。図 13 は、図 6 に示すサブアレイ 602 の 1 つを示す。

ここで、便宜上、列遅延データ d_r について、アドレス (0, 0) の素子が存在する対角線の列遅延データは d_{r_0} 、アドレス (0, 1) 及び (1, 0) の素子が存在する対角線の列遅延データは d_{r_1} 、といった基準で名付ける。同様に、列遅延データ d_l について、アドレス (0, 4) の素子が存在する対角線上の列遅延データは、 d_{l_0} 、アドレス (0, 3) 及び (1, 4) の素子が存在する対角線の列遅延データは、 d_{l_1} といった基準で名付ける。

40

【0072】

送受信 IC 251 は、各素子のアドレスに応じた 4 つの列遅延データ d_x 、 d_y 、 d_r 及び d_l を加算した値を用いて、サブアレイ内の各素子について遅延量を設定すればよい。

具体的に、アドレス (1, 3) の素子の遅延量を求める場合を想定する。送受信 IC 251 は、列遅延データ d_{x_1} 、列遅延データ d_{y_3} 、対角線の列遅延データ d_{r_4} 、及び

50

対角線の列遅延データ d_{l_3} を加算した値を用いて、サブアレイ内の各素子について遅延量を設定すればよい。

このように、4方向の列遅延データを用いて遅延量が計算されることで、2つの列遅延データを用いる場合と比較して、より高精度に遅延量を推定できる。

なお、列遅延データ d_x 及び d_y を用いずに、列遅延データ d_r 及び d_l の2つの列遅延データを加算して素子の遅延量を計算してもよい。

【0073】

また、上述の実施形態では、複数の素子が四角形状に2次元配列された場合を例に説明したが、これに限られない。

例えば、半導体プロセスにより、複数のMUT (Micromachining Ultrasound Transducer) 素子がそれぞれ六角形状に形成される場合であってもよい。

MUT素子は、CMUT (Capacitive MUT: 静電容量型トランスデューサ) 素子、又はPMUT (Piezoelectric MUT: 圧電型トランスデューサ) 素子のいずれも可能である。

【0074】

六角形状のMUT素子が2次元配列される場合の遅延量の計算について、図14を参照して説明する。

図14は、六角形状のMUT素子1401の配列パターンを示す。説明の便宜上、 x 方向及び y 方向を定義し、それぞれMUT素子に識別子(ID)を定義する。

例えば、斜線で示されたID「5」のMUT素子1401の遅延量を求める場合、送受信IC251は、3方向の列遅延データを加算することで算出されればよい。具体的には、1つ目は、 y 方向に存在するMUT素子1401 (ID = 4, 5, 6, 7) に関する列遅延データ d_1 である。2つ目は、右上がりの列方向に存在するMUT素子1401 (ID = 2, 5, 8) に関する列遅延データ d_2 である。3つ目は、左上がりの列方向に存在するMUT素子1401 (ID = 1, 5, 9) に関する列遅延データ d_3 である。

なお、図14に示すような複数のMUT素子がまとまって図6に示す1つの素子の役割を担う場合は、当該1つの素子に対し、上述の実施形態に従った列遅延データ d_x 及び d_y (4方向であれば d_x 、 d_y 、 d_r 及び d_l) を用いて遅延量が計算されればよい。

【0075】

上述の実施形態に係る各機能は、当該処理を実行するプログラムをワークステーション等のコンピュータにインストールし、これらをメモリ上で展開することによっても実現することができる。このとき、コンピュータに当該手法を実行させることのできるプログラムは、磁気ディスク(ハードディスクなど)、光ディスク(CD-ROM、DVDなど)、半導体メモリなどの記憶媒体に格納して頒布することも可能である。

【0076】

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。これら新規な実施形態は、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ともに、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。

【符号の説明】

【0077】

1・・・超音波診断装置、10・・・本体装置、11・・・超音波送信回路、12・・・超音波受信回路、13・・・Bモード処理回路、14・・・ドプラ処理回路、15・・・次元処理回路、16・・・表示処理回路、17・・・内部記憶回路、18・・・画像メモリ、19・・・画像データベース、20・・・入力インタフェース回路、21・・・通信インタフェース回路、22・・・制御回路、30・・・超音波プローブ、40・・・外部装置、50・・・表示機器、60・・・入力装置、100・・・ネットワーク、101

10

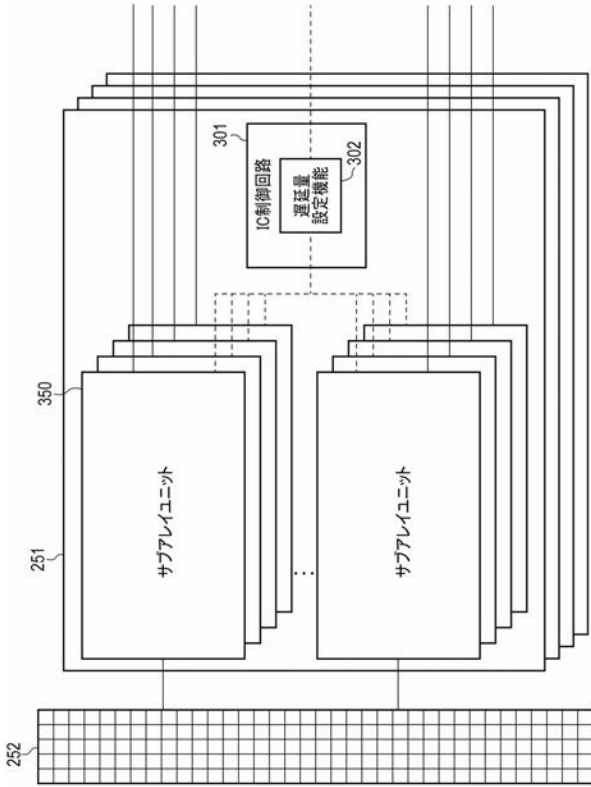
20

30

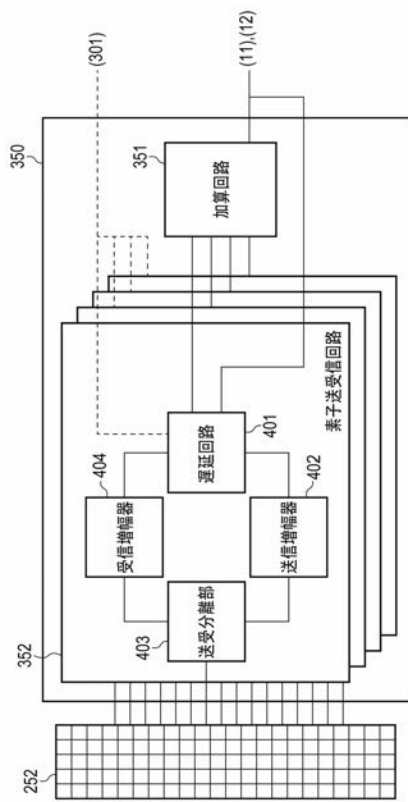
40

50

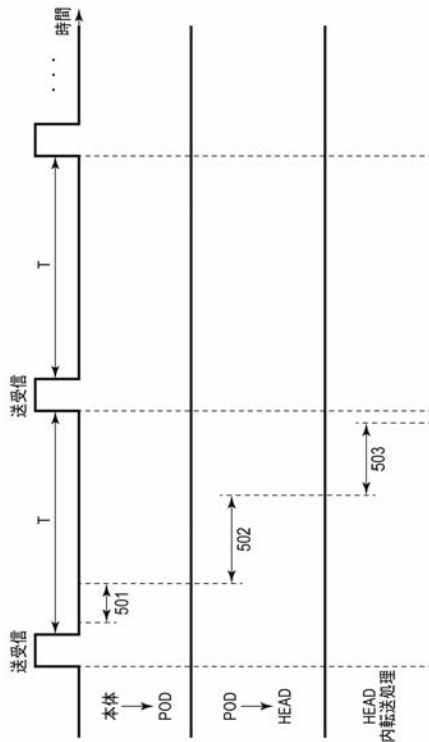
【 図 3 】



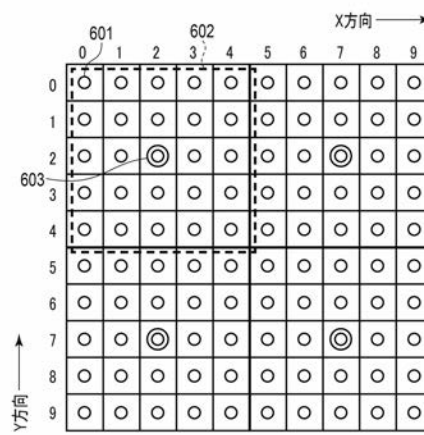
【 図 4 】



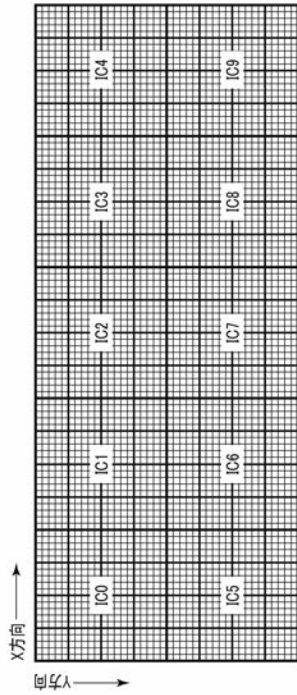
【 図 5 】



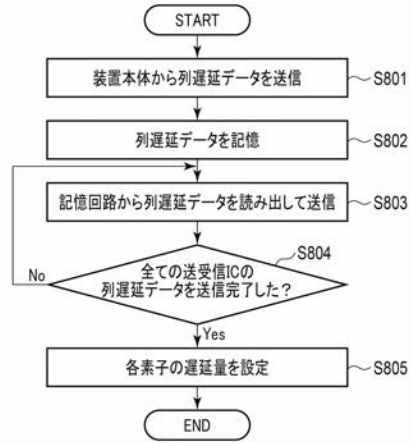
【 図 6 】



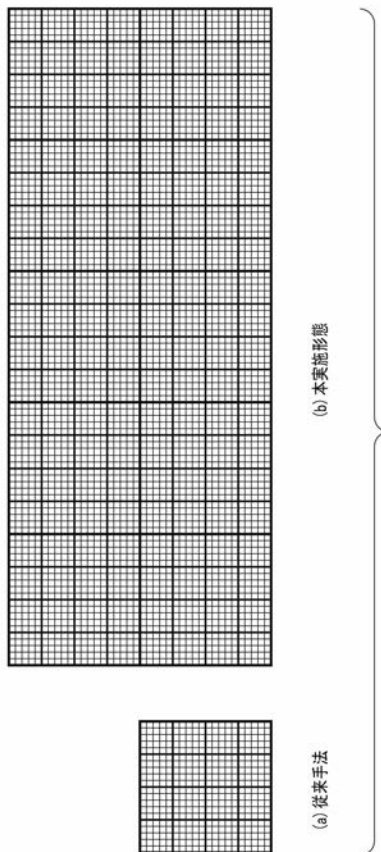
【 図 7 】



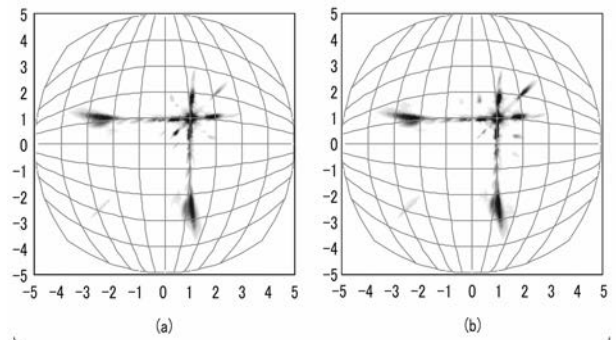
【 図 8 】



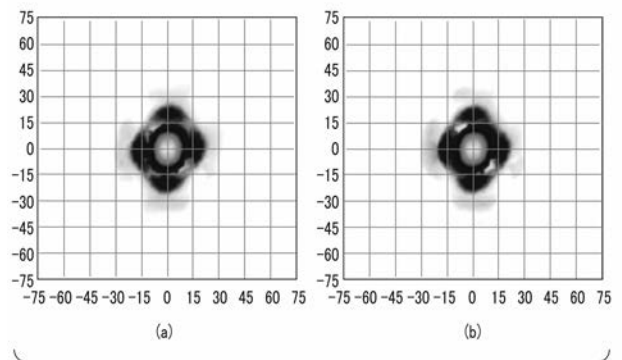
【 図 9 】



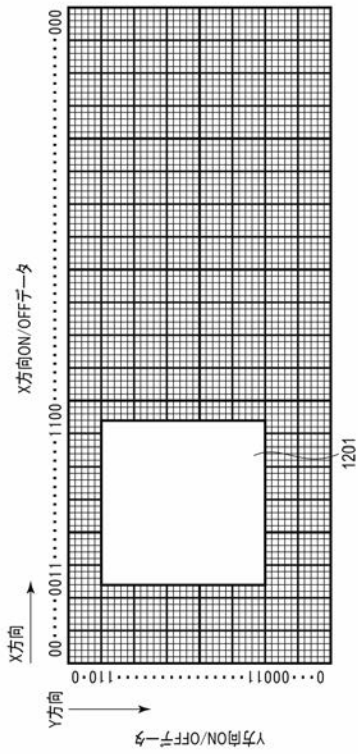
【 図 10 】



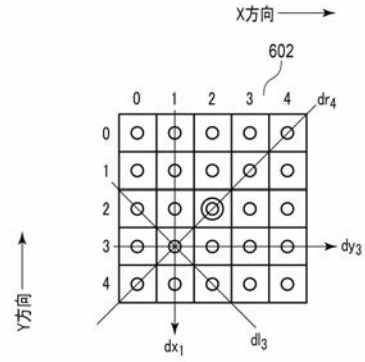
【 図 11 】



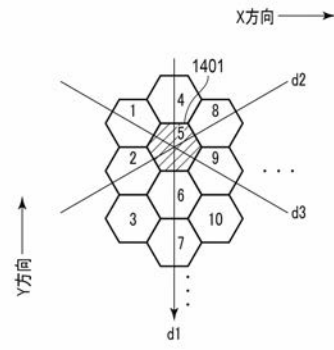
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 四方 浩之

栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 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 GB06 GB20 HH22 JB01

