

(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2015-71028
(P2015-71028A)

(43) 公開日 平成27年4月16日(2015.4.16)

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)

F I
A61B 8/00

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2014-129971 (P2014-129971)
(22) 出願日 平成26年6月25日(2014.6.25)
(31) 優先権主張番号 特願2013-183798 (P2013-183798)
(32) 優先日 平成25年9月5日(2013.9.5)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(74) 代理人 100095728
弁理士 上柳 雅誉
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(72) 発明者 渡邊 亮基
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(72) 発明者 林 正樹
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

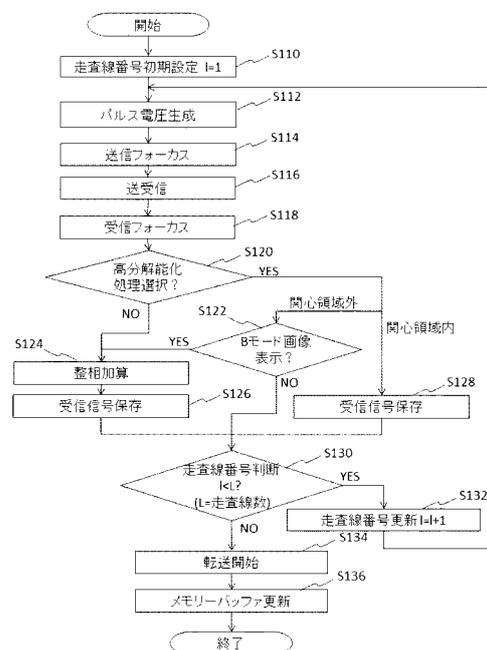
(54) 【発明の名称】 超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法

(57) 【要約】

【課題】 高速化と高分解能化とを両立させた、使い勝手の良い超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法を提供する。

【解決手段】 超音波エコーを超音波素子アレイで受信した受信信号を固定値の重みで加算して画像を生成し、生成された画像が表示される範囲内に關心領域を設定する。關心領域が取得されると、關心領域に表示される画像の基となるデータについては、超音波素子アレイで受信した受信信号を受信信号に応じた重みで加算して画像生成を行う。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のチャンネルを備えた超音波素子アレイから対象物に送信された超音波に対する超音波エコーを前記超音波素子アレイで受信した受信信号に基づいて画像を生成する画像処理部と、

前記生成された画像が表示される範囲内に關心領域を設定する關心領域設定部と、
を備え、

前記画像処理部は、前記關心領域が設定されると、前記關心領域に表示される画像の基となるデータについては、前記複数のチャンネルにおける各チャンネルの受信信号を、当該各チャンネルの受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行う

10

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波測定装置であって、

前記画像処理部は、前記各チャンネルの受信信号に応じた重みを、前記各チャンネルの受信信号に応じた重みと、前記対象物から前記各チャンネルまでの直線距離に応じた遅延時間後における前記各チャンネルの出力信号と、を乗算した結果の分散が最小となるように求める

ことを特徴とする超音波測定装置。

20

【請求項 3】

複数のチャンネルを備えた超音波素子アレイから対象物に送信された超音波に対する超音波エコーを前記超音波素子アレイで受信した受信信号に基づいて画像を生成する画像処理部と、

前記生成された画像を表示する表示部と、

前記生成された画像が表示される範囲内に關心領域を設定する關心領域設定部と、
を備え、

前記画像処理部は、前記關心領域が設定されると、前記關心領域に表示される画像の基となるデータについては、前記複数のチャンネルにおける各チャンネルの受信信号を、当該各チャンネルの受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行う

30

ことを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の超音波画像装置であって、

前記表示部に表示された画像上における任意の点又は領域の入力を受け付ける領域入力部を備え、

前記關心領域設定部は、前記入力された任意の点又は領域に基づいて關心領域を設定する

ことを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の超音波画像装置であって、

40

前記領域入力部は、所望のフレームレートの入力を受け付け、

前記關心領域設定部は、前記所望のフレームレート以上のフレームレートで画像の生成が可能となる大きさで前記關心領域を設定する

ことを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 6】

請求項 3 から 5 のいずれか一項に記載の超音波画像装置であって、

前記關心領域設定部は、矩形、台形又は扇形の領域を前記關心領域として設定し、当該矩形、台形又は扇形の領域を 4 隅の座標により特定する

ことを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 7】

50

請求項 3 から 5 のいずれか一項に記載の超音波画像装置であって、
前記関心領域設定部は、円形又は楕円形の領域を前記関心領域として設定し、当該円形又は楕円形の領域を中心の座標及び径により特定することを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 8】

請求項 4 から 7 のいずれか一項に記載の超音波画像装置であって、
前記表示部は、生成された画像に重ねて又は前記生成された画像に代えて、前記設定された関心領域を示す情報を表示し、
前記領域入力部は、前記関心領域を示す情報の変更入力を受け付け、
前記関心領域設定部は、前記変更入力を受け付けられた関心領域を示す情報に基づいて関心領域を設定することを特徴とする超音波画像装置。

10

【請求項 9】

請求項 3 から 8 のいずれか一項に記載の超音波画像装置であって、
前記関心領域に表示される画像の基となるデータ以外のデータについては、前記取得した受信信号をあらかじめ算出していた重みで加算する整相加算回路を備えることを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 10】

対象物に送信された超音波に対する超音波エコーを受信した受信信号に基づいて画像を生成するステップと、
前記生成された画像が表示される範囲内に関心領域を設定するステップと、
前記関心領域が設定されると、前記関心領域に表示される画像の基となるデータについては、前記受信信号を、当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行うステップと、
を有することを特徴とする超音波測定方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

特許文献 1 には、被検体内を伝播してきた超音波を複数の超音波変換素子で受信することにより得られたアナログ信号を用いて被検体内の画像データを生成する測定装置であって、アナログ信号をデジタル信号に変換する信号変換部と、デジタル信号に適応型信号処理を行い、画像情報を生成する演算手段と、信号変換部から演算手段に転送されるデジタル信号のデータ量を削減するデータ間引き手段と、を有することで、高速な信号処理を可能とすることが記載されている。

【0003】

特許文献 2 には、複数の音響波受信素子による受信信号の位相を揃える整相部と、位相が揃えられた受信信号を複素信号化する複素信号化部と、複素信号の相関行列を計算する相関行列計算部と、相関行列と予め定められた拘束ベクトルとを用いて受信信号の拘束付最小電力を計算する電力計算部とを有し、相関行列計算部は、所定の周期で前記相関行列を計算して電力計算部に順次出力するものであり、電力計算部は、入力された相関行列のそれぞれを用いた拘束付最小電力計算を並行的に行うものである音響波イメージング装置が記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2011 - 5237 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 217998 号公報

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

特許文献1に記載の発明では、隣接する素子間のデジタル信号を加算することで、データ量を間引いて計算処理を高速化するが、一定の画質劣化は避けられないという問題がある。

【0006】

特許文献2に記載の発明では、記憶回路と計算回路を複数持ち、並列演算することで計算速度を改善する方法を提案しているが、回路規模が大きくなり、消費電力が増大したり、発熱したりするという問題がある。

10

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、高速化と高分解能化とを両立させた、使い勝手の良い超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

上記の課題を解決するための本発明の第一の態様は、超音波測定装置であって、複数のチャンネルを備えた超音波素子アレイから対象物に送信された超音波に対する超音波エコーを前記超音波素子アレイで受信した受信信号に基づいて画像を生成する画像処理部と、前記生成された画像が表示される範囲内に關心領域を設定する關心領域設定部と、を備え、前記画像処理部は、前記關心領域が設定されると、前記關心領域に表示される画像の基となるデータについては、前記複数のチャンネルにおける各チャンネルの受信信号を、当該各チャンネルの受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行うことを特徴とする。

20

【0009】

第一の態様によれば、超音波エコーを超音波素子アレイで受信した受信信号に基づいて画像を生成し、生成された画像が表示される範囲内に關心領域を設定する。關心領域が取得されると、關心領域に表示される画像の基となるデータについては、各チャンネルの受信信号を受信信号に応じた重みで加算して画像生成を行う。これにより、高速化と高分解能化とを両立させ、使い勝手を良くすることができる。

30

【0010】

ここで、前記各チャンネルの受信信号に応じた重みを、前記各チャンネルの受信信号に応じた重みと、前記対象物から前記各チャンネルまでの直線距離に応じた遅延時間後における前記各チャンネルの出力信号と、を乗算した結果の分散が最小となるように求めてもよい。これにより、方向に拘束をつけて不要波に関して感度を持たないようにするため、不要波による方位分解能の低下という問題を改善することができる。

【0011】

設定されると、前記關心領域に表示される画像の基となるデータについては、前記複数のチャンネルにおける各チャンネルの受信信号を、当該各チャンネルの受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行うことを特徴とする。これにより、高速化と高分解能化とを両立させ、使い勝手を良くすることができる。

40

【0012】

ここで、前記表示部に表示された画像上における任意の点又は領域の入力を受け付ける領域入力部を備え、前記關心領域設定部は、前記入力された任意の点又は領域に基づいて關心領域を設定してもよい。これにより、ユーザーが關心領域の位置、大きさ、形状等を選択することができる。

【0013】

ここで、前記領域入力部は、所望のフレームレートの入力を受け付け、前記關心領域設定部は、前記所望のフレームレート以上のフレームレートで画像の生成が可能となる大きさで前記關心領域を設定してもよい。これにより、ユーザーは任意のフレームレートで画

50

像を生成することができる。

【0014】

ここで、前記関心領域設定部は、矩形、台形又は扇形の領域を前記関心領域として設定し、当該矩形、台形又は扇形の領域を4隅の座標により特定してもよい。これにより、超音波素子アレイの形態（例えば、リニアスキャンが可能な超音波素子アレイ、コンベックスキャンが可能な超音波素子アレイ等）に応じた形状の関心領域を設定することができる。

【0015】

ここで、関心領域設定部は、円形又は楕円形の領域を前記関心領域として設定し、当該円形又は楕円形の領域を中心の座標及び径により特定してもよい。これにより、最低限の大きさの関心領域を設定することができる。

10

【0016】

ここで、前記表示部は、生成された画像に重ねて又は前記生成された画像に代えて、前記設定された関心領域を示す情報を表示し、前記領域入力部は、前記関心領域を示す情報の変更入力を受け付け、前記関心領域設定部は、前記変更入力を受け付けられた関心領域を示す情報に基づいて関心領域を設定してもよい。これにより、画像の大きさと、関心領域の大きさとを比較でき、ユーザーが容易に関心領域の位置、大きさ、形状等を選択することができる。

【0017】

ここで、前記関心領域に表示される画像の基となるデータ以外のデータについては、前記取得した受信信号をあらかじめ算出していた重みで加算する整相加算回路を備えてもよい。これにより、画像を見たときの違和感を減らすことができる。

20

【0018】

上記の課題を解決するための本発明の第三の態様は、超音波測定方法であって、対象物に送信された超音波に対する超音波エコーを受信した受信信号に基づいて画像を生成するステップと、前記生成された画像が表示される範囲内に関心領域を設定するステップと、前記関心領域が取得されると、前記関心領域に表示される画像の基となるデータについては、前記受信信号を、当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行うステップと、を有することを特徴とする。これにより、高速化と高分解能化とを両立させ、使い勝手を良くすることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波画像装置1の概略構成を示す斜視図である。

【図2】超音波トランスデューサー素子の概略構成の一例を示す図である。

【図3】超音波トランスデューサーデバイス（素子チップ）の構成例を示す図である。

【図4】超音波トランスデューサー素子群UG（UG1～UG64）の例を示す図であり、（A）は素子列数が4列の場合を示し、（B）は素子列数が1列の場合を示す。

【図5】超音波画像装置1の機能構成の一例を示すブロック図である。

【図6】各チャンネルに届く信号の遅延を説明する図である。

40

【図7】表示部に表示される関心領域を示す情報の一例を示す図である。

【図8】超音波測定装置本体の概略構成の一例を示す図である。

【図9】超音波プローブ10の処理の流れを示すフローチャートである。

【図10】関心領域の態様を示す図である。

【図11】帯状の関心領域を設定する場合における関心領域の位置、大きさの特定を示す図である。

【図12】矩形の関心領域を設定する場合における関心領域の位置、大きさの特定を示す図である。

【図13】帯状の関心領域を設定する場合における関心領域の位置、大きさの特定を示す図である。

50

【図14】円形の関心領域を設定する場合における関心領域の位置、大きさの特定を示す図である。

【図15】超音波測定装置本体20の処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の各実施形態について、図面を参照して説明する。

【0021】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波画像装置1の概観を示す図である。超音波画像装置1は、例えばハンディタイプの超音波測定装置である。超音波画像装置1は、主として、超音波プローブ10と、超音波測定装置本体20とを有し、超音波プローブ10と超音波測定装置本体20とはケーブル15により接続される。なお、超音波画像装置1は、ハンディタイプには限定されず、例えば据え置きタイプでもよいし、超音波プローブが本体に内蔵された一体型でもよい。

10

【0022】

また、超音波画像装置1は、リニアスキャン及びセクタスキャンが可能な超音波素子アレイを使用しており、電子フォーカスを採用している。リニアスキャンの場合には、開口を分割し、分割した開口で送受信を行い、ラインを生成していく。また、セクタスキャンの場合には、全開口を使用し、ビームの方向を変えながらラインを生成していく。以下、超音波画像装置1がリニアスキャンを行う場合を例に説明する。

【0023】

超音波プローブ10は、超音波トランスデューサーデバイス11を有する。超音波トランスデューサーデバイス11は、走査面に沿って対象物をスキャンしながら、対象物に対して超音波ビームを送信すると共に、超音波ビームによる超音波エコーを受信する。

20

【0024】

圧電素子を用いるタイプを例にとれば、超音波トランスデューサーデバイス11は、複数の超音波トランスデューサー素子12（超音波素子アレイ、図2等参照）と、複数の開口がアレイ状に配置された基板とを有する。

【0025】

図2は、超音波トランスデューサーデバイス11の超音波トランスデューサー素子12の構成例を示す。本実施の形態では、超音波トランスデューサー素子12として、薄手の圧電素子と金属板（振動膜）とを張り合わせたモノモルフ（ユニモルフ）構造を採用する。

30

【0026】

図2(A)～(C)に、超音波トランスデューサーデバイス11の超音波トランスデューサー素子12の構成例を示す。図2(A)は、基板（シリコン基板）60に形成された超音波トランスデューサー素子12の、素子形成面側の基板60に垂直な方向から見た平面図である。図2(B)は、図2(A)のA-A'に沿った断面を示す断面図である。図2(C)は、図2(A)のB-B'に沿った断面を示す断面図である。

【0027】

超音波トランスデューサー素子12は、圧電素子部と、振動膜（メンブレン、支持部材）50とを有する。圧電素子部は、主として、圧電体層（圧電体膜）30と、第1電極層（下部電極）31と、第2電極層（上部電極）32とを有する。

40

【0028】

圧電体層30は、例えばPZT（ジルコン酸チタン酸鉛）薄膜により形成され、第1電極層31の少なくとも一部を覆うように設けられる。なお、圧電体層30の材料は、PZTに限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛（ $PbTiO_3$ ）、ジルコン酸鉛（ $PbZrO_3$ ）、チタン酸鉛ランタン（ $(Pb, La)TiO_3$ ）などを用いてもよい。

【0029】

第1電極層31は、振動膜50の上層に、例えば金属薄膜で形成される。この第1電極層31は、図2(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トラ

50

ンスドューサー素子 12 に接続される配線であってもよい。

【0030】

第2電極層32は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層30の少なくとも一部を覆うように設けられる。この第2電極層32は、図2(A)に示すように、素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスドューサー素子12に接続される配線であってもよい。

【0031】

超音波トランスドューサー素子12の下部電極は、第1電極層31により形成され、上部電極は、第2電極層32により形成される。具体的には、第1電極層31のうちの圧電体層30に覆われた部分が下部電極を形成し、第2電極層32のうちの圧電体層30を覆う部分が上部電極を形成する。即ち、圧電体層30は、下部電極と上部電極に挟まれて設けられる。

【0032】

開口40は、基板60の裏面(素子が形成されない面)側から反応性イオンエッチング(RIE)等によりエッチングすることで形成される。この開口40のサイズによって超音波の共振周波数が決定され、その超音波は圧電体層30側(図2(A)において紙面奥から手前方向)に放射される。

【0033】

振動膜50は、例えばSiO₂薄膜とZrO₂薄膜との2層構造により開口40を塞ぐように設けられる。この振動膜50は、圧電体層30及び第1、第2電極層31、32を支持すると共に、圧電体層30の伸縮に従って振動し、超音波を発生させる。

【0034】

図3に、超音波トランスドューサーデバイス(素子チップ)の構成例を示す。本構成例の超音波トランスドューサーデバイスは、複数の超音波トランスドューサー素子群UG1~UG64、駆動電極線DL1~DL64(広義には第1~第mの駆動電極線。mは2以上の整数)、コモン電極線CL1~CL8(広義には第1~第nのコモン電極線。nは2以上の整数)を含む。なお、駆動電極線の本数(m)やコモン電極線の本数(n)は、図3に示す本数には限定されない。

【0035】

複数の超音波トランスドューサー素子群UG1~UG64は、第2の方向D2(スキャン方向)に沿って64列に配置される。UG1~UG64の各超音波トランスドューサー素子群は、第1の方向D1(スライス方向)に沿って配置される複数の超音波トランスドューサー素子を有する。

【0036】

図4(A)に、超音波トランスドューサー素子群UG(UG1~UG64)の例を示す。図4(A)では、超音波トランスドューサー素子群UGは第1~第4の素子列により構成される。第1の素子列は、第1の方向D1に沿って配置される超音波トランスドューサー素子UE11~UE18により構成され、第2の素子列は、第1の方向D1に沿って配置される超音波トランスドューサー素子UE21~UE28により構成される。第3の素子列(UE31~UE38)、第4の素子列(UE41~UE48)も同様である。これらの第1~第4の素子列には、駆動電極線DL(DL1~DL64)が共通接続される。また、第1~第4の素子列の超音波トランスドューサー素子にはコモン電極線CL1~CL8が接続される。

【0037】

そして図4(A)の超音波トランスドューサー素子群UGが、超音波トランスドューサーデバイスの1チャンネルを構成する。即ち、駆動電極線DLが1チャンネルの駆動電極線に相当し、送信回路からの1チャンネルの送信信号は駆動電極線DLに入力される。また駆動電極線DLらの1チャンネルの受信信号は駆動電極線DLから出力される。なお、1チャンネルを構成する素子列数は図4(A)に示すような4列には限定されず、4列よりも少なくてもよいし、4列よりも多くてもよい。例えば図4(B)に示すように、素子

10

20

30

40

50

列数は1列であってもよい。

【0038】

図3の説明に戻る。駆動電極線DL1~DL64(第1~第mの駆動電極線)は、第1の方向D1に沿って配線される。駆動電極線DL1~DL64のうちの第i(iは1~mである整数)の駆動電極線DLiは、第iの超音波トランスデューサー素子群UGiの超音波トランスデューサー素子UEが有する下部電極に接続される。

【0039】

超音波を出射する送信期間には、送信信号VT1~VT64が駆動電極線DL1~DL64を介して超音波トランスデューサー素子UEに供給される。また、超音波エコー信号を受信する受信期間には、超音波トランスデューサー素子UEからの受信信号VR1~VR64が駆動電極線DL1~DL64を介して出力される。

10

【0040】

コモン電極線CL1~CL8(第1~第nのコモン電極線)は、第2の方向D2に沿って配線される。超音波トランスデューサー素子UEが有する第2の電極は、コモン電極線CL1~CL8のうちのいずれかに接続される。具体的には、例えば図3に示すように、コモン電極線CL1~CL8のうちの第j(jは1~mである整数)のコモン電極線CLjは、第j行に配置される超音波トランスデューサー素子が有する上部電極に接続される。

【0041】

コモン電極線CL1~CL8には、コモン電圧VCOMが供給される。このコモン電圧VCOMは一定の直流電圧であればよく、0V、即ちグランド電位(接地電位)でなくてもよい。

20

そして送信期間では、送信信号電圧とコモン電圧との差の電圧が超音波トランスデューサー素子UEに印加され、所定の周波数の超音波が放射される。

【0042】

なお、超音波トランスデューサー素子UEの配置は、図3に示すマトリクス配置に限定されず、隣接する2列の素子が互い違いにジグザグに配置されるいわゆる千鳥配置等であってもよい。また図4(A)、(B)では、1つの超音波トランスデューサー素子が送信素子及び受信素子の両方に兼用される場合について示したが、本実施形態はこれに限定されない。例えば、送信素子用の超音波トランスデューサー素子、受信素子用の超音波トランスデューサー素子を別々に設けて、アレイ状に配置してもよい。

30

【0043】

また、超音波トランスデューサー素子12は、圧電素子を用いる形態に限定されない。例えば、c-MUT(Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducers)等の容量性素子を用いるトランスデューサーを採用してもよいし、パルクタイプのトランスデューサーを採用してもよい。

【0044】

図1の説明に戻る。超音波測定装置本体20には、表示部21が設けられる。表示部21は、画像処理部130(図5参照)により生成された表示用画像データを表示する。表示部21は、例えば、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、電子ペーパー等を用いることができる。

40

【0045】

図5は、超音波画像装置1の機能構成の一例を示すブロック図である。超音波プローブ10内には、主として、送信処理部110と、送受信制御回路115と、受信処理部120とが設けられる。超音波測定装置本体20内には、主として、画像処理部130と、表示制御部140とが設けられる。なお、本実施の形態では、受信処理部120は超音波プローブ10内に設けられているが、超音波測定装置本体20に設けられていてもよい。

【0046】

送信処理部110は、超音波トランスデューサー素子12から対象物に対して超音波を送信する処理を行う。送信処理部110は、送信パルス発生器111と、送信遅延回路1

50

13とを含む。

【0047】

送信パルス発生器111は、送信パルス電圧を印加して超音波トランスデューサー素子12を駆動させる。

【0048】

送信遅延回路113は、送波フォーカシング制御を行い、超音波トランスデューサー素子12が生成されたパルス電圧に対応する超音波ビームを対象物に対して出射する。そのために、送信遅延回路113は、送信パルス電圧の印加タイミングに関して、チャンネル間で時間差を与え、複数の振動素子から発生した超音波を集束させる。このように、遅延時間を変化させることにより、焦点距離を任意に変化させることが可能である。

10

【0049】

送受信制御回路115は、送信処理部110を制御し、所定のフレームレートで超音波トランスデューサー素子12から対象物に対して超音波を送信させる。所定のフレームレートは、ユーザーにより領域入力部22から入力（後に詳述）されてもよいし、関心領域設定部126で算出（後に詳述）されてもよい。

【0050】

また、送受信制御回路115は、超音波の送受信の切り替え処理を行う。送受信制御回路115は、送信時の振幅パルスが受信処理部120に入力されないように保護する。超音波トランスデューサー素子12は、送信した超音波に対する超音波エコーの受信波（以下、受信波という）を送信時と同じフレームレートで受信し、送受信制御回路115は、この結果（受信信号）を受信処理部120に通す。

20

【0051】

受信処理部120は、受信信号を取得して受信処理を行う。受信処理部120は、主として、受信遅延回路121と、スイッチング回路122と、整相加算回路123と、転送部124、125と、関心領域設定部126と、受信制御部127と、を有する。

【0052】

受信遅延回路121は、各チャンネルで受信した信号の位相がそろうように、各チャンネルで受信した信号にディレイ時間（遅延時間） D_m の遅延をかける。ある反射体からの反射波は球面上に広がるため、受信遅延回路121は、各振動子に到達する時間が同じになるように遅延時間を与え、遅延時間を考慮して反射波を加算する。

30

【0053】

チャンネルの総数がM個である場合に、m番目のチャンネルの出力信号 X_m は数式(1)で求められる。また、各チャンネルの出力信号をベクトル表記で表すと、式(2)のようになる。ここで、 x_m はm番目のチャンネルの受信信号であり、nはサンプル番号（即ち、画像における深さ）を示す。

【0054】

【数1】

$$X_m = x_m[n - D_m[n]] \quad \dots (1)$$

40

$$\mathbf{X}[n] = \begin{bmatrix} x_1[n - D_1[n]] \\ x_2[n - D_2[n]] \\ \vdots \\ x_M[n - D_M[n]] \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

【0055】

図6に示すように、超音波トランスデューサーデバイス11から深さ方向Zにある反射物（対象物）から反射した超音波は、球面波となって各チャンネルに到達する。従って、

50

反射信号が各チャンネルの素子に到達する時間は、反射物から各チャンネルまでの直線距離 q_m で決まり、反射物から遠い素子ほど超音波が遅延して届く。素子ごとの到達時間 D'_m は、式(3)に示すように幾何学的に求められ、超音波トランスデューサーデバイス 11 における超音波トランスデューサー素子 12 の位置 p_m と、深さ距離 Z によって決まる。 c は音速(固定値)である。この素子ごとの到達時間 D'_m を、受信開始時間からのディレイ時間 D_m に変換して使用する。

【0056】

【数2】

$$q_m = \sqrt{p_m^2 + Z^2} \dots (3)$$

$$D'_m = q_m / c$$

10

【0057】

受信遅延回路 121 は、受信した信号にディレイ時間(遅延時間) D_m の遅延をかけた各チャンネルの受信波(アナログ信号)を、デジタルの受信信号に変換し、受信信号に対して帯域通過フィルタによりフィルタ処理を行い、雑音を除去する。

【0058】

スイッチング回路 122 は、関心領域設定部 126 (後に詳述)によって関心領域として設定されている領域に表示される画像の基となるデータに関しては、受信遅延回路 121 から出力された受信信号を転送部 125 へ出力する。スイッチング回路 122 は、関心領域設定部 126 (後に詳述)によって関心領域として設定された領域以外の領域に表示される画像の基となるデータに関しては、受信遅延回路 121 から出力された受信信号を整相加算回路 123 に出力する。

20

【0059】

整相加算回路 123 は、受信遅延回路 121 から出力された受信信号(2次元データ)を整相加算し、1次元データにする。具体的には、整相加算回路 123 は、あらかじめ算出していたウェイトを用いて、受信遅延回路 121 から出力された各チャンネルの信号を加算する。ここで、予め算出していたウェイトは、固定値でもよいし、走査線数や対象物からチャンネルまでの距離等に応じた重みでもよい。ただし、このウェイトは、受信信号の大きさによって変わるものではない。

30

【0060】

転送部 124 は、整相加算回路 123 から出力された1次元データを画像処理部 130 に出力する。転送部 125 は、受信遅延回路 121 から出力された受信信号を画像処理部 130 に出力する。

【0061】

関心領域設定部 126 は、領域入力部 22 (後に詳述)で受け付けた入力に基づいて、画像が表示される範囲内に関心領域を設定する。また、関心領域設定部 126 は、関心領域の大きさに基づいてフレームレートを算出する。関心領域設定部 126 の処理については後に詳述する。

【0062】

受信制御部 127 は、受信処理部 120 の各機能部を制御する。受信制御部 127 は、関心領域設定部 126 により設定された関心領域に関する情報に基づいてスイッチング回路 122 等を制御する。ここで、関心領域に関する情報とは、関心領域が設定されているか否か(関心領域の有無)、及び関心領域が設定されている場合には関心領域の位置、大きさ等の情報である。受信制御部 127 の処理については、後に詳述する。

40

【0063】

受信処理部 120 の機能は、例えば、LNA(低雑音増幅器)、PGA(プログラマブルゲインアンプ)、フィルタ部、A/D変換器(アナログ/デジタルコンバータ)等により構成されるAFE(アナログフロントエンド)により実現できる。また、受信制御部 127 の機能は、各種プロセッサ(CPU等)、ASIC(ゲートアレイ等)などの

50

ハードウェアや、プログラムなどにより実現できる。

【0064】

画像処理部130は、受信処理部120から出力された受信信号に対して処理を行う。画像処理部130は、主として、受信部131、132と、画像生成部133と、高分解能画像生成部134と、画像合成部135とを含む。

【0065】

受信部131は、転送部124から転送された信号を受信する。受信部132は、転送部125から転送された信号を受信する。

【0066】

画像生成部133は、転送部124から転送された1次元データに基づいてBモード画像を生成する。Bモード画像の生成については、すでに一般的であるため、詳細な説明を省略する。

10

【0067】

高分解能画像生成部134は、関心領域に表示される画像の基となるデータ、即ち転送部125から転送されたデータに対して、方向に拘束を付けた適応型ビームフォーミングであるMVB処理を行い、MVB処理を行った信号に基づいてBモード画像を生成する。

【0068】

適応型ビームフォーミングとは、各チャンネルのウェイト（重み）を到来波に応じて変えることで、動的に感度特性を変化させ、不要波に関して感度を持たないようにする処理である。正面の音圧が強くなるような超音波ビームを送信しても、超音波は球面状に広がる特性を持つため、正面以外にある反射体にも超音波が届いてしまう。ターゲット以外の反射体で反射した不要波を受信してしまうと、不要波の影響により方位分解能が悪化してしまう。それに対し、適応型ビームフォーミングは、方向に拘束をつけ、不要波に関して感度を持たないようにするため、不要波による方位分解能の低下という問題を改善することができる。

20

【0069】

具体的には、高分解能画像生成部134は、まず、転送部125から転送された信号（各チャンネルの出力）にかかるウェイト（重み）を算出する。ここで、ウェイトの算出について説明する。

【0070】

出力 z は、各チャンネルのウェイト w_m と、受信遅延回路121から出力される各チャンネルのディレイ処理後の信号 x_m （遅延時間後の出力信号）とを乗算して足し合わせた結果であり、式（4）で表わされる。

30

【0071】

【数3】

$$z[n] = \sum_{m=1}^M w_m[n] x_m[n - D_m[n]] \quad \dots (4)$$

【0072】

これをベクトル表記で表すと、数式（5）、（6）のようになる。Hは複素共役転値であり、*は複素共役である。

40

【0073】

【数 4】

$$z[n] = \mathbf{w}[n]^H \mathbf{X}[n] \quad \dots (5)$$

$$\mathbf{w}[N] = \begin{bmatrix} w_1^*[n] \\ w_2^*[n] \\ \vdots \\ w_M^*[n] \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

10

【0074】

相関行列 \mathbf{R} は数式 (7)、(8) で与えられる。

【0075】

【数 5】

$$\mathbf{R}[n] = E[\mathbf{X}[n]\mathbf{X}[n]^T] \quad \dots (7)$$

$$E\{|z[n]|^2\} = \mathbf{w}[n]^H \mathbf{R}[n] \mathbf{w}[n] \quad \dots (8)$$

20

【0076】

数式 (7)、(8) において $z[n]$ の分散を最小化するようなウェイトを算出するため、数式 (9)、(10) に示すような条件付き最小化問題を解くと、数式 (11) に示すようにウェイトが求められる。

【0077】

【数 6】

$$\min_{\mathbf{w}[n]} \mathbf{w}[n]^H \mathbf{R}[n] \mathbf{w}[n] \quad \dots (9)$$

$$\mathbf{w}[n]^H \mathbf{a} = 1 \quad \dots (10)$$

$$\mathbf{w}[n] = \frac{\mathbf{R}[n]^{-1} \mathbf{a}}{\mathbf{a}^H \mathbf{R}[n]^{-1} \mathbf{a}} \quad \dots (11)$$

30

【0078】

ここで、 \mathbf{a} はステアリングベクトルである。本実施の形態では、すでに整相されているため、方向は 0 度である。したがって、 \mathbf{a} を 1 とすればよい。そして、高分解能画像生成部 134 は、算出されたウェイトを用いて、各チャンネルの信号を加算する。

【0079】

また、高分解能画像生成部 134 は、加算後の信号に対して絶対値（整流）処理を行い、その後低域通過フィルタによる処理を行い、非変調信号を抽出する。また、高分解能画像生成部 134 は、抽出された非変調信号に対し Log 圧縮を行い、受信信号の信号強度の最大部分と最小部分を同時に確認しやすいように、表現形式を変換する。

40

【0080】

そして、高分解能画像生成部 134 は、 Log 圧縮後の入力信号に対して、直流成分を加え、 Log 圧縮後の入力信号に対して、任意の数を乗算する。

【0081】

さらに、高分解能画像生成部 134 は、深さに応じて増幅度（明るさ）を補正し、画面全体で一様な明るさの画像を取得する。なお、高分解能画像生成部 134 が行う処理のう

50

ち、各チャンネルの信号を加算した後の処理は、画像生成部 1 3 3 が行う処理と同一である。

【 0 0 8 2 】

画像合成部 1 3 5 は、画像生成部 1 3 3 が生成した画像と、高分解能画像生成部 1 3 4 が生成した画像とを合成する。例えば、画像合成部 1 3 5 は、関心領域設定部 1 2 6 により設定された関心領域内に高分解能画像生成部 1 3 4 が生成した画像を配置し、その他の領域に画像生成部 1 3 3 が生成した画像を配置して、1 枚の画像を生成する。また、画像合成部 1 3 5 は、合成した画像に対して走査変換処理を行う。例えば、画像合成部 1 3 5 は、パイリニアなどの補間処理により、ライン信号を画像信号に変換し、変換した画像信号を表示部 2 1 に出力する。これにより、画像が表示部 2 1 に表示される。

10

【 0 0 8 3 】

なお、画像処理部 1 3 0 の機能は、各種プロセッサ（CPU 等）、ASIC（ゲートアレイ等）などのハードウェアや、プログラムなどにより実現できる。

【 0 0 8 4 】

また、超音波測定装置本体 2 0 には、領域入力部 2 2 が設けられる。領域入力部 2 2 は、例えばタッチパネルであり、表示部 2 1 の上に重ねて設けられる。領域入力部 2 2 は、表示部 2 1 に表示された関心領域を示す情報に基づいて、関心領域を示す情報の変更入力を受け付ける。ここで、関心領域を示す情報とは、関心領域の位置、大きさ、形状等に関する情報である。なお、領域入力部 2 2 は、タッチパネルに限定されるものではなく、キーボード、マウス等の様々な形態の入力手段を用いることができる。

20

【 0 0 8 5 】

図 7 は、表示部 2 1 に表示される関心領域を示す情報の一例である。図 7 において、ハッチングされた領域は、画像が表示される領域である。関心領域を示す情報が表示されるときには、ハッチングされた領域には、画像が表示されていてもよいし、画像が表示されていなくてもよい。即ち、関心領域を示す情報は、画像に重ねて表示されていてもよいし、画像に代えて表示されてもよい。

【 0 0 8 6 】

図 7 (A) に示す状態では、関心領域を示す情報として、関心領域の位置及び大きさを示す枠 K 1 と、関心領域が枠 K 1 の位置及び大きさの場合のフレームレートである 6 0 f p s という文字が、表示部 2 1 に表示されている。

30

【 0 0 8 7 】

図 7 (A) の枠 K 1 の 4 隅には、座標を入力するためのカーソル（黒丸で表示）が表示される。ユーザーにより、領域入力部 2 2 からカーソルの位置変更指示が入力されると、関心領域を示す情報が変更される。

【 0 0 8 8 】

図 7 (B) に示す状態は、図 7 (A) に示す状態から領域入力部 2 2 によりカーソルが移動され、関心領域を示す情報、ここでは関心領域の位置及び大きさを示す枠の大きさが変更された状態を示す。図 7 (B) に示す状態では、関心領域の位置及び大きさを示す枠 K 2 と、関心領域が枠 K 2 の位置及び大きさの場合のフレームレートである 1 0 0 f p s という文字が、表示部 2 1 に表示されている。このように、関心領域の大きさが小さくなることで、フレームレートが高くなることをユーザーに通知することができる。逆に、関心領域の大きさが大きくなると、フレームレートが低くなることをユーザーに通知される。このように、ユーザーは所望のフレームレートを選択することができる。なお、関心領域に応じたフレームレートは、領域入力部 2 2 からの出力に基づいて関心領域設定部 1 2 6 で算出される（後に詳述）。

40

【 0 0 8 9 】

このように構成することで、ユーザーが関心領域の位置、大きさ、形状等を選択することができる。また、画像の大きさと、関心領域の大きさとを比較できるため、ユーザーが容易に関心領域の位置、大きさ、形状等を選択できる。さらに、B モード画像に重ねて関心領域を示す情報を表示することで、ユーザーが関心領域を適切に選択することができる

50

。

【0090】

なお、領域入力部22は、関心領域の位置及び大きさを枠という形式で入力することもできるし、関心領域の中心座標を入力することで関心領域の位置を入力することもできる。関心領域の中心座標を入力する場合には、領域入力部22等を介して関心領域の形状を入力すると、関心領域設定部126がこれを取得し、関心領域の位置及び大きさを算出する（後に詳述）。

【0091】

関心領域の位置及び大きさを示す枠及びフレームレートは、表示制御部140により、表示部21に表示される。表示制御部140は、領域入力部22により座標を入力するためのカーソルが選択されると、カーソルを通り、x方向（図7における横方向）及びz方向（図7における縦方向）に平行な2本の線を表示部21に表示させるようにしてもよい。また、表示制御部140は、カーソル位置の入力に用いるために、x方向及びz方向に平行な2本の線を表示部21に表示させてもよい。この場合には、領域入力部22により2本の線が移動入力されると、領域入力部22は、2本の線が交差した位置をカーソルの位置として入力を受け付ける。表示制御部140の機能は一般的であるため、説明を省略する。

10

【0092】

なお、本実施の形態は、表示部21に表示された関心領域を示す情報に基づいて、領域入力部22が関心領域を示す情報を入力したが、領域入力部22が関心領域を示す情報を入力する方法はこれに限定されない。例えば、表示部21に画像が表示され、かつ関心領域を示す情報が表示されていない状態で、領域入力部22が関心領域を示す情報を入力してもよい。また、領域入力部22は、表示部21に何も表示されていない状態で、関心領域を示す情報を入力してもよい。

20

【0093】

以上説明した超音波画像装置1の構成は、本実施形態の特徴を説明するにあたって主要構成を説明したのであって、上記の構成に限られない。構成要素の分類の仕方や名称によって、本願発明が制限されることはない。超音波画像装置1の構成は、処理内容に応じて、さらに多くの構成要素に分類することもできる。また、1つの構成要素がさらに多くの処理を実行するように分類することもできる。また、各構成要素の処理は、1つのハードウェアで実行されてもよいし、複数のハードウェアで実行されてもよい。

30

【0094】

特に、以上説明した超音波画像装置1では、画像処理部130が超音波測定装置本体20に設けられていたが、画像処理部130が超音波プローブ10に設けられていてもよい。また、以上説明した超音波画像装置1では、受信処理部120が超音波プローブ10に設けられていたが、受信処理部120が超音波測定装置本体20に設けられていてもよい。また、整相加算回路123は、受信処理部120ではなく、画像処理部130における受信部131と画像生成部133との間に設けられていてもよい。

【0095】

図8は、超音波測定装置本体20の少なくとも一部の概略構成の一例を示すブロック図である。図示するように、超音波測定装置本体20は、演算装置であるCPU（Central Processing Unit）201と、揮発性の記憶装置であるRAM（Random Access Memory）202と、不揮発性の記憶装置であるROM（Read Only Memory）203と、ハードディスクドライブ（HDD）204と、他のユニットを接続するインターフェイス（I/F）回路205と、外部の装置と通信を行う通信装置206と、これらを互いに接続するバス207と、を備える。

40

【0096】

上記の各機能部は、例えば、CPU201がROM203に格納された所定のプログラムをRAM202に読み出して実行することにより実現される。なお、所定のプログラムは、例えば、予めROM203にインストールされてもよいし、通信装置206を介して

50

ネットワークからダウンロードされてインストール又は更新されてもよい。

【0097】

次に、本実施形態における、上記構成からなる超音波画像装置1の処理について説明する。

【0098】

図9は、超音波プローブ10における処理の流れを示すフローチャートである。

【0099】

受信制御部127は、画像を生成するラインを示す番号である走査線番号 l を1に初期設定($l=1$)する(ステップS110)。走査線番号 l は、図3に示すような超音波トランスデューサーデバイスを構成する超音波トランスデューサー素子群UG1~UG64のうちどの素子群であるかを示す番号である。例えば、任意の端に設けられた素子群、ここでは超音波トランスデューサー素子群UG1の走査線番号 l を1とする。また、走査線番号1の素子群に隣接する素子群、ここでは超音波トランスデューサー素子群UG2の走査線番号 l を2とする。このようにして、全ての素子群に走査線番号 l を付与する。超音波トランスデューサー素子群UG1~UG64と走査線番号 l との関係は、ROM等のメモリーに記憶しておけばよい。

【0100】

そして、受信制御部127は、送受信制御回路115を介して、ステップS110で初期設定された走査線番号 l 又は後述するステップS132で更新された走査線番号 l に対応する各チャンネルから超音波パルスの送信を行う(ステップS112~ステップS116)。例えば、走査線番号1のときのチャンネルは、超音波トランスデューサー素子群UG1~UG8であり、走査線番号2のときのチャンネルは、超音波トランスデューサー素子群UG2~UG9である。

【0101】

具体的には、送信パルス発生器111は、周波数 f (f は任意の値をとり得る)の超音波パルスを送信するためのパルス電圧を生成する(ステップS112)。送信遅延回路113は、送波フォーカシング制御を行い(ステップS114)、超音波トランスデューサー素子12は、ステップS112で生成されたパルス電圧に対応する超音波ビームを対象物に対して出射する(ステップS116)。

【0102】

次に、送受信制御回路115は、送受信の切り替え処理を行う。超音波トランスデューサー素子12は、出射した超音波ビームが対象物で反射し、帰ってきた受信波を受信して、受信した信号を受信処理部120に通ず(ステップS116)。

【0103】

受信遅延回路121は、各チャンネルで受信した信号の位相がそろうように、各チャンネルの受信波に所定のディレイ時間の遅延をかける(ステップS118)。

【0104】

受信制御部127は、関心領域設定部126により高分解能化処理を行うことが選択されているか否か、即ち領域入力部22の入力に基づいて関心領域設定部126が関心領域を設定したか否かを判断する(ステップS120)。

【0105】

図10は、関心領域の態様を示す図であり、線でハッチングした部分(図中の領域X)は、関心領域が設定された領域であり、点でハッチングした部分(図中の領域Y)は、関心領域が設定されておらず、かつBモード画像を表示する領域であり、ハッチングされていない領域(図中の領域Z)は、関心領域が設定されておらず、かつBモード画像を表示しない領域である。

【0106】

図10(A)~(E)は、関心領域については高分解能画像を表示し、その他の領域にはBモード画像を表示する態様である。

【0107】

10

20

30

40

50

図10(A)は、走査線に沿って帯状に関心領域が設定されている。この場合には、後に説明する処理の切り替えが容易である。図10(B)は、画像表示領域の中央部に矩形状に関心領域が設定されている。この場合には、最低限の大きさの関心領域を設定することができる。図10(C)、(D)は、走査線に直交する方向に帯状に関心領域が設定されている。この場合には、後に説明する処理の切り替えが容易である。図10(E)は、画像表示領域の中央部に円形状に関心領域が設定されている。この場合には、最低限の大きさの関心領域を設定することができる。

【0108】

なお、図10(B)では、長方形の関心領域を設定したが、関心領域の形状は正方形でもよいし、台形でもよい。また、図10(E)は、円形の関心領域を設定したが、関心領域の形状は楕円形でもよい。

10

【0109】

図10(F)は、図10(B)と同様に画像表示領域の中央部に矩形状に関心領域が設定されているが、関心領域内に高分解能画像を表示し、その他の領域にBモード画像を表示しない態様である。なお、高分解能画像のみを表示する形態における関心領域の位置及び形状は、これに限られない。図10(A)～(E)等に示す様々な関心領域の形態についても、高分解能画像のみを表示する形態とすることができる。関心領域以外の領域にBモード画像を表示するか否かは、領域入力部22等の入力部を介して関心領域設定部126へ入力することができる。

【0110】

20

次に、領域入力部22から関心領域の位置を示す情報(関心領域の中心の座標)が入力されたときに、図10(A)～(F)に示すような関心領域を設定する方法を説明する。この場合には、関心領域設定部126は、フレームレートに基づいて関心領域の大きさを設定する。フレームレートは、あらかじめ設定された値を用いてもよいし、領域入力部22等を介して入力を受け付けた値を用いてもよい。なお、超音波伝搬時間は非常に短いため、以下の説明において超音波伝搬時間は考慮しない。

【0111】

関心領域が設定されていない場合、即ち画像全体にBモード画像を表示させる場合に、1枚の画像を生成するための時間T1は、数式(12)で表される。画像の総画角数は、縦方向zピクセル、横方向xピクセルとする。また、Bモードで1ピクセルの画像を生成する時間をa秒とする。

30

$$T1 = x \times z \times a \text{ [sec]} \quad \dots (12)$$

【0112】

画像の全てが関心領域として設定された場合、即ち画像全体に高分解能画像を表示させる場合に、1枚の画像を生成するための時間T2は、数式(13)で表される。なお、高分解能画像を1ピクセル生成する時間をb(a < b)秒とする。

$$T2 = x \times z \times b \text{ [sec]} \quad \dots (13)$$

【0113】

図10(A)～(E)に示すように、Bモード画像と、高分解能画像とを組み合わせる場合に、1枚の画像の生成に要する時間T3は、Bモード画像を表示する画素数をAピクセル、高分解能画像を表示する画素数をBピクセルとすると、数式(14)で表される。なお、 $x \times z = A + B$ である。

40

$$\begin{aligned} T3 &= (x \times z - B) \times a + (x \times z - A) \times b \\ &= (x \times z - B) a + (x \times z - (x \times z - B)) b \\ &= (x \times z) a - B(a - b) \text{ [sec]} \quad \dots (14) \end{aligned}$$

【0114】

したがって、Bモード画像と、高分解能画像とを組み合わせた場合のフレームレートを、任意のフレームレート以上とする、即ち、Bモード画像と高分解能画像とを組み合わせた場合の画像の生成を任意のフレームレート以上のフレームレートで可能とするためには、数式(15)の条件を満たすBの総画素数の範囲で高分解能処理を行えばよい。ここで

50

、 T_4 は画像全体に B モード画像を表示した場合の時間に 1 以上の数を掛けた値であり、任意のフレームレートは $1 / T_4$ で示すことができる。

$T_3 \quad T_4 \quad \dots (15)$

【0115】

これにより、ユーザーが所望するフレームレートを満たしつつ、高分解能処理を行うことができる領域（関心領域）の画素数 B が求められる。画素数 B が求められると、関心領域設定部 126 は、例えば、関心領域の中心の座標と画素数 B とから、関心領域の位置、大きさを特定することができる。以下、関心領域設定部 126 が関心領域の中心の座標と画素数 B とから関心領域の位置、大きさを特定する方法について説明する。

【0116】

図 10 (A) ~ (D) の場合には、関心領域設定部 126 は、高分解能処理を行う領域（関心領域）の画素数 B に基づいて、関心領域の 4 隅の座標を求める。関心領域設定部 126 は、関心領域の中心点を、例えば、領域入力部 22 により入力された座標とすることができるし、画像の中心とすることもできる。また、関心領域設定部 126 は、関心領域の中心点の座標と、関心領域の画素数 B とに基づいて、関心領域の 4 隅の座標を求めることができる。関心領域設定部 126 は、4 隅の座標により関心領域の位置、大きさを特定する。

【0117】

図 11 は、図 10 (A) に示すような帯状の関心領域を設定する場合における関心領域の位置、大きさの特定を示す図である。関心領域設定部 126 は、 x_1 を B / z と算出することができる。関心領域設定部 126 は、関心領域の中心の座標が (x_c, z_c) であるとすると、関心領域の 4 隅の座標を $(x_c - x_1 / 2, 0)$ 、 $(x_c + x_1 / 2, 0)$ 、 $(x_c - x_1 / 2, z)$ 、 $(x_c + x_1 / 2, z)$ と算出することができる。

【0118】

図 12 は、図 10 (B) に示すような矩形の関心領域を設定する場合における関心領域の位置、大きさの特定を示す図である。関心領域設定部 126 は、関心領域のアスペクト比 $(x_2 : z_2)$ が画像全体のアスペクト比 $(x : z)$ と同じであるとして、 $x_2 \times z_2$ が B を満たすような x_2 、 z_2 を算出することができる。関心領域設定部 126 は、関心領域の中心の座標が (x_c, z_c) であるとすると、関心領域の 4 隅の座標を $(x_c - x_2 / 2, z_c - z_2 / 2)$ 、 $(x_c + x_2 / 2, z_c - z_2 / 2)$ 、 $(x_c - x_2 / 2, z_c + z_2 / 2)$ 、 $(x_c + x_2 / 2, z_c + z_2 / 2)$ と算出することができる。

【0119】

図 13 は、図 10 (C)、(D) に示すような帯状の関心領域を設定する場合における関心領域の位置、大きさの特定を示す図である。関心領域設定部 126 は、 z_3 が B / x であると算出できる。したがって、関心領域設定部 126 は、図 10 (C) の場合の関心領域の 4 隅の座標が $(0, 0)$ 、 $(x, 0)$ 、 $(0, z_3)$ 、 (x, z_3) と算出することができる。また、関心領域設定部 126 は、図 10 (D) の場合の関心領域の 4 隅の座標が $(0, z - z_3)$ 、 $(x, z - z_3)$ 、 $(0, z)$ 、 (x, z) と算出することができる。

【0120】

図 14 は、図 10 (E) に示すような円形の関心領域を設定する場合における関心領域の位置、大きさの特定を示す図である。関心領域設定部 126 は、半径及び関心領域の周縁の座標を算出し、中心の座標と共に図示しないメモリーに保存する。関心領域設定部 126 は、中心の座標及び半径により関心領域の位置、大きさを特定する。

【0121】

図 10 (E) の場合には、関心領域設定部 126 は、図 14 に示すように、 r^2 が B を満たす r を算出することができる。関心領域設定部 126 は、関心領域の中心の座標が (x_c, z_c) であるとすると、関心領域の周縁の座標を $(x_c + r \cos \theta, z_c + r \sin \theta)$ と算出することができる。ここで、 θ は、座標が (x_c, z_c) を通り x 軸と平行な線となす角である。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 2 】

なお、関心領域の形状が楕円形の場合には、長径と短径とを求め、長径と短径とに基づいて関心領域の周囲の座標を求めるようにすればよい。

【 0 1 2 3 】

次に、図 1 0 (F) に示すように、高分解能画像のみを表示する場合について説明する。高分解能画像を表示する画素数を B ピクセルとすると、数式 (1 6) の条件を満たす B の総画素数の範囲で高分解能処理を行えばよい。

$$B \times b \quad x \times z \times a \times c \quad \cdots (1 6)$$

【 0 1 2 4 】

そして、関心領域設定部 1 2 6 は、関心領域のアスペクト比 ($x_4 : z_4$) が画像全体のアスペクト比 ($x : z$) と同じであるとして、関心領域の画素数 $x_4 \times z_4$ が B を満たすような x_4 、 z_4 を算出できる。関心領域設定部 1 2 6 は、関心領域の中心の座標が (x_c , z_c) であるとする、関心領域の 4 隅の座標を ($x_c - x_4 / 2$, $z_c - z_4 / 2$)、($x_c + x_4 / 2$, $z_c - z_4 / 2$)、($x_c - x_4 / 2$, $z_c + z_4 / 2$)、($x_c + x_4 / 2$, $z_c + z_4 / 2$) と算出することができる。

【 0 1 2 5 】

以上、領域入力部 2 2 から関心領域の中心の座標が入力されたときに、関心領域を設定する方法を説明した。それに対し、領域入力部 2 2 から関心領域の位置及び大きさが入力されたときは、関心領域の 4 隅の座標、半径等は領域入力部 2 2 から入力されている。この場合には、関心領域設定部 1 2 6 は、数式 (1 4) に基づいてフレームレートを求める。ユーザーが所望するフレームレートが設定されている場合には、関心領域設定部 1 2 6 は、数式 (1 4) に基づいて求められるフレームレートがユーザーの所望するフレームレート以上になるように、入力が可能な関心領域の大きさを制限してもよい。

【 0 1 2 6 】

関心領域設定部 1 2 6 は、求められた関心領域の座標に対応する走査番号とサンプリング番号を図示しないメモリーに保存しておく。画像における任意の位置の座標と、走査番号及びサンプリング番号との関係は、例えば予めメモリーに保存してあり、関心領域設定部 1 2 6 は、この情報に基づいて関心領域の座標に対応する走査番号とサンプリング番号を求めることができる。

【 0 1 2 7 】

図 9 の説明に戻る。高分解能化処理を行うことが選択されていない、即ち関心領域が設定されていない場合 (ステップ S 1 2 0 で N O) には、受信制御部 1 2 7 の指示に従い、スイッチング回路 1 2 2 は、受信遅延回路 1 2 1 から出力された信号を整相加算回路 1 2 3 へ出力する。整相加算回路 1 2 3 は、受信遅延回路 1 2 1 から出力された受信信号 (2 次元データ) を整相加算して 1 次元データにする (ステップ S 1 2 4)。

【 0 1 2 8 】

その後、整相加算回路 1 2 3 は、受信信号を R A M (図示せず) 等に設けられたバッファメモリー (図示せず) に記憶する (ステップ S 1 2 6)。

【 0 1 2 9 】

高分解能化処理を行うことが選択されている、即ち関心領域が設定された場合 (ステップ S 1 2 0 で Y E S) において、高分解能化処理範囲内である場合には、受信制御部 1 2 7 は、スイッチング回路 1 2 2 を転送部 1 2 5 側へ切り替え、受信遅延回路 1 2 1 から出力された受信信号を R A M (図示せず) 等に設けられたバッファメモリー (図示せず) に記憶する (ステップ S 1 2 8)。また、関心領域が設定された場合 (ステップ S 1 2 0 で Y E S) において、高分解能化処理範囲内でない場合には、関心領域以外の領域について B モード画像を表示するか否かを判断する (ステップ S 1 2 2)。以下、図 1 1 ~ 1 4 に示す関心領域の態様において、受信制御部 1 2 7 が、高分解能化処理範囲内であるかどうかをどのように決定するかについて説明する。

【 0 1 3 0 】

例えば、図 1 1 に示す場合においては、受信制御部 1 2 7 は、現在の走査線番号 1 が、

10

20

30

40

50

x座標 $x_c - x_1/2 \sim x_c + x_1/2$ に対応する走査番号である場合には、高分解能化処理範囲内であると、そうでない場合には、高分解能化処理範囲内でないとする。

【0131】

図12に示す場合においては、受信制御部127は、現在の走査線番号1が、x座標 $x_c - x_2/2 \sim x_c + x_2/2$ に対応する走査番号でない場合には、高分解能化処理範囲内でないとする。また、受信制御部127は、現在の走査線番号1が、x座標 $x_c - x_2/2 \sim x_c + x_2/2$ に対応する走査番号である場合において、サンプリング番号が、z座標 $z_c - z_2/2 \sim z_c + z_2/2$ に対応するサンプリング番号である場合には、高分解能化処理範囲内であると、そうでない場合には、高分解能化処理範囲内でないとする。

【0132】

図13に示す場合においては、受信制御部127は、全ての走査線番号の場合において、(A)の場合には、サンプリング番号が、z座標 $0 \sim z_3$ に対応するサンプリング番号である場合は、高分解能化処理範囲内であると、そうでない場合は、高分解能化処理範囲内でないとする。(B)の場合には、サンプリング番号が、z座標 $z - z_3 \sim z$ に対応するサンプリング番号である場合は、高分解能化処理範囲内であると、そうでない場合は、高分解能化処理範囲内でないとする。

【0133】

図14に示す場合においては、受信制御部127は、現在の走査線番号1及びサンプリング番号で指定される画像上の座標 (X, Z) が、 $(X - x_c)^2 + (Z - z_c)^2 < r^2$ を満たす場合には、高分解能化処理範囲内であると、そうでない場合には、高分解能化処理範囲内でないとする。

【0134】

高分解能化処理範囲内でなく、関心領域以外の領域についてBモード画像を表示する場合(ステップS122でYES)は、受信制御部127は、スイッチング回路122を整相加算回路123側へ切り替える。そして、整相加算回路123は、受信遅延回路121から出力された受信信号(2次元データ)を整相加算して1次元データにし(ステップS124)、整相加算回路123は、受信信号をRAM(図示せず)等に設けられたバッファメモリ(図示せず)に記憶する(ステップS126)。

【0135】

高分解能化処理範囲内でなく、関心領域以外の領域についてBモード画像を表示しない場合(ステップS122でNO)は、例えば、図10(F)に示す場合である。この場合には、受信制御部127は、受信信号をバッファメモリ(図示せず)に記憶せず、処理をステップS130へ進める。

【0136】

次に、受信制御部127は、画像を生成するラインを示す走査線番号1が、走査線数Lより小さいか否かを判断する(ステップS130)。走査線数Lは、図3に示すような超音波トランスデューサーデバイス11を構成する超音波トランスデューサー素子群UG1~UG64の数であり、図3に示す例ではLは64である。

【0137】

走査線番号1が、走査線数Lより小さい場合(ステップS130でYES)は、受信制御部127は、現在の走査線番号1に1を追加して、走査線番号1を更新し、ステップS112に処理を戻す(ステップS132)。

【0138】

走査線番号1が、走査線数Lより小さくない場合(ステップS130でNO)は、走査線番号1が走査線数Lと一致する場合、即ちすべてのラインにおいて超音波パルスの送受信が終了した場合である。この場合には、受信制御部127は、ステップS126、S128で図示しないバッファメモリに記憶された受信信号を、転送部124、125から画像処理部130へ転送を開始し(ステップS134)、バッファメモリのデータを更新する(ステップS136)。

【0139】

10

20

30

40

50

図15は、超音波測定装置本体20における処理の流れを示すフローチャートである。

【0140】

通常のBモードの画像を表示する場合、即ち受信部131で受信信号を受信した場合は、すでに整相加算が行われているため、受信部131は、受信信号を画像生成部133に出力する。画像生成部133は、受信信号に対して対数変換処理を行い(ステップS140)、ゲイン、ダイナミックレンジを調整し(ステップS142)、深さに応じて増幅度(明るさ)を補正する(ステップS144)。

【0141】

高分解能画像を表示する場合、即ち受信部132で受信信号を受信した場合は、受信部132は、受信信号を高分解能画像生成部134に出力する。高分解能画像生成部134は、チャンネルで受信した信号に予め定められたディレイ時間Dの遅延をかけ、各チャンネルの受信信号にかけるウェイトを算出する(ステップS146)。そして、高分解能画像生成部134は、算出されたウェイトを用いて、各チャンネルの信号を加算する(ステップS148)。これにより、MVB処理を終了する。

10

【0142】

また、高分解能画像生成部134は、MVB処理後の信号に対して対数変換処理を行い(ステップS150)、ゲイン、ダイナミックレンジを調整し(ステップS152)、深さに応じて増幅度(明るさ)を補正する(ステップS154)。

【0143】

そして、画像合成部135は、ステップS144で生成された信号と、ステップS154で生成された信号とを合成して一枚の画像データとし、これに対して走査変換処理を行ってBモード画像データ(表示用画像データ)を生成し、表示部21に出力する(ステップS156)。表示部21は、生成された表示用画像データを表示する(ステップS158)。これにより、図10に示す処理を終了する。

20

【0144】

本実施の形態によれば、高分解能画像を表示する領域を画像全体の一部に設定したため、高速化と高分解能化とを両立させることができる。

【0145】

分解能に優れた画像を得るために適応型ビームフォーミングを用いる場合には、各チャンネルの受信信号のそれぞれについて計算処理を行う必要があるため、膨大なデータ処理が必要となる。したがって、適応型ビームフォーミングを用いて高分解能画像を生成すると、計算速度により画像の更新速度、即ちフレームレートが制約を受けるという問題がある。それに対し、本実施の形態のように必要な部分のみ高分解能画像を生成することにより、フレームレートを高く、即ち高速化することができる。

30

【0146】

また、本実施の形態によれば、必要となるフレームレートを維持しながら、注目する部分については計算量が多い高分解能化処理をした画像を表示することができる。

【0147】

また、本実施の形態によれば、従来のBモード画像を表示することもできるため、使い勝手を良くすることができる。さらに、高分解能画像を表示していない領域にBモード画像を表示する場合には、画像を見たときの違和感を減らすことができる。

40

【0148】

また、本実施の形態によれば、高分解能画像を生成する関心領域の大きさを、関心領域については高分解能画像を表示する場合についても、通常のBモード画像のみを表示する場合のフレームレートと、フレームレートが変わらないようにすることができ、より使い勝手を良くすることができる。

【0149】

なお、本実施の形態では、リニアスキャンを例に説明したが、本発明をコンベックスキャンやセクタスキャンに適用することもできる。コンベックスキャンやセクタスキャンの場合には、ビームが放射状となるため、関心領域として台形又は扇形の領域を設定す

50

る。例えば、関心領域設定部 126 は、図 10 (B) に示す場合と同様の方法により関心領域の 4 隅の座標を求め、これを直線又は曲線で結ぶことで関心領域を設定する。関心領域設定部 126 は、この情報に基づいて関心領域の座標に対応する走査番号とサンプリング番号を求めることができる。

【0150】

以上、本発明を実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。上記実施形態に多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者には明らかである。また、そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。また、本発明は、超音波測定装置に限らず、超音波測定装置において行う画像処理方法、超音波測定装置に画像処理方法を行わせるプログラム、プログラムが格納された記憶媒体等として提供することもできる。

10

【0151】

特に、上記実施の形態では、超音波測定装置本体 20 の内部に表示部 21 が設けられた超音波画像装置 1 を例に本発明を説明したが、表示部 21 は超音波画像装置 1 に設けられていなくてもよい。例えば、表示部を有さず、生成した表示用画像データを外部の表示装置へ出力する超音波測定装置として本発明に係る装置を提供してもよい。

【0152】

また、上記実施の形態では、スイッチング回路 122 を用いて、関心領域設定部 126 によって関心領域として設定されている領域に表示される画像の基となるデータに関しては、受信信号を転送部 125 へ出力し、その他の領域に表示される画像の基となるデータに関しては、受信信号を整相加算回路 123 に出力したが、スイッチング回路 122 は必須ではなく、受信信号を全て整相加算回路 123 と転送部 125 とへ出力してもよい。この場合には、画像合成部 135 は、関心領域設定部 126 によって関心領域として設定されている領域に表示される画像については高分解能画像生成部 134 から出力されるデータを使用し、その他の領域に表示される画像については画像生成部 133 から出力されるデータを使用すればよい。

20

【0153】

また、スイッチング回路 122 を使用する場合に、スイッチング回路 122 の配設位置はこれに限定されない。例えば、スイッチング回路 122 を整相加算回路 123 の後段に設け、スイッチング回路 122 に受信遅延回路 121 からの出力信号と、整相加算回路 123 からの出力信号とを入力してもよい。この場合には、スイッチング回路 122 へ入力された画像の基となる信号と、関心領域の位置等を示すモード制御情報（例えば、受信制御部 127 により生成）とを転送部 124 から受信部 131 へ転送する（転送部 125 と受信部 132 は不要）。受信部 131 は、画像の基となる信号を画像生成部 133 と高分解能画像生成部 134 へ出力し、画像合成部 135 は、モード制御情報に基づいて画像生成部 133 から出力される画像と高分解能画像生成部 134 から出力される画像とを合成すればよい。

30

【符号の説明】

【0154】

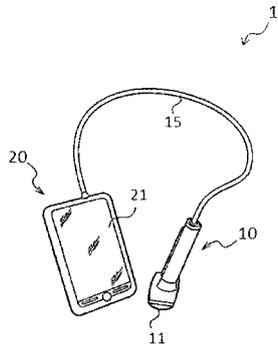
1：超音波画像装置、10：超音波プローブ、11：超音波トランスデューサーデバイス、12：超音波トランスデューサー素子、15：ケーブル、20：超音波測定装置本体、21：表示部、22：制御部、30：圧電体層、31：第1電極層、32：第2電極層、40：開口、50：振動膜、60：基板、110：送信処理部、111：送信パルス発生器、113：送信遅延回路、115：送受信制御回路、120：受信処理部、121：受信遅延回路、122：スイッチング回路、123：整相加算回路、124、125：転送部、126：関心領域設定部、127：受信制御部、130：画像処理部、131、132：受信部、133：画像生成部、134：高分解能画像生成部、135：画像合成部、201：CPU、202：RAM、203：ROM、205：I/F回路、206：通信装置、207：バス、CLi：コモン電極線、DL：駆動電極線、UE：超音波トラン

40

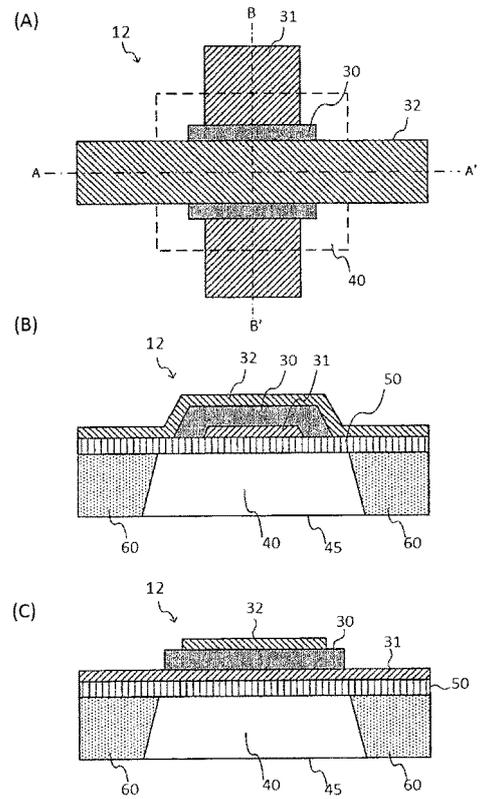
50

スデューサー素子、UG：超音波トランスデューサー素子群。

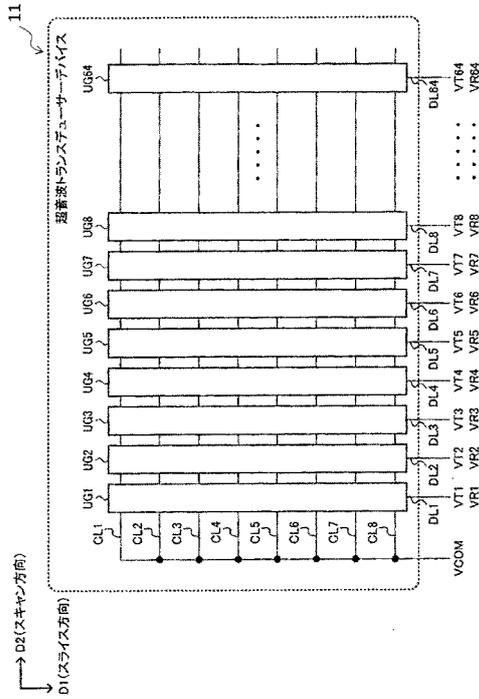
【図1】



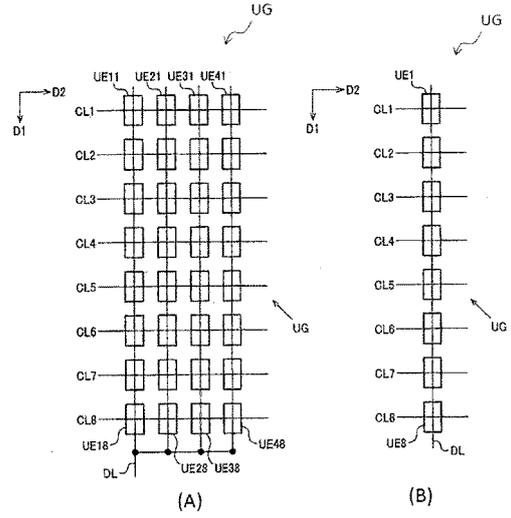
【図2】



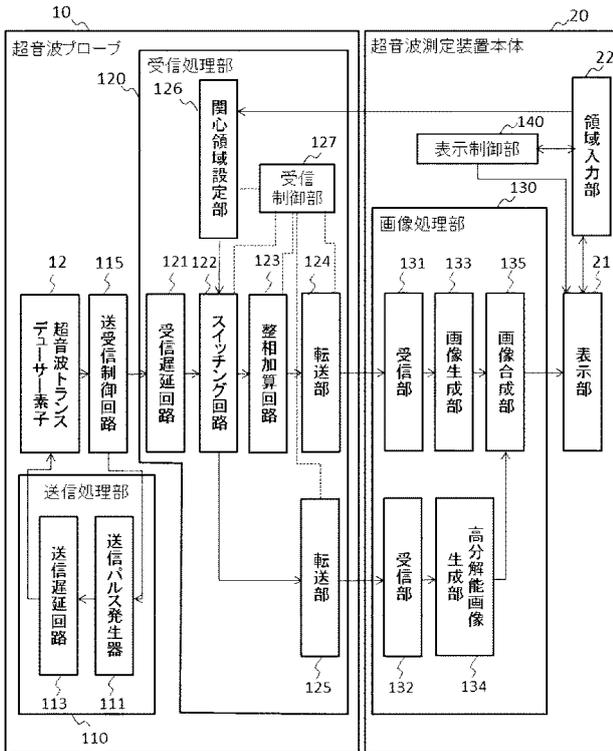
【図3】



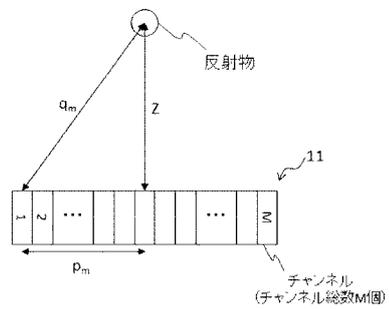
【図4】



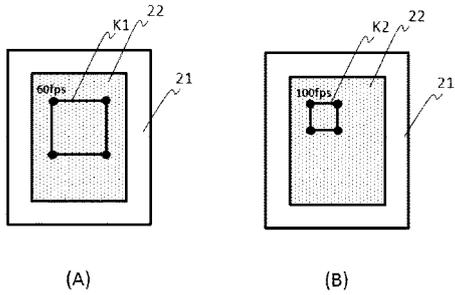
【図5】



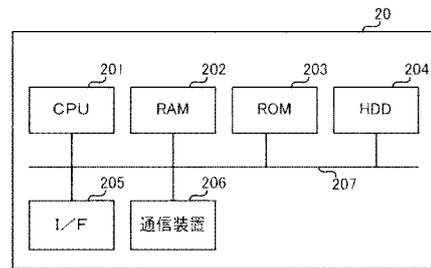
【図6】



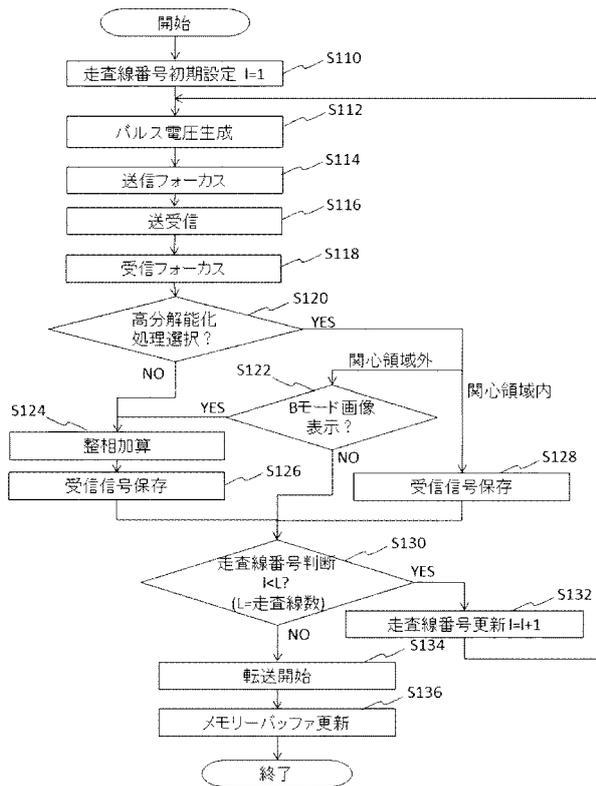
【 図 7 】



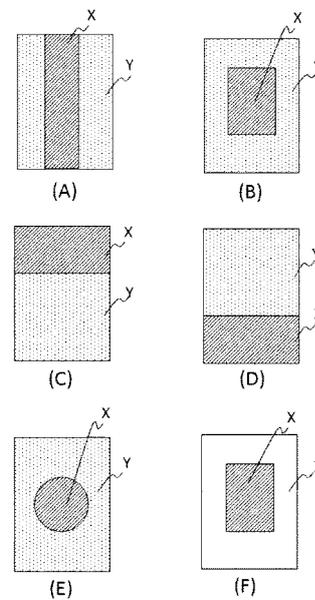
【 図 8 】



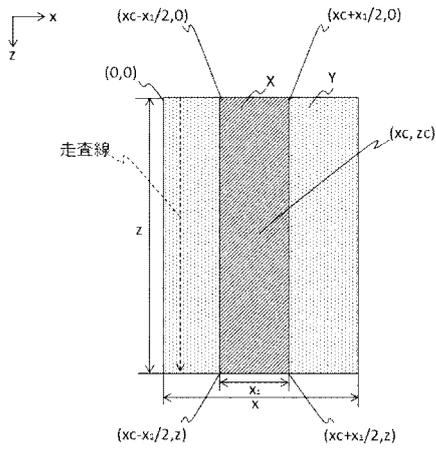
【 図 9 】



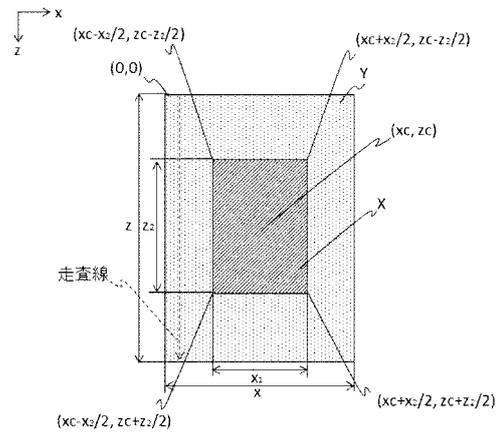
【 図 10 】



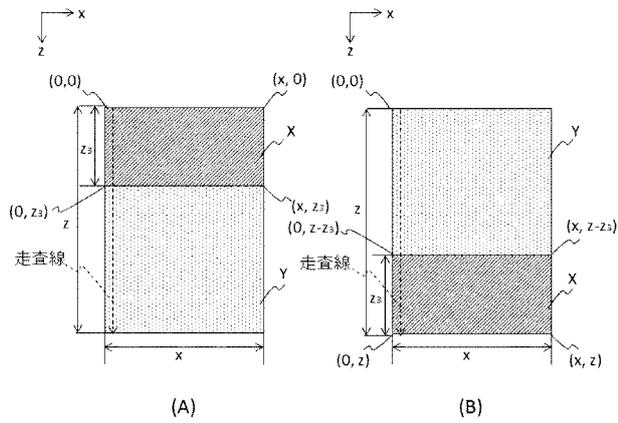
【 図 1 1 】



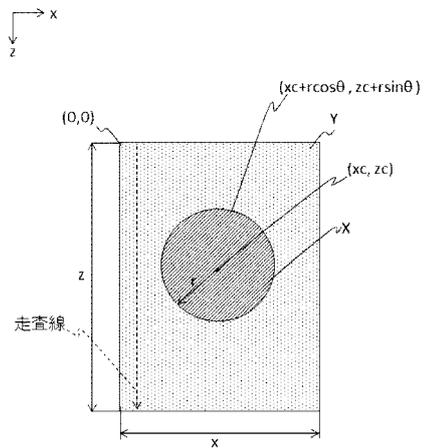
【 図 1 2 】



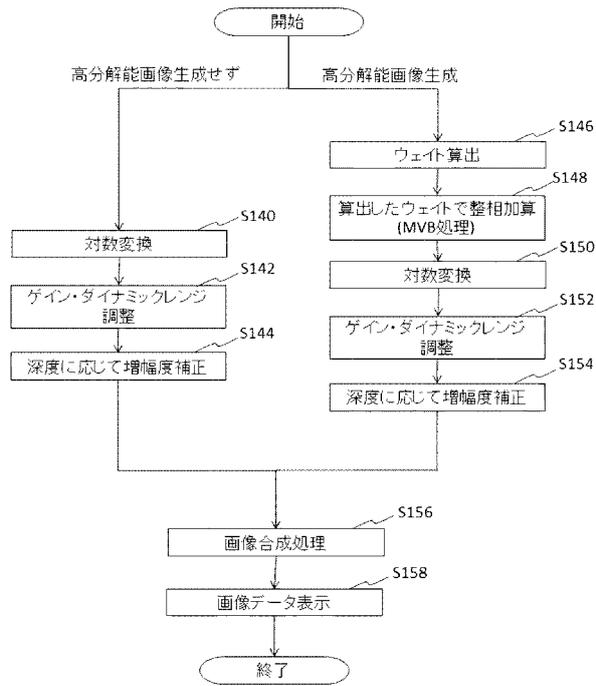
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 加納 一幸
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 村上 謙二
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- Fターム(参考) 4C601 EE01 EE07 JB45 JC37