

(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2013-255806

(P2013-255806A)

(43) 公開日 平成25年12月26日(2013.12.26)

(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 32 O L (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願2013-124490 (P2013-124490)  
 (22) 出願日 平成25年6月13日(2013.6.13)  
 (31) 優先権主張番号 10-2012-0063401  
 (32) 優先日 平成24年6月13日(2012.6.13)  
 (33) 優先権主張国 韓国(KR)

(71) 出願人 390019839  
 三星電子株式会社  
 Samsung Electronics  
 Co., Ltd.  
 大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129  
 129, Samsung-ro, Yeon  
 gtong-gu, Suwon-si, G  
 yeonggi-do, Republic  
 of Korea  
 (74) 代理人 110000051  
 特許業務法人共生国際特許事務所  
 (72) 発明者 金 培 ヒョン  
 大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書  
 洞 山14-1番地 三星綜合技術院

最終頁に続く

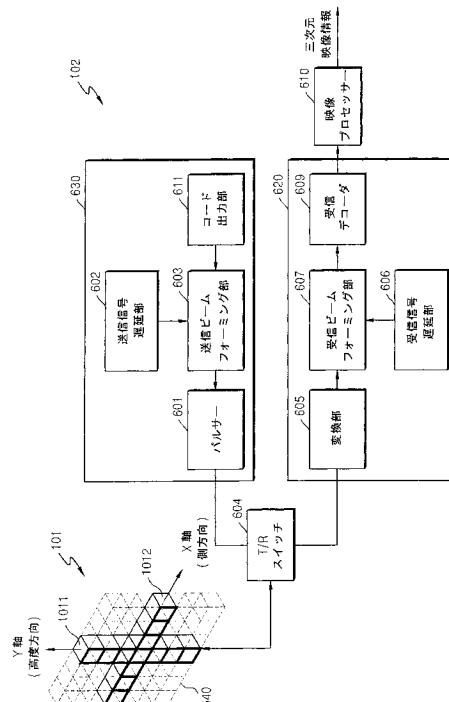
(54) 【発明の名称】 二次元配列トランスデューサーアレイを利用した三次元超音波ボリュームスキャン方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 二次元配列トランスデューサーアレイを利用した三次元超音波ボリュームスキャン方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 本発明の三次元超音波ボリュームスキャン方法は、複数のトランスデューサーのうち少なくとも二つ以上のトランスデューサーが線形に配列された少なくとも一つの二次元トランスデューサーアレイに、少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを印加し、複数のトランスデューサーにより受信した被検体の反射信号から、少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得し、反射信号から獲得された信号を利用して、被検体の映像情報を生成する。

【選択図】 図6



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数のトランスデューサーが二次元に配列された二次元トランスデューサーアレイを利用した三次元超音波ボリュームスキャン方法であって、

前記複数のトランスデューサーのうち少なくとも二つ以上のトランスデューサーが線形に配列された少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに、少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを印加するステップと、

前記複数のトランスデューサーにより受信した被検体の反射信号から、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得するステップと、

前記反射信号から獲得された信号を利用して、前記被検体の映像情報を生成するステップと、を有することを特徴とする三次元超音波ボリュームスキャン方法。

10

**【請求項 2】**

前記直交するコードを印加するステップは、

前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを遅延させる少なくとも二つ以上の送信遅延パターンを、それぞれ前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードに適用するステップと、

前記少なくとも二つ以上の送信遅延パターンが適用された前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを整合するステップと、

前記整合されたコードを、前記少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに印加するステップと、を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

20

**【請求項 3】**

前記送信遅延パターンを適用するステップは、

前記少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイからの超音波が少なくとも二つ以上の平面に集束されるように、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに異なる送信遅延を加えることを特徴とする請求項 2 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

**【請求項 4】**

前記送信遅延パターンを適用するステップは、

前記少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイから前記被検体に集束された超音波ビームが軸方向に少なくとも二つ以上の焦点距離を有するように、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに異なる送信遅延を加えることを特徴とする請求項 2 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

30

**【請求項 5】**

前記互いに直交するコードを印加するステップは、

第 1 方向の一次元トランスデューサーアレイに前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのうち第 1 コードを印加し、第 2 方向の二次元トランスデューサーアレイに前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのうち第 2 コードを印加することを特徴とする請求項 1 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

**【請求項 6】**

前記第 1 方向と前記第 2 方向は、互いに交差する方向であることを特徴とする請求項 5 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

40

**【請求項 7】**

前記直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得するステップは、

前記第 2 方向のトランスデューサーアレイにより受信した被検体の反射信号から、前記第 1 コードを利用して前記第 1 コードに対応する信号を獲得し、前記第 1 方向のトランスデューサーアレイにより受信した被検体の反射信号から、前記第 2 コードを利用して前記第 2 コードに対応する信号を獲得することを特徴とする請求項 5 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

**【請求項 8】**

50

前記直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得するステップは、

前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのうちの所定のコードと前記反射信号との相関演算を行って、前記所定のコードに対応する信号を獲得することを特徴とする請求項 1 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 9】

前記直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得するステップは、

前記複数のトランスデューサーのそれぞれにより受信した超音波信号を電気的信号に変換するステップと、

前記電気的信号を遅延させる少なくとも一つ以上の受信遅延パターンを前記電気的信号に適用するステップと、

前記少なくとも一つ以上の受信遅延パターンが適用された電気的信号を合算するステップと、

前記合算された信号から、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに対応する信号を算出するステップと、を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 10】

前記受信遅延パターンを適用するステップは、

前記複数のトランスデューサーにより受信した前記反射信号が前記被検体に少なくとも二つ以上の受信ビーム平面を形成するように、少なくとも二つ以上の受信遅延パターンを利用して前記電気的信号を遅延させることを特徴とする請求項 9 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 11】

前記受信遅延パターンを適用するステップは、

前記複数のトランスデューサーにより受信した前記反射信号が前記被検体に少なくとも二つ以上の焦点距離を有するように、少なくとも二つ以上の受信遅延パターンを利用して前記電気的信号を遅延させることを特徴とする請求項 9 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 12】

前記電気的信号を合算するステップは、

適用された受信遅延パターンが同一な電気的信号を合算することを特徴とする請求項 9 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 13】

前記少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイの個数は、前記少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに印加されたコードの個数と異なることを特徴とする請求項 1 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 14】

前記互いに直交するコードを印加するステップは、

前記二次元トランスデューサーアレイに含まれる N 個の一次元トランスデューサーアレイに、N 個を超える個数の互いに直交するコードを印加することを特徴とする請求項 13 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 15】

前記互いに直交するコードを印加するステップは、

前記二次元トランスデューサーアレイに含まれる M 個の一次元トランスデューサーアレイに、M 個の互いに直交するコードをそれぞれ印加することを特徴とする請求項 1 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 16】

前記被検体の映像情報を生成するステップは、

前記反射信号から獲得された信号の強度を組み合わせ、前記被検体の映像情報を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法。

【請求項 17】

10

20

30

40

50

複数のトランスデューサーが二次元に配列された二次元トランスデューサーアレイと、前記複数のトランスデューサーのうち少なくとも二つ以上のトランスデューサーが線形に配列された少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに、少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを印加する送信部と、

前記複数のトランスデューサーにより受信した被検体の反射信号から、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得する受信部と、

前記反射信号から獲得された信号を利用して、前記被検体の映像情報を生成する映像プロセッサと、を備えることを特徴とする三次元超音波ボリュームスキャン装置。

【請求項 18】

前記送信部は、

前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを遅延させる少なくとも二つ以上の送信遅延パターンを、それぞれ前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードに適用するエンコーダと、

前記少なくとも二つ以上の送信遅延パターンが適用された前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを整合し、前記整合されたコードを、前記少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに出力する合算器と、を備えることを特徴とする請求項 17 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

【請求項 19】

前記エンコーダは、

前記少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイからの超音波が少なくとも二つ以上の平面に集束されるように、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに異なる送信遅延を加えることを特徴とする請求項 18 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

【請求項 20】

前記エンコーダは、

前記少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイから前記被検体に集束された超音波ビームが軸方向に少なくとも二つ以上の焦点距離を有するように、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに異なる送信遅延を加えることを特徴とする請求項 18 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

【請求項 21】

前記送信部は、

第 1 方向の一次元トランスデューサーアレイに前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのうち第 1 コードを印加し、第 2 方向の二次元トランスデューサーアレイに前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのうち第 2 コードを印加することを特徴とする請求項 18 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

【請求項 22】

前記第 1 方向と前記第 2 方向は、互いに交差する方向であることを特徴とする請求項 21 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

【請求項 23】

前記受信部は、

前記第 2 方向のトランスデューサーアレイにより受信した被検体の反射信号から、前記第 1 コードを利用して前記第 1 コードに対応する信号を獲得し、前記第 1 方向のトランスデューサーアレイにより受信した被検体の反射信号から、前記第 2 コードを利用して前記第 2 コードに対応する信号を獲得することを特徴とする請求項 21 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

【請求項 24】

前記受信部は、

前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのうち所定のコードと前記反射信号との相関演算を行って、前記所定のコードに対応する信号を獲得することを特徴とする請求項 17 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 25】**

前記受信部は、

前記複数のトランスデューサーのそれぞれにより受信した超音波信号に対応する電氣的信号を遅延させる少なくとも一つ以上の受信遅延パターンを前記電氣的信号に適用して合算する受信ビームフォーミング部と、

前記合算された信号から、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに対応する信号を算出するデコーダと、を備えることを特徴とする請求項 17 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

**【請求項 26】**

前記受信ビームフォーミング部は、

前記複数のトランスデューサーにより受信した前記反射信号が前記被検体に少なくとも二つ以上の受信ビーム平面を形成するように、少なくとも二つ以上の受信遅延パターンを利用して前記電氣的信号を遅延させることを特徴とする請求項 25 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

**【請求項 27】**

前記受信ビームフォーミング部は、

前記複数のトランスデューサーにより受信した前記反射信号が前記被検体に少なくとも二つ以上の焦点距離を有するように、少なくとも二つ以上の受信遅延パターンを利用して前記電氣的信号を遅延させることを特徴とする請求項 25 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

**【請求項 28】**

前記受信ビームフォーミング部は、

適用された受信遅延パターンが同一な電氣的信号を合算することを特徴とする請求項 25 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

**【請求項 29】**

前記送信部は、

前記二次元トランスデューサーアレイに含まれる N 個の一次元トランスデューサーアレイに、N 個を超える個数の互いに直交するコードを印加することを特徴とする請求項 17 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

**【請求項 30】**

前記送信部は、

前記二次元トランスデューサーアレイに含まれる M 個の一次元トランスデューサーアレイに、M 個の互いに直交するコードをそれぞれ印加することを特徴とする請求項 17 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

**【請求項 31】**

前記映像プロセッサは、

前記反射信号から獲得された信号の強度を組み合わせ、前記被検体の映像情報を生成することを特徴とする請求項 17 に記載の三次元超音波ボリュームスキャン装置。

**【請求項 32】**

請求項 1 乃至 16 のいずれか一項に記載の三次元超音波ボリュームスキャン方法を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、超音波映像分野に係り、より詳細には、二次元トランスデューサーアレイを利用して三次元超音波ボリュームスキャンを行う方法及び装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

超音波診断器におけるプローブは、一般的にトランスデューサーで製造される。三次元映像検出装置のプローブから数 kHz ~ 数百 MHz 範囲の超音波が患者の身体内部の特定

10

20

30

40

50

の部位に伝達されると、その超音波は、異なる複数の組織間の階層から部分的に反射される。特に、超音波は、身体内部での密度変化がある箇所、例えば、血漿内の血球、臓器内の小さい組織などで反射される。このように反射された超音波は、プローブのトランスデューサーを振動させ、トランスデューサーは、この振動による電气的パルスを出力する。この電气的パルスが、映像に変換される。

【 0 0 0 3 】

最近、医療用超音波映像のための超音波スキャナーは、一般的に64～256個のトランスデューサー配列素子を利用して、超音波ビームを電子的にスイッチング又はステアリングしてフォーカシングする。ここで、複数のトランスデューサーを線形的に配列した場合、この超音波ビームは、側方向のみにスイッチング又はステアリングされ、その結果、高度方向にはスイッチング又はステアリングされないで、二次元映像のみが得られる。

10

【 0 0 0 4 】

トランスデューサーが高度方向と側方向の両方に配列された二次元配列では、側方向及び高度方向の両方で超音波ビームがスイッチング又はステアリングされるので、双方の動的フォーカシングを可能にする。その結果、最近、三次元ボリュームの超音波映像が得られる装置が出ている。これに関連した先行技術としては、特許文献1及び2に開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

20

【 0 0 0 5 】

【 特許文献1 】 米国特許第5,305,756号明細書

【 特許文献2 】 米国特許第5,417,219号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記従来技術に鑑みてなされたものであって、本発明の目的は、少ないトランスデューサーを使用し、時間当たりのデータ処理量を減少させて、リアルタイムで三次元ボリュームの超音波映像を得る方法及びその装置を提供することにある。

また、本発明の目的は、上記方法をコンピュータで実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することにある。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するためになされた本発明の一態様による複数のトランスデューサーが二次元に配列された二次元トランスデューサーアレイを利用した三次元超音波ボリュームスキャン方法は、二次元に配列された前記複数のトランスデューサーのうちの少なくとも二つ以上のトランスデューサーが線形に配列された少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに、少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを印加するステップと、前記複数のトランスデューサーにより受信した被検体の反射信号から、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得するステップと、前記反射信号から獲得された信号を利用して、前記被検体の映像情報を生成するステップと、を有する。

40

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するためになされた本発明の一態様によって、上述した三次元超音波ボリュームスキャン方法を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供する。

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するためになされた本発明の一態様による三次元超音波ボリュームスキャン装置は、複数のトランスデューサーが二次元に配列された二次元トランスデューサーアレイと、二次元に配列された前記複数のトランスデューサーのうちの少なくとも二つ以

50

上のトランスデューサーが線形に配列された少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに、少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを印加する送信部と、前記複数のトランスデューサーにより受信した被検体の反射信号から、前記少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得する受信部と、前記反射信号から獲得された信号を利用して、前記被検体の映像情報を生成する映像プロセッサと、を備える。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、リアルタイムで三次元ボリュームの超音波映像を提供することができ、且つ高いレベルのフレーム率と高解像度の映像の質とを維持できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の一実施形態による超音波映像システムの構成図である。

【図2】一つの一次元トランスデューサーアレイが二次元映像の一つのピクセルについての映像情報を得る方法を示す図である。

【図3】高度方向の一次元トランスデューサーアレイにより形成された送信ビーム平面又は受信ビーム平面を示す図である。

【図4】一次元トランスデューサーアレイにおけるビームの動的集束を示す図である。

【図5】交差トランスデューサーアレイを利用したスキャンラインの形成を示す図である。

20

【図6】図1に示したプローブと超音波ボリュームスキャン装置の構成図である。

【図7A】本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイを示す図である。

【図7B】本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイを示す図である。

【図7C】本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイを示す図である。

【図7D】本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイを示す図である。

【図8】本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイに含まれる一次元トランスデューサーアレイのビーム平面の形成を示す図である。

【図9】本発明の一実施形態によるビームの動的集束を示す図である。

【図10】本発明の一実施形態によるビームのステアリング及び動的集束を示す図である。

30

【図11】本発明の一実施形態による複数の一次元トランスデューサーアレイを利用した超音波ビームの動的集束を示す図である。

【図12】本発明の一実施形態による送信部及び受信部の構成を示す図である。

【図13A】ゴレイコードの一例を示す図である。

【図13B】ゴレイコードの一例を示す図である。

【図13C】図13Aのコードがパルサーで出力される場合のトランスデューサーで発生する音波を示す図である。

【図13D】図13Bのコードがパルサーで出力される場合のトランスデューサーで発生する音波を示す図である。

【図14】本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイが一つの集束点に二つのコードを利用して送信することを示す図である。

40

【図15】図14の交差トランスデューサーアレイが二つのコードを受信することを示す図である。

【図16】図14及び図15の実施形態による受信デコーダの構成を示す図である。

【図17】本発明の一実施形態による三次元超音波ボリュームスキャン方法を示すフローチャートである。

【図18】図14に示した交差トランスデューサーアレイを利用した三次元超音波ボリュームスキャン方法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】

【0012】

50

以下、本発明を実施するための形態の具体例を、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0013】

図1は、本発明の一実施形態による超音波映像システムの構成図である。図1を参照すると、本実施形態による超音波映像システムは、プローブ101、超音波ボリュームスキャン装置102、及び映像表示装置103で構成される。プローブ101は、高度方向に一行に配置されている一次元トランスデューサーの集合である高度方向のトランスデューサーアレイと、側方向に一行に配置されている一次元トランスデューサーの集合である側方向のトランスデューサーアレイとが交差した形態の二次元トランスデューサーアレイを含む。二次元トランスデューサーアレイの詳細な構造については後述する。プローブ101のトランスデューサーアレイに含まれる各トランスデューサーに、超音波ボリュームスキャン装置102から、各トランスデューサーに対応する電気的信号が入力されると、各トランスデューサーは、このように入力された電気的信号を、被検体の内部の映像情報を検出するためのソース信号に変換する。

10

【0014】

ここで、被検体の代表的な例としては、人体であり、その他に動物の身体、金属なども含まれる。以下では、被検体を人体として特定して、本発明の実施形態を説明する。但し、図1に示した実施形態及び後述する実施形態において、被検体が人体以外に他の対象、例えば、動物の身体、金属などであってもよいことを、上述した実施形態が属する技術の分野で当業者であるならば理解できる。一方、プローブ101が一つのトランスデューサーのみを使用せず、トランスデューサーアレイのように、複数個のトランスデューサー素子を使用する理由は、一つのトランスデューサーで生成されるソース信号の強度が、被検体の内部の映像情報を検出するほど強くないためである。複数個のトランスデューサー素子を利用して、所望の地点に信号を集束することによって、信号の強度と映像の解像度の両方を向上させることができる。

20

【0015】

超音波ボリュームスキャン装置102は、図1に示したように、プローブ101と異なる装置として具現される。図1に示した実施形態に属する技術の分野で当業者であるならば、プローブ101と超音波ボリュームスキャン装置102とを、一つの装置として統合して具現してもよいことを理解できる。

【0016】

超音波ボリュームスキャン装置102は、次のように二次元医療映像を生成する。超音波ボリュームスキャン装置102は、プローブ101の交差トランスデューサーアレイから送信されたソース信号を、人体の内部の特定の地点(集束点)に集束する。以下、集束点から反射されたソース信号を反射信号という。超音波ボリュームスキャン装置102は、反射信号から、集束点に関するピクセルの映像情報を検出する。次いで、超音波ボリュームスキャン装置102は、異なる集束点にソース信号を集束して反射信号を獲得する方式により、異なるピクセルの映像情報を検出する。超音波ボリュームスキャン装置102は、人体の内部の二次元撮影領域を構成する全ての地点に対して、上述した過程を反復することによって、人体の内部の二次元撮影領域を構成するピクセルの映像情報を検出し、このように検出されたピクセルの映像情報を併合することによって、人体の内部の二次元撮影領域の医療映像を生成する。

30

40

【0017】

図2は、一つの一次元トランスデューサーアレイ21が二次元映像の一つのピクセルについての映像情報を得る方法を示す図である。図2において、一次元トランスデューサーアレイ21は、9個のトランスデューサーが線形的に配列されており、各トランスデューサーには、上から順次に数字が書かれている。但し、本発明において、線形の意味は、必ずしも直線に限定されず、曲線を含んでもよい。例えば、本発明の一次元トランスデューサーアレイの曲率を増加させて、閉曲線、即ち環状アレイを形成するように変形して実施することもできる。集束点20は、上述したように、ソース信号が集束されて二次元映像の映像情報を検出する地点をいい、二次元映像のピクセル位置に対応する被検体の内部の

50

地点に該当する。超音波ボリュームスキャン装置 102 は、トランスデューサーアレイ 21 の各トランスデューサーに、ソース信号に変換可能な複数の電氣的信号 23 を出力する。この時、超音波ボリュームスキャン装置 102 は、プローブ 101 の内部のトランスデューサーの個数の電氣的信号を出力する。例えば、図 2 において、トランスデューサーの個数である 9 個の電氣的信号を出力する。ここで、プローブ 101 が生成する 9 個のソース信号が集束されるためには、集束点 20 に同時に到達しなければならない。一方、トランスデューサーアレイ 21 の一次元的な配列のため、任意の集束点 20 と各トランスデューサーとの間の距離は異なる。従って、各トランスデューサーがソース信号を同時に発生すると仮定した場合、集束点 20 と各トランスデューサーとの間の距離差によって、ソース信号が集束点 20 に達する時間は異なる。即ち、図 2 において、集束点 20 とトランスデューサーアレイ 21 の最初のトランスデューサーとが一番近く、2 番目から 9 番目に行くほど少しずつ距離が増加する。従って、9 番目のトランスデューサーが、集束点 20 と距離が一番遠い。即ち、プローブ 101 が生成した複数のソース信号が集束点 20 に同時に達するためには、集束点 20 から相対的に遠い 9 番目のトランスデューサーが先にソース信号を生成し、相対的に近い最初のトランスデューサーが最後にソース信号を生成しなければならない。最初のトランスデューサーが信号を生成する瞬間、残りのトランスデューサーで生成された信号が自身の経路上に位置する地点を連結した線は、集束点 20 に対応する遅延パターン 22 という。

10

**【0018】**

結局、プローブ 101 の内部の各トランスデューサーがソース信号を生成する時間を異ならせるために、超音波ボリュームスキャン装置 102 は、プローブ 101 の内部の各トランスデューサーに、複数の電氣的信号 23 が入力される時間が異なって設定されなければならない。上述したように、この 9 個の電氣的信号を、プローブ 101 が 9 個のソース信号として出力する。即ち、超音波ボリュームスキャン装置 102 は、各トランスデューサーと集束点 20 との距離差に反比例する時間の長さほど各トランスデューサーに入力される電氣的信号を遅延させた後で、各トランスデューサーに出力する。これを通じて、各トランスデューサーから出力されたソース信号を一つの集束点 20 に集束させる。電氣的信号の遅延時間に比例して、ソース信号の生成が遅延される。ここで、9 番目のトランスデューサーに入力される電氣的信号は、時間遅延なしにトランスデューサーに入力される。このような方法により、超音波ボリュームスキャン装置 102 が所望の任意の集束点 20 に複数の信号が同時に達するようにソース信号を制御することを、送信ビームフォーミングという。

20

30

**【0019】**

上述したビームフォーミングは、超音波ボリュームスキャン装置 102 から送信されるソース信号にのみ適用されるものではなく、超音波ボリュームスキャン装置 102 により受信した反射信号にも同様に適用される。トランスデューサーアレイ 21 が送信したソース信号は、上述したような送信ビームフォーミングにより集束点 20 で重畳され、重畳されたソース信号は、集束点 20 から反射されて再びトランスデューサーアレイ 21 に達する。トランスデューサーアレイ 21 の各トランスデューサーは、各トランスデューサーに達した反射信号を電氣的信号に変換して、超音波ボリュームスキャン装置 102 に出力する。上述したように、このように変換された電氣的信号の強度は非常に微弱であるため、超音波ボリュームスキャン装置 102 は、複数の電氣的信号を一つに合成した信号を使用して映像を構成する。しかし、各トランスデューサーと集束点 20 との距離差のため、反射されたソース信号が再び各トランスデューサーに戻る時間が異なり、結果として各トランスデューサーが電氣的信号を生成する時間も異なる。従って、超音波ボリュームスキャン装置 102 は、各トランスデューサーから出力された電氣的信号を一つの信号に合わせるために、各トランスデューサーと集束点 20 との距離差に反比例する時間の長さほど、各トランスデューサーから出力された電氣的信号を遅延させる。超音波ボリュームスキャン装置 102 は、トランスデューサーアレイ 21 の全てのトランスデューサーからの電氣的信号の出力が完了する時点で、電氣的信号を合算する。ここで、トランスデューサー

40

50

アレイ 2 1 の各トランスデューサーのうち、集束点 2 0 との距離が一番遠い 9 番目のトランスデューサーから出力された電気的信号は、超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 に最後に入力されるので、時間遅延なしに他のトランスデューサーから出力された電気的信号と合算する。このように、各トランスデューサーから出力された電気的信号を遅延させて合算することを、受信ビームフォーミングという。

#### 【 0 0 2 0 】

超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 は、プローブ 1 0 1 の内部のトランスデューサーアレイ 2 1 が生成した複数の電気的信号を受信ビームフォーミングし、ビームフォーミングされた信号の強度を利用して集束点の輝度情報を抽出する。そして、それを人体の内部の二次元撮影領域の複数の地点に対して反復的に行って得た輝度情報を合わせて二次元医療映像を生成する。このような輝度情報に基づいた映像を B モード映像という。但し、当業者ならば、B モード映像以外に、A モード映像及び M モード映像を自明に予測可能であるため、これについての具体的な説明は省略する。生成された医療映像は、映像表示装置 1 0 3 に送られる。図 2 の一次元トランスデューサーアレイ 2 1 を利用した場合に二次元映像が生成されるが、本発明の一実施形態では、二次元トランスデューサーアレイを利用して三次元超音波ボリューム映像を生成できる。

10

#### 【 0 0 2 1 】

映像表示装置 1 0 3 は、超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 から医療映像が入力されて、それをディスプレイする。

#### 【 0 0 2 2 】

一方、上述した送信又は受信ビームフォーミングの集束点 2 0 は、ソース信号又は反射信号の位相変換又は時間遅延を通じて他の集束点 2 4 に変更される。それをビームのステアリングという。以下において、遅延とは、位相変換と時間遅延とを包括する。送信ビームフォーミングのステアリングの場合、各集束点別にトランスデューサーアレイ 2 1 に加えられる遅延パターンが異なる。従って、一般的に送信ビームフォーミングは、同時に多重の集束点を形成できないという問題がある。例えば、集束点 2 0 に対する送信ビームフォーミングを完了した後、他の集束点 2 4 に対して送信ビームフォーミングが行われる。送信ビームフォーミングで集束点の位置を変更するステアリングは、変更された集束点の数ほど、送信ビームを形成しなければならない回数が増加する。従って、ステアリングを通じて一つの三次元映像を獲得するのにかかる時間は、送信ビームの形成回数に比例して増加する。これと異なり、受信ビームフォーミングのステアリングは、送信ビームフォーミングのステアリングより速く行われる。受信ビームフォーミングのステアリングは、トランスデューサーアレイ 2 1 の各トランスデューサーにより受信した信号を、メモリなどの記憶媒体に保存し、その保存された信号に遅延パターン 2 2 と遅延パターン 2 5 とを並列に適用させるためである。即ち、受信ビームフォーミングのステアリングは、受信した信号を処理する過程で遅延パターンを変更するものとして理解することができる。

20

30

#### 【 0 0 2 3 】

図 3 は、高度方向の一次元トランスデューサーアレイ 2 1 により形成された送信ビーム平面 2 0 2 1 又は受信ビーム平面 2 0 2 2 を示す図である。図 3 において、立方体で示した部分のそれぞれはトランスデューサーを表し、複数のトランスデューサーが直列に結合された部分は、トランスデューサーアレイ 2 1 である。各トランスデューサーに電気的信号を印加する場合、ホイヘンスの原理によって、各トランスデューサーから放射状にソース信号が伝播される。図 2 の例のように、超音波信号のビームフォーミングを行った場合、トランスデューサーから放射状に伝播されたソース信号が重畳される。図 3 を参照すると、三次元空間で重畳される部分は、トランスデューサーアレイ 2 1 の真中にあるトランスデューサーを中心として、半径  $r$  を有する一つの扇形の平面形状を有する。このような平面を、送信ビーム平面 2 0 2 1 という。これについての先行技術として、米国特許第 5, 3 0 5, 7 5 6 号明細書及び米国特許第 5, 4 1 7, 2 1 9 号明細書では、送信ビーム平面又は受信ビーム平面のビーム集束について開示している。

40

#### 【 0 0 2 4 】

50

図3において、側方向203と深さ方向204とからなる平面と、送信ビーム平面2021とがなす角度をとする。一方、ここで、深さ方向は、形成された超音波ビームの軸と一致する方向であるので、深さ方向は、軸方向と同じ意味で使われる。超音波ボリュームスキャン装置102は、図2で述べたビームフォーミングのステアリングを通じて、送信ビーム平面の値を変更させる。これと同様に受信ビーム平面2022を定義するが、送信ビーム平面2021を形成する時と同様に、受信ビーム平面2022は、ソース信号が反射されて戻る反射信号をビームフォーミングする時に生成される扇形の平面を意味する。受信ビーム平面2022も同様に、ビームフォーミングのステアリングを通じて、値を変更させる。

#### 【0025】

互いに直交する交差トランスデューサーアレイには、高度方向と側方向の一次元トランスデューサーアレイが直交して配置される。側方向の一次元トランスデューサーアレイの送信ビーム平面及び受信ビーム平面の形成は、図3に示した高度方向の一次元トランスデューサーアレイ21の送信ビーム平面及び受信ビーム平面の形成と原理が同一であるので、その説明を省略する。

#### 【0026】

図4は、一次元トランスデューサーアレイにおけるビームの動的集束を示す図である。ビームの動的集束とは、トランスデューサーアレイが集束したビームの焦点距離 $R_f$ を、そのビームの軸方向(Z方向)に変更して集束することを意味する。

#### 【0027】

複数のトランスデューサーが、固定された集束点にビームをフォーミングした場合、その集束点では高度方向の分解能に優れているが、集束点から遠くなるほど高度方向の分解能が低下するという短所がある。それにも拘らず、一般的な超音波ボリュームスキャン方法では、送信ビームを固定集束して受信ビームを動的集束する一方向動的集束(1-way dynamic focusing)を利用している。

#### 【0028】

送信時と受信時にいずれもビームを動的に集束する双方向動的集束(2-way dynamic focusing)は、一方向動的集束に比べて、優秀な高度方向の解像度を得られる。しかし、双方向動的集束は、一つの三次元映像を得るために複数回の超音波信号を送信するため、その超音波信号の送信回数に比例して、三次元映像を得るのにかかる時間が増加する。従って、双方向動的集束は、リアルタイムで三次元映像を得るのには通常適していないものとして知られている。

#### 【0029】

双方向動的集束をより具体的に説明すると、一般的な送信動的集束の場合、各焦点距離 $R_{F1}$ 、 $R_{F2}$ 、 $R_{F3}$ に対応する遅延パターンが順次に適用された超音波信号により複数回ビームフォーミングされる。従って、送信動的集束は、焦点距離の個数ほど、超音波信号をビームフォーミングする回数が増える。一方、受信動的集束の場合、トランスデューサーアレイにより受信した信号に複数の遅延パターンを並列に適用できる。従って、受信動的集束は、三次元映像を得るのにかかる時間を増加させない。

#### 【0030】

図3で説明したビームのステアリングと、図4で説明したビームの動的集束は、いずれもビームの集束のためにソース信号又は反射信号を遅延させるという共通点がある。ステアリングと動的集束との差を見ると、ステアリングは角度を変更しており、動的集束は焦点距離 $R_f$ を変更している。しかし、両者は、空間上で集束点の変更のために遅延時間を異ならせるという共通点がある。両者を概念的に区分すると、ステアリングは異なるスキャンラインを構成するのに比べて、動的集束は一つのスキャンライン上の異なる位置に集束される。

#### 【0031】

図5は、交差トランスデューサーアレイ(1011, 1012)を利用したスキャンラインの形成を示す図である。

10

20

30

40

50

## 【0032】

交差トランスデューサーアレイ(1011, 1012)を利用して三次元映像を得る先行技術としては、直交する二つのトランスデューサーアレイのうちの一つのみが信号を送信し、他のトランスデューサーアレイは信号を受信するCA-FF(Cross Array using Fixed Focusing)がある。これは、米国特許第5,901,708号明細書“Method and apparatus for forming ultrasonic three-dimensional images using cross array”に開示された発明である。CA-FFによると、高度方向のトランスデューサーアレイ1011のそれぞれのトランスデューサーから送信信号パターンが入力されると、対象体に伝播されるソース信号を生成する。この生成されたソース信号が対象体により反射されて戻る反射信号を、側方向のトランスデューサーアレイ1012が受信してそれを電気的信号に変換し、変換された電気的信号を変換部に出力する。従って、高度方向のトランスデューサーアレイ1011が送信アレイであると仮定した場合、図5における送信ビーム平面401が形成され、側方向のトランスデューサーアレイ1012が受信アレイであると仮定した場合、受信ビーム平面402が形成される。高度方向をY軸、側方向をX軸、深さ方向をZ軸とする座標系を利用して以下の説明を続ける。θはX-Z平面と送信ビーム平面とがなす角、φは受信ビーム平面とY-Z平面とがなす角を意味する。送信アレイ(1011)の各トランスデューサーに、θに対応する送信信号パターンが印加されることによって、角度θを有する送信ビーム平面401が形成される。この場合、送信アレイ(1011)による信号が重畳される領域は、送信ビーム平面401の扇形の中心から距離がrである円弧に該当する領域である。同様に、受信アレイ(1012)が反射ソース信号をビームフォーミングさせると、角度φを有する受信ビーム平面402が形成される。この場合も、信号が増幅される地点は、受信ビーム平面の扇形の中心から距離がrほど離れた円弧領域である。このように形成された送信ビーム平面401と受信ビーム平面402とが交差する直線が形成され、この直線がスキャンラインである。

10

20

## 【0033】

スキャンラインとは、映像の情報が得られる経路を意味する。即ち、スキャンラインは、θとφを特定することによって定義されるが、所定のスキャンラインで扇形の中心からの距離rを調整すると、そのスキャンライン経路上に、中心からの距離rの位置にある位置の映像情報を生成できる。従って、交差トランスデューサーアレイ(1011, 1012)に印加する電気的信号の遅延値を調節して、θとφを所定の値(例えば、1°)ずつ変更し、中心からの距離rを所定の値ほど変更しながら、それぞれのスキャンライン及び距離rに該当する情報を映像に切り替えると、三次元ボリューム超音波映像が形成される。

30

## 【0034】

ここで、φは受信ビーム平面402のステアリング角度を意味するため、受信アレイ(1012)により受信した信号に、複数の受信遅延パターンを並列に適用することによって、ステアリングされた複数の受信ビーム平面が同時に形成される。

## 【0035】

一方、交差トランスデューサーアレイ(1011, 1012)によりスキャンラインが形成されるためには、送信ビーム平面401と受信ビーム平面402とが平行してはならない。即ち、送信ビーム平面401を生成するトランスデューサーアレイと、受信ビーム平面402を生成するトランスデューサーアレイの方向は、異なる方向に構成されなければならない。θ値を調整して複数の受信ビーム平面を形成した場合、一つの送信ビーム平面に対して複数のスキャンラインが形成される。

40

## 【0036】

上述したCA-FF技法による三次元ボリューム超音波映像は、送信固定集束及び受信動的集束を行う一方向動的集束によるため、送信ビームの焦点距離以外では、高度方向の解像度が不良であるという短所がある。即ち、CA-FF技法は、双方向動的集束ができ

50

ないという問題がある。また、C A - F F 技法による三次元ボリューム超音波映像は、値が異なるN個の送信ビーム平面を形成するためにN回のビーム送信が必要であるため、複数のビーム送信により、三次元映像を獲得するのにかかる時間が増加するという問題点がある。

【0037】

しかし、本発明による超音波ボリュームスキャン装置102は、互いに直交するコードを利用するため、双方向動的集束と送信ビーム平面のステアリングとを行ったとしても、三次元映像を得るのにかかる時間を増加させない。以下では、複数のスキャンライン、複数のビーム平面、又は複数の焦点距離に対応して、直交するコードを二次元トランスデューサーアレイに印加することによって、三次元超音波映像を得る方法を説明する。

10

【0038】

図6は、図1に示したプローブ101と超音波ボリュームスキャン装置102の構成図である。本発明によるプローブ101は、複数のトランスデューサーが二次元に配列された二次元トランスデューサーアレイ640を含む。二次元トランスデューサーアレイ640には、少なくとも二つ以上の一次元トランスデューサーアレイが異なる方向に配列されている。二次元トランスデューサーアレイ640は、図5の交差トランスデューサーアレイ以外にも、図7A~図7Dで後述するように多様な形態に変更して実施可能である。

【0039】

図6に示したプローブ101と超音波ボリュームスキャン装置102は、二次元トランスデューサーアレイ640、T/R ( t r a n s m i t / r e c e i v e ) スイッチ604、送信部630、受信部620、及び映像プロセッサ610で構成されている。送信部630は、パルサー601、送信信号遅延部602、送信ビームフォーミング部603、及びコード出力部611で構成され、受信部620は、変換部605、受信信号遅延部606、受信ビームフォーミング部607、及び受信デコーダ609で構成されている。

20

【0040】

二次元トランスデューサーアレイ640は、プローブ101の内部に構成され、図5及び図7A~図7Dに示したように、少なくとも二つ以上の一次元トランスデューサーアレイを含む。図5の交差トランスデューサーアレイを例示すると、高度方向のトランスデューサーアレイ1011と側方向のトランスデューサーアレイ1012とを含む。交差トランスデューサーアレイ(1011, 1012)は、互いに交差しており、X軸とY軸の原点で一つのトランスデューサーを共有する。二次元トランスデューサーアレイ640は、パルサー601から、T/Rスイッチ604を通じてそれぞれのトランスデューサーに送信信号パターンが入力されると、それをソース信号に変換する。二次元トランスデューサーアレイ640は、このソース信号が対象体により反射されて戻ると、反射されたソース信号を再び電気的信号に変換する。

30

【0041】

一方、一つの一次元トランスデューサーアレイのみで三次元ボリュームの映像を形成する技法としては、フリーハンドスキャン方式、又はモーターによる機械的なスキャンを行うウォブリング方式がある。しかし、フリーハンドスキャン方式又はウォブリング方式による場合、三次元映像の解像度やフレーム率には限界がある。従って、高速及び高解像度の三次元映像を提供するためには、二次元トランスデューサーアレイを利用することが望ましい。ここで、トランスデューサーの個数は、例えば高度方向及び側方向にそれぞれ96個である場合、 $96 \times 96$ 個、即ち9216個のトランスデューサーが必要である。このように多くのトランスデューサーを含む一般的な二次元トランスデューサーアレイを使用するためには、トランスデューサーのそれぞれに印加される信号を制御して解析するための超音波スキャン装置も規模が大きくなる。結果、トランスデューサーアレイ及び超音波スキャン装置の生産コストは高くなる。本発明における交差トランスデューサーアレイ(1011, 1012)のトランスデューサーの個数は、例えば、高度方向及び側方向にそれぞれ96個である場合、 $96 \times 2$ 個、即ち、192個のトランスデューサーのみが必要である。従って、交差トランスデューサーアレイ(1011, 1012)を利用した超

40

50

音波ボリュームスキャン装置及びプローブは、一般的な二次元トランスデューサーアレイを利用する時よりもはるかに少ない素子で具現できるため、同じ品質の映像を生成する条件下ではるかに更に経済的である。また、アレイの個数が多くなるほど、プローブ101と超音波スキャン装置102とを連結するケーブルの本数も多くなるため、結果、ケーブルが重くなる。一般的に、超音波は、検査時間が平均して20～30分かかり、場合によって更に長いため、ケーブルは軽くなることが要求される。

#### 【0042】

パルサー601は、両極パルサーであり、送信ビームフォーミング部603から遅延された送信信号パターンが入力され、それを既定の大きさの電圧を有する二極性パルスに増幅した後、T/Rスイッチ604を通じて二次元トランスデューサーアレイ640に印加する。二次元トランスデューサーアレイ640が、パルサー601から入力された二極性パルスの電圧に応答し、超音波パルスを生成して人体の内部の特定の地点に送信する。

10

#### 【0043】

送信信号遅延部602は、送信ビームフォーミング部603に提供する二次元トランスデューサーアレイ640の各トランスデューサーの位置によって変わる超音波が対象体に達する時間を補償するための超音波パルスの遅延パターンを、ルックアップテーブルの形態で保存する。二次元トランスデューサーアレイ640に含まれる所定の一次元トランスデューサーアレイの送信ビーム平面のステアリング角度及び円弧の半径 $r$ を変更するために、パルサー601は、それぞれのトランスデューサーに送信信号パターンが印加される時間を異なって設定しなければならないためである。これは、図2で説明したビームフォーミングの概念である。従って、送信信号遅延部602は、任意の送信ビーム平面のステアリング角度及び半径 $r$ に対して信号が印加される時間をテーブルに保存する。送信信号遅延部602は、制御部(図示せず)により送信ビーム平面のステアリング角度及び半径 $r$ が入力されると、この角度に対応する遅延ルックアップテーブルを送信ビームフォーミング部603に出力する。

20

#### 【0044】

送信ビームフォーミング部603は、送信信号遅延部602から集束点に焦点を合わせるための遅延値がルックアップテーブルのような形態で入力され、コード出力部611から送信信号パターンが入力される。送信ビームフォーミング部603は、ルックアップテーブルに基づいて送信信号パターンを遅延させる。

30

#### 【0045】

コード出力部611は、送信ビームフォーミング部603に提供するための送信信号パターンを保存する。例えば、互いに直交するコードとしてコードa及びbを保存し、これらのコードを送信ビームフォーミング部603に出力するものとして説明する。

#### 【0046】

T/Rスイッチ604は、パルサー601、変換部605、及び二次元トランスデューサーアレイ640を連結するか又は遮断する。T/Rスイッチ604は、パルサー601が送信信号パターンを二次元トランスデューサーアレイ640に出力する時に変換部605を遮断する。T/Rスイッチ604は、二次元トランスデューサーアレイ640が反射信号を受信して電氣的信号を変換部605に出力する時にパルサー601との連結を遮断し、二次元トランスデューサーアレイ640と変換部605とを連結する。即ち、T/Rスイッチ604は、パルサー601で放出される高圧の電力が変換部605に影響を与えないようにするデュプレクサの役割を行い、二次元トランスデューサーアレイ640が送信及び受信を交互に行う時、パルサー601と変換部605とを二次元トランスデューサーアレイ640に適切にスイッチングする役割を行う。

40

#### 【0047】

上述した同時に送信された二つのコードa及びbのソース信号が対象体により反射されて戻った反射信号を、二次元トランスデューサーアレイ640が受信する。ここで、二次元トランスデューサーアレイ640が受信した反射信号は、コードa及びbが混合されている。二次元トランスデューサーアレイ640の内部のそれぞれのトランスデューサーは

50

、受信したコード a 及び b が混合されている信号をそれぞれのトランスデューサーで電気的信号に切り替え、複数個の電気的信号を T / R スイッチ 6 0 4 を通じて変換部 6 0 5 に出力する。

【 0 0 4 8 】

受信部 6 2 0 は、二次元トランスデューサーアレイ 6 4 0 により受信した反射信号から、直交するコード a 及び b のそれぞれのコード成分を獲得する。例えば、二次元トランスデューサーアレイが交差トランスデューサーアレイである場合を説明すると、側方向のトランスデューサーアレイにより受信した被検体の反射信号から高度方向のトランスデューサーアレイが送信したコードを獲得し、高度方向のトランスデューサーアレイにより受信した被検体の反射信号から側方向のトランスデューサーアレイが送信したコードを獲得する。

10

【 0 0 4 9 】

変換部 6 0 5 は、二次元トランスデューサーアレイ 6 4 0 から T / R スイッチ 6 0 4 を通じて印加された反射信号を増幅した後、デジタル信号に変換する。変換部 6 0 5 は、例えば、前置増幅器、超音波が身体の内部を通過しながら発生する減衰を補償するための時間利得補償 ( Time Gain Compression : TGC ) ユニット、及びアナログ・デジタル変換器 ( Analog to Digital Converter : ADC ) で構成されている。

【 0 0 5 0 】

受信信号遅延部 6 0 6 は、受信ビームフォーミング部 6 0 7 に、遅延ルックアップテーブルのような形態で、受信ビームフォーミングのための受信時間遅延値の情報を提供する。遅延ルックアップテーブルのような形態とは、受信ビームフォーミング部 6 0 7 が各トランスデューサーから出力された電気的信号を一つの信号に合わせるために、各トランスデューサーと集束点との距離差に対応する時間の長さについての情報を、テーブル形態で保存したものを意味する。

20

【 0 0 5 1 】

受信ビームフォーミング部 6 0 7 は、受信信号遅延部 6 0 6 から、遅延値についての情報がルックアップテーブルのような形態で入力されると、これに基づいて変換部 6 0 5 が変換した電気的信号を遅延させた後で、二次元トランスデューサーアレイ 6 4 0 に含まれる一次元トランスデューサーアレイの全てのトランスデューサーからの電気的信号の出力が完了する時点で、その電気的信号を合算して受信デコーダ 6 0 9 に出力する。

30

【 0 0 5 2 】

受信デコーダ 6 0 9 は、受信ビームフォーミング部 6 0 7 から出力された信号が入力され、該入力された信号を、 a コード成分が含まれる信号と b コード成分が含まれる信号とに分離し、このように分離された信号のそれぞれから映像情報を抽出して映像プロセッサ 6 1 0 に出力する。コードを分離する理由は、三次元映像を形成するために、二次元トランスデューサーアレイ 6 4 0 のうちのいずれか一つのトランスデューサーアレイがソース信号を送信する場合、反射されて戻る反射信号をそのトランスデューサーアレイが受信してはならず、他のトランスデューサーアレイが反射信号を受信しなければならない。従って、上述した交差トランスデューサーアレイの場合のように、高度方向のトランスデューサーアレイがコード a を送信すると、側方向のトランスデューサーアレイがコード a の反射信号を受信しなければならない、逆に側方向のトランスデューサーアレイがコード b を送信すると、高度方向のトランスデューサーアレイがコード b の反射信号を受信しなければならない。側方向のトランスデューサーアレイが受信した電気的信号は、受信デコーダがコード a と相関演算を行ってコード a の反射信号のみを抽出し、高度方向のトランスデューサーアレイが受信した電気的信号は、受信デコーダ 6 0 9 がコード b の反射信号のみを抽出しなければならない。

40

【 0 0 5 3 】

図 7 A ~ 図 7 D は、本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイを示す図である。

50

## 【 0 0 5 4 】

先ず、図 7 A の二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a を見ると、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a は、側方向 ( j 方向 ) に 6 個のトランスデューサーが配列され、高度方向 ( i 方向 ) にも 6 個のトランスデューサーが配列されている。従って、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a は、総 3 6 個のトランスデューサーを含む 6 × 6 行列のような構造を有する。ここで、6 × 6 の二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a は、M × N の二次元トランスデューサーアレイを例示的に説明するために、M と N とを 6 で表現した。

## 【 0 0 5 5 】

本発明の超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 は、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a に含まれるトランスデューサーに、互いに直交するコードを印加する。超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 は、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a に含まれる少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに、互いに直交するコードを印加する。超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 が互いに直交するコードを印加する方法は、図 8 以降で説明し、それに先立って、直交するコードの印加の対象となる一次元トランスデューサーアレイについて説明する。

## 【 0 0 5 6 】

二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a は、複数の一次元トランスデューサーアレイを含む。例えば、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a を行列で表現すると、それぞれの行と列の両方は、一次元トランスデューサーアレイに該当するため、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a は、行と列とを合わせて 1 2 個の一次元トランスデューサーアレイを含む。各行と列に対応する一次元トランスデューサーアレイに含まれるトランスデューサーは、線形に配列されれば十分であるので、トランスデューサーは、必ずしも 6 個ではなくてもよい。例えば、各トランスデューサーを ( i , j ) で表現すると、5 個のトランスデューサーの集合 { ( 0 , 1 ) , ( 0 , 2 ) , ( 0 , 3 ) , ( 0 , 4 ) , ( 0 , 5 ) } は、一つの一次元トランスデューサーアレイを形成する。また、一次元トランスデューサーアレイにおいて、トランスデューサーは線形に配列されれば十分であるので、一次元トランスデューサーアレイの方向は、必ずしも側方向又は高度方向と平行しなくてもよい。例えば、対角線方向のトランスデューサーの集合 { ( 0 , 0 ) , ( 1 , 1 ) , ( 2 , 2 ) , ( 3 , 3 ) , ( 4 , 4 ) , ( 5 , 5 ) } は、他の一次元トランスデューサーアレイを形成する。超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 は、二次元トランスデューサーアレイに含まれる少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイを、超音波信号を送信するアレイとして利用する。

## 【 0 0 5 7 】

本発明において、超音波信号を受信する一次元トランスデューサーアレイは、その超音波信号を送信した一次元トランスデューサーアレイと異なる方向に配置されなければならないことは上述した通りである。従って、図 7 A に示したように、本発明の二次元トランスデューサーアレイは、少なくとも一つの送信アレイと少なくとも一つの受信アレイとをそれぞれ含むため、少なくとも二つ以上の一次元トランスデューサーアレイを含まなければならない。一方、超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 は、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a に含まれる 3 6 個のトランスデューサーをいずれも使用して超音波信号を送受信できるが、上述したように、少なくとも二つ以上の一次元トランスデューサーアレイのみを利用して超音波信号を送受信してもよい。従って、本発明の超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 は、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a で、超音波の送受信に使われていないトランスデューサーを除去した形態の二次元トランスデューサーアレイを使用できる。

## 【 0 0 5 8 】

以上の説明では、二次元トランスデューサーアレイ 7 0 0 a に含まれる線形の一次元トランスデューサーアレイは、トランスデューサーが直線型に配列されたものを仮定して説明した。しかし、本発明において、線形の意味は、必ずしも直線に限定されず、曲線を含

10

20

30

40

50

んでもよい。また、本発明の一次元トランスデューサーアレイの曲率を増加させて、閉曲線、即ち環状アレイを形成するように変形して行うこともできる。

【0059】

図7B～図7Dは、本発明の一実施形態によって、超音波の送受信に使われていないトランスデューサーを除去した形態の二次元トランスデューサーアレイを示す。但し、図7B～図7Dの二次元トランスデューサーアレイは、少なくとも二つ以上の一次元トランスデューサーアレイを含む二次元トランスデューサーアレイを例示的に列挙した図面であるため、本発明の真の権利範囲は、上記実施形態に限定されない。

【0060】

以下、図8～図12についての説明では、超音波ボリュームスキャン装置102が、二次元トランスデューサーアレイ640に含まれる一つの一次元トランスデューサーアレイに、複数の直交するコードを印加する方法を説明する。即ち、超音波ボリュームスキャン装置102が、二次元トランスデューサーアレイ640に含まれるN(Nは、1以上)個の一次元トランスデューサーアレイに、M(M>N)個の直交するコードを印加する方法を説明する。

10

【0061】

図8は、本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイに含まれる一次元トランスデューサーアレイのビーム平面の形成を示す図である。

【0062】

図8を参照すると、一次元トランスデューサーアレイ810は、一回の送信により三つの送信ビーム平面820, 830, 840を同時に形成する。図8の一次元トランスデューサーアレイ810は、図5及び図7A～図7Dの二次元トランスデューサーアレイに含まれるいずれか一つの一次元トランスデューサーアレイを意味する。

20

【0063】

従来技術によると、一次元トランスデューサーアレイ810は、集束するビームの角度をステアリングすることによって、送信ビーム平面820, 830, 840を順次に形成した。しかし、本発明では、各送信ビーム平面のステアリング角に対応する送信遅延パターンを互いに直交するコードに適用することによって、送信ビーム平面820, 830, 840を同時に形成する。一つの送信ビーム平面内にN個のスキャンラインが形成されると仮定する場合、従来技術によると、一回のビーム送信結果を利用してN個のスキャンラインを形成するが、本発明によると、一回のビーム送信結果を利用して3×N個のスキャンラインが形成される。図8において、送信ビーム平面は、三つであることを仮定しているが、これは説明の便宜のための例示であるため、K(K>1)個の送信ビーム平面を形成することができる。

30

【0064】

送信ビーム平面820, 830, 840をそれぞれ区分するために、コード出力部611は、互いに直交するコードセットAを送信ビームフォーミング部603に出力する。SET A = {a1, a2, a3}は、互いに直交するコードa1, a2, a3を含む。ここで、直交とは、自己相関は1であり交差相関は0である特性を意味する。従って、aiとaj(但し、i≠j)の相関は0となる特性がある。言い替えると、直交とは、信号の直交をいい、特性の同じ二つ以上の信号体系が互いに影響を与えずに共に動作可能な状態や特性をいう。直交コードを活用すると、同時に二つ以上の信号を送信しても互いに干渉なしに反射信号を分析することができる。

40

【0065】

しかし、擬似直交特性を有するコードを直交コードとしても使用できる。擬似直交特性とは、自己相関結果がインパルス関数(一般的に、Dirac-delta functionをいい、 $\delta(t) = 1$  at  $t = 0$ 、 $\delta(t) = 0$  at  $t \neq 0$ の特性を有する関数)と類似しており、交差相関結果が0に近い特性を有することを意味する。ここで、類似しているという意味は、 $t = 0$ での自己相関値に比べて、 $t \neq 0$ での自己相関値と交差相関値とが、例えば30dBよりも更に小さい値を有することをいう。

50

## 【 0 0 6 6 】

以下、直交コード S E T A を利用して、送信ビーム平面 8 2 0 , 8 3 0 , 8 4 0 を形成する方法を説明する。一次元トランスデューサーアレイ 8 1 0 は、M 個のトランスデューサーを含む。

## 【 0 0 6 7 】

送信ビーム平面 8 2 0 についての第 1 送信遅延パターン Z 1 は、M 個のトランスデューサーのそれぞれについての遅延時間を定義する。これと同様に、送信ビーム平面 8 3 0 と送信ビーム平面 8 4 0 とに対応する第 2 送信遅延パターン Z 2 と第 3 送信遅延パターン Z 3 とが存在する。送信信号遅延部 6 0 2 は、制御部 ( 図示せず ) から送信ビーム平面 8 2 0 、 8 3 0 、 8 4 0 のそれぞれのステアリング角度 及び焦点距離 r が入力されて、送信遅延パターン Z 1 , Z 2 , Z 3 を送信ビームフォーミング部 6 0 3 に出力する。

## 【 0 0 6 8 】

【数 1】

$$Z1 = [d1, d2, d3, \dots, dm]^T$$

$$Z2 = [e1, f2, f3, \dots, fm]^T$$

$$Z3 = [f1, f2, f3, \dots, fm]^T$$

## 【 0 0 6 9 】

送信ビームフォーミング部 6 0 3 は、送信信号遅延部 6 0 2 から送信遅延パターン Z 1 , Z 2 , Z 3 が入力されて、送信信号 g ( t ) を遅延させる。ここで、送信信号 g ( t ) を送信遅延パターンによって遅延させた信号は、数式 2 のように M a t r i x G で表すことができる。

## 【 0 0 7 0 】

【数 2】

$$\text{Matrix } G = \begin{bmatrix} g(t-d1) & g(t-e1) & g(t-f1) \\ g(t-d2) & g(t-e2) & g(t-f2) \\ g(t-d3) & g(t-e3) & g(t-f3) \\ g(t-d4) & g(t-e4) & g(t-f4) \\ \dots & \dots & \dots \\ g(t-dm) & g(t-em) & g(t-fm) \end{bmatrix}$$

## 【 0 0 7 1 】

トランスデューサーアレイ 8 1 0 の i 番目のトランスデューサーは、M a t r i x G の i 番目の行に対応し、各送信ビーム平面 8 2 0 , 8 3 0 , 8 4 0 は、M a t r i x G の各列に対応する。M a t r i x G の各信号は、同一な信号 g ( t ) を時間遅延したものであるため、互いに相関している。従って、M a t r i x G の各信号をトランスデューサーアレイ 8 1 0 にそのまま印加すると、被検体から反射された信号の成分を送信ビーム平面別に分離できない。このような問題点を解決するために、本発明では、直交するコード s e t A と M a t r i x G の各エレメントとを畳み込み、畳み込んだ成分を合算してトランスデューサーアレイ 8 1 0 に印加する。即ち、送信ビームフォーミング部 6 0 3 は、遅延された送信信号 M a t r i x G を直交するコード s e t A で畳み込む。ここで、送信ビームフォーミング部 6 0 3 は、送信信号 g ( t ) を遅延させ、遅延された送信

信号と直交コードとの畳み込みを行うために、エンコーダを備える。エンコーダを備える送信ビームフォーミング部 603 の詳細な構造については、図 12 で後述する。

【0072】

【数 3】

$G * A$

$$= \begin{bmatrix} a1 * g(t-d1) + a2 * g(t-e1) + a3 * g(t-f1) \\ a1 * g(t-d2) + a2 * g(t-e2) + a3 * g(t-f2) \\ a1 * g(t-d3) + a2 * g(t-e3) + a3 * g(t-f3) \\ \vdots \\ a1 * g(t-dm) + a2 * g(t-em) + a3 * g(t-fm) \end{bmatrix}$$

10

【0073】

20

演算子 ‘\*’ は、畳み込みを意味する。上記行列式の各行は、一次元トランスデューサーアレイ 810 の各トランスデューサーに印加される信号を意味する。

【0074】

送信ビーム平面 820 の焦点距離  $r$  で、トランスデューサーアレイ 810 の各トランスデューサーが送信した信号は重畳されるので、ビームフォーミングが行われ、その信号は、 $M \times a1 * g(t - q1)$  となる。ここで、 $M$  は、 $M$  個のトランスデューサーによる送信信号の伝播過程で媒体による信号損失がないと仮定した場合であって、焦点距離  $r$  での信号の大きさを意味する。 $q1$  は、 $M$  個のトランスデューサーによる送信信号の伝播遅延時間と送信遅延パターン  $Z1$  の遅延時間とを合算した結果であって、全てのトランスデューサーに対して、焦点距離  $r$  で同じ値を有する。例えば、最初のトランスデューサーから送信ビーム平面 820 に到達する伝播遅延時間が  $t1$  であり、 $M$  番目のトランスデューサーから送信ビーム平面 820 に到達する伝播遅延時間が  $tm$  であると仮定する。この場合、 $t1 + d1 = t2 + d2 = \dots = tm + dm = q1$  であるため、それぞれのトランスデューサーで送信された超音波信号は、送信ビーム平面 820 に同一な時間に集束される。同様に、送信ビーム平面 830 の焦点距離  $r$  での信号は、 $M \times a2 * g(t - q2)$  となり、送信ビーム平面 840 の焦点距離  $r$  での信号は、 $M \times a3 * g(t - q3)$  となる。

30

【0075】

以下では、送信ビーム平面 820, 830, 840 に集束された超音波ビームから反射された信号を受信して、受信ビーム平面を形成する方法を説明する。トランスデューサーアレイ 850 は、各送信ビーム平面 820, 830, 840 から反射された超音波信号を受信する。トランスデューサーアレイ 850 は、送信ビーム平面 820, 830, 840 を形成するトランスデューサーアレイ 810 と異なる方向に配置される。例えば、図 5 及び図 7A ~ 図 7D に例示した二次元トランスデューサーアレイのうち、同一な平面上で異なる方向に配列された二つの一次元トランスデューサーアレイを選択した場合、一方は一次元トランスデューサーアレイ 810 となり、他方はトランスデューサーアレイ 850 となる。

40

【0076】

トランスデューサーアレイ 850 には、 $M \times a1 * g(t - q1)$ 、 $M \times a2 * g(t - q2)$ 、 $M \times a3 * g(t - q3)$  の反射信号が到達する。実際に被検体に超音波を集束して反射された信号は全反射でなく、到達過程で一部は被検体により減衰するため、反

50

射信号の大きさが縮小する。説明の便宜上、 $1/M$ に大きさが縮小したものと仮定する。トランスデューサーアレイ 850 は、焦点距離が  $r$  である受信ビーム平面 860 を形成する。受信ビーム平面 860 が三つの送信ビーム平面 820, 830, 840 と交差することによって、三つのスキャンラインが形成される。ステアリング角  $\theta$  である受信ビーム平面 860 を形成するための受信遅延パターン Z4 は、数式 4 のように表すことができる。受信信号遅延部 606 は、制御部 (図示せず) からステアリング角  $\theta$  及び受信ビーム平面 860 の焦点距離  $r$  が入力されると、受信ビーム平面についての受信遅延パターン Z4 を受信ビームフォーミング部 607 に出力する。

【0077】

【数 4】

10

$$Z4 = [w1, w2, w3, \dots, wm]^T$$

【0078】

受信ビームフォーミング部 607 は、受信信号遅延部 606 から入力された受信遅延パターン Z4 によって、トランスデューサーアレイ 850 の各トランスデューサーにより受信した信号を遅延させる。トランスデューサーアレイ 850 の各トランスデューサーにより受信した信号に受信遅延パターン Z4 を適用した結果は、Matrix R のように表すことができる。

20

【0079】

【数 5】

Matrix R

$$= \begin{bmatrix} a1 * g(t - q1 - u1 - w1) + a2 * g(t - q2 - u1 - w1) + a3 * g(t - q3 - u1 - w1) \\ a1 * g(t - q1 - u2 - w2) + a2 * g(t - q2 - u2 - w2) + a3 * g(t - q3 - u2 - w2) \\ a1 * g(t - q1 - u3 - w3) + a2 * g(t - q2 - u3 - w3) + a3 * g(t - q3 - u3 - w3) \\ a1 * g(t - q1 - u4 - w4) + a2 * g(t - q2 - u4 - w4) + a3 * g(t - q3 - u4 - w4) \\ a1 * g(t - q1 - u5 - w5) + a2 * g(t - q2 - u5 - w5) + a3 * g(t - q3 - u5 - w5) \\ \vdots \\ a1 * g(t - q1 - um - wm) + a2 * g(t - q2 - um - wm) + a3 * g(t - q3 - u1 - wm) \end{bmatrix}$$

30

【0080】

行列 R の各行は、トランスデューサーアレイ 850 の各トランスデューサーにより受信した超音波信号を、受信遅延パターン Z4 を適用して遅延させた信号を意味する。ここで、 $u1, u2, \dots, um$  は、送信ビーム平面 820 からの超音波信号がトランスデューサーアレイ 850 の各素子に伝達されるまでの伝播遅延値を意味する。受信ビームフォーミング部 607 は、受信遅延パターン Z4 が適用された Matrix R の全てのエレメントを合算することによって受信ビームフォーミングを行う。ここで、三つのスキャンラインを同時に形成するためには、各送信ビーム平面 820, 830, 840 別に合算された信号を分離しなければならない。

40

【0081】

受信デコーダ 609 は、各送信ビーム平面 820, 830, 840 別に合算された Matrix R の信号を分離するために、コード出力部 611 から受信した直交するコード SET A を利用する。以下では、送信ビーム平面 820 に対して信号を分離する方法を説明する。受信デコーダ 609 は、合算された信号とコード a1 との相関演算を行う。コード SET A の直交特性によって、合算された信号から、コード a2 及び a3 が畳み込

50

まれた多項式の項は除去され、コード a 1 が畳み込まれた項のみが残る。そして、残った項を全て加えると、送信ビーム平面 8 2 0 及び受信ビーム平面 8 6 0 を通じて形成されたスキャンラインの映像情報が得られる。その結果は、数式 6 のように表すことができる。

【 0 0 8 2 】  
【 数 6 】

$$R1 = g(t - q1 - u1 - w1) + g(t - q1 - u1 - w2) + g(t - q1 - u1 - w3) + \dots + g(t - q1 - u1 - wm) \\ = M * g(t - j1)$$

10

【 0 0 8 3 】

数式 6 において、 $q 1 + u 1 + w 2 = q 1 + u 1 + w 2 = \dots = q 1 + u 1 + w m = j 1$  と表すことができるが、これは、受信遅延パターン Z 4 が受信にかかる伝播遅延を補償するためである。従って、トランスデューサーアレイ 8 5 0 の各トランスデューサーにより受信した信号を一つの超音波信号として集束できる。

【 0 0 8 4 】

同様に、コード S E T A の a 2 及び a 3 のそれぞれに対して上述した過程を同一に適用することによって、送信ビーム平面 8 3 0 , 8 4 0 と受信ビーム平面 8 6 0 とが形成するスキャンラインから、映像情報をそれぞれ獲得する。但し、上述した過程では、行列式 R の全てのエレメントを合算した後に S E T A と相関演算を行ったが、相関演算を先に行った後にその相関演算結果を合算しても、同一な値が得られる。コード S E T A の a 1 , a 2 , a 3 を適用することは、順次に適用できるが、複数の受信デコーダを並列に構成することによって a 1 , a 2 , a 3 の相関演算を並列に行ってもよい。この場合、三つのスキャンラインを同時に形成できる。複数の受信デコーダを並列に配置した受信部 6 2 0 の構造は、図 1 2 で後述する。

20

【 0 0 8 5 】

一方、受信ビーム平面 8 6 0 とステアリング角 が異なる他の受信ビーム平面に対しても、上述したスキャンラインの形成過程を同様に適用できる。この場合、受信遅延パターン Z 4 ではなく、ステアリング角 に対応する受信遅延パターン Z 5 、 Z 6 などが適用されなければならない。受信遅延パターンの適用を並列に処理すると、複数の受信ビーム平面を同時に形成できる。若し、s 個の送信ビーム平面を同時に形成し、t 個の受信ビーム平面を同時に形成すると、s x t 個のスキャンラインから映像情報が得られる。即ち、一回の超音波の送受信の過程を通じて、s x t 個のスキャンラインから映像情報が得られるため、三次元映像を構成するのにかかる時間が減少する。そして、s , t の値は、リアルタイムで三次元映像を獲得するのに必要な適切な値に調整される。例えば、3 0 f r a m e / s e c の三次元映像は、1 0 f r a m e / s e c の三次元映像に比べて、より高い s , t の値が要求される。

30

【 0 0 8 6 】

図 9 は、本発明の一実施形態によるビームの動的集束を示す図である。上述したように、ビームの動的集束とステアリングは概念上区分されるが、動的集束の原理はステアリングと同様である。従って、図 8 の説明と重複する部分については、その説明を省略する。

40

【 0 0 8 7 】

図 9 を参照すると、一次元トランスデューサーアレイ 9 1 0 は、一回の送信により三つの焦点距離 9 2 0 , 9 3 0 , 9 4 0 にビームを同時に集束する。図 9 の一次元トランスデューサーアレイ 9 1 0 は、図 5 及び図 7 A ~ 図 7 D の二次元トランスデューサーアレイに含まれるいずれか一つの一次元トランスデューサーアレイを意味する。

【 0 0 8 8 】

各焦点距離に対応する送信遅延パターンを互いに直交するコードに適用することによって、複数の焦点距離 9 2 0 , 9 3 0 , 9 4 0 に同時にビームを集束できる。従来技術によ

50

ると、送信動的集束のためには、焦点距離の数に比例して超音波ビームの送信回数が増加する。従って、従来技術によると、送信動的集束方式は、三次元映像を獲得するのにかかる時間を増加させ、リアルタイムで三次元映像を獲得しがたいという短所がある。しかし、本発明によると、一回の超音波信号の送信を通じて送信動的集束が可能であるため、三次元映像を獲得するのにかかる時間を増加させず、高度方向の解像度が向上した三次元映像を獲得できる。図9において、三つの異なる焦点距離にビームを集束するところを例示しているが、これは、説明の便宜のための例示であるため、 $K$  ( $K > 1$ ) 個の焦点距離にビームを集束することができる。

【0089】

コード出力部611は、各焦点距離920, 930, 940に集束された超音波ビームをそれぞれ区分するために、互いに直交するコードSET Bを送信ビームフォーミング部603に出力する。コードSET B = { b1, b2, b3 } は互いに直交するコード b1, b2, b3 を含む。一次元トランスデューサーアレイ910はM個のトランスデューサーを含む。

10

【0090】

第1送信遅延パターンY1は、焦点距離920に対してM個のトランスデューサーのそれぞれの遅延時間を定義する。同様に、焦点距離930と焦点距離940とに対応する第2送信遅延パターンY2と第3送信遅延パターンY3とが存在する。送信信号遅延部602は、焦点距離920, 930, 940のr値が制御部(図示せず)から入力されて、送信遅延パターンY1, Y2, Y3を、送信ビームフォーミング部603に出力する。

20

【0091】

【数7】

$$Y1 = [h1, h2, h3, \dots, hm]^T$$

$$Y2 = [i1, i2, i3, \dots, im]^T$$

$$Y3 = [j1, j2, j3, \dots, jm]^T$$

30

【0092】

送信ビームフォーミング部603は、送信信号g(t)を送信遅延パターンY1, Y2, Y3によって遅延させる。送信ビームフォーミング部603が送信信号g(t)を送信遅延パターンによって遅延させた信号は、Matrix Gで表すことができる。

【0093】

【数8】

$$\text{Matrix } G = \begin{bmatrix} g(t-h1) & g(t-i1) & g(t-j1) \\ g(t-h2) & g(t-i2) & g(t-j2) \\ g(t-h3) & g(t-i3) & g(t-j3) \\ g(t-h4) & g(t-i4) & g(t-j4) \\ \dots & \dots & \dots \\ g(t-hm) & g(t-im) & g(t-jm) \end{bmatrix}$$

40

【0094】

送信ビームフォーミング部603は、上述した送信ビームのステアリングと同様に、直

50

交するコード  $set$   $B$  と  $Matrix$   $G$  の各エレメントとを畳み込み、畳み込んだ成分を合算する。合算された信号は、 $T/R$  スイッチ 604 を経て一次元トランスデューサーアレイ 910 に印加される。

【0095】

【数9】

$$G * B = \begin{bmatrix} b1 * g(t-h1) + b2 * g(t-i1) + b3 * g(t-j1) \\ b1 * g(t-h2) + b2 * g(t-i2) + b3 * g(t-j2) \\ b1 * g(t-h3) + b2 * g(t-i3) + b3 * g(t-j3) \\ \vdots \\ b1 * g(t-hm) + b2 * g(t-im) + b3 * g(t-jm) \end{bmatrix}$$

10

【0096】

数式9の行列式の各行は、一次元トランスデューサーアレイ910の各トランスデューサーに印加される信号を意味する。

20

【0097】

各焦点距離920, 930, 940で、一次元トランスデューサーアレイ910の各トランスデューサーが送信した信号は重畳され、その信号は、 $M \times b1 * g(t - q1)$  となる。 $q1$  は、 $M$  個のトランスデューサーによる送信信号の伝播遅延時間と送信遅延パターン $Y1$ の遅延時間とを合算した結果を意味する。同様に、焦点距離930での信号は  $M \times b2 * g(t - q2)$  となり、焦点距離940での信号は  $M \times b3 * g(t - q3)$  となる。

【0098】

以下、各焦点距離920, 930, 940で反射された信号を受信して受信動的集束を行う方法を説明する。トランスデューサーアレイ950は、各焦点距離920, 930, 940で反射された超音波信号を受信する。トランスデューサーアレイ950は、一次元トランスデューサーアレイ910と異なる方向に配置される。例えば、図5及び図7A~図7Dに例示した二次元トランスデューサーアレイのうち、同一な平面上で異なる方向に配列された二つの一次元トランスデューサーアレイを選択する場合、一方は一次元トランスデューサーアレイ910となり、他方はトランスデューサーアレイ950となる。

30

【0099】

トランスデューサーアレイ950には、 $M \times b1 * g(t - q1)$ 、 $M \times b2 * g(t - q2)$ 、 $M \times b3 * g(t - q3)$ の反射信号が到達する。実際に被検体から反射された信号は全反射された信号ではなく、反射された信号の一部は被検体により減衰される。説明の便宜上、反射された信号は  $1/M$  に大きさが縮小したものと仮定する。

40

【0100】

トランスデューサーアレイ950の各トランスデューサーにより受信した信号は、 $Matrix$   $R$  のように表すことができる。

【0101】

【数 1 0】

Matrix R

$$= \begin{bmatrix} b1 * g(t - q1 - u1) + b2 * g(t - q2 - v1) + b3 * g(t - q3 - t1) \\ b1 * g(t - q1 - u2) + b2 * g(t - q2 - v2) + b3 * g(t - q3 - t2) \\ b1 * g(t - q1 - u3) + b2 * g(t - q2 - v3) + b3 * g(t - q3 - t3) \\ \vdots \\ b1 * g(t - q1 - um) + b2 * g(t - q2 - vm) + b3 * g(t - q3 - tm) \end{bmatrix}$$

10

【0 1 0 2】

i 番目の行で、 $u_i, v_i, t_i$  は、各焦点距離 9 2 0, 9 3 0, 9 4 0 で反射された超音波信号がトランスデューサーアレイ 9 5 0 の各素子に伝達されるまでの伝播遅延値を意味する。コード出力部 6 1 1 は、各焦点距離 9 2 0, 9 3 0, 9 4 0 別に Matrix R の信号を分離するために、直交するコード SET B を受信デコーダ 6 0 9 に出力する。以下では、焦点距離 9 2 0 についての信号成分を分離する方法を説明する。受信デコーダ 6 0 9 は、行列式 R の各行とコード b 1 との相関演算を行う。その結果によって、i 番目の行のエレメントは、数式 1 1 のように表すことができる。

20

【0 1 0 3】

【数 1 1】

$$Ri(t) = g(t - q1 - ui)$$

【0 1 0 4】

トランスデューサーアレイ 9 5 0 が焦点距離 r の地点に対して受信ビームフォーミングを行うために、制御部 ( 図示せず ) は、焦点距離 r の値を受信信号遅延部 6 0 6 に提供する。受信信号遅延部 6 0 6 は、r 値に対応する受信遅延パターン Y 4 を受信ビームフォーミング部 6 0 7 に出力する。受信遅延焦点距離 r は、深さ方向に任意の地点であるが、説明の便宜上、焦点距離 9 2 0 と同じであるものと仮定する。焦点距離 r に対応する受信遅延パターン Y 4 は、数式 1 2 のように表すことができる。

30

【0 1 0 5】

【数 1 2】

$$Y4 = [x1, x2, x3, \dots, xm]^T$$

40

【0 1 0 6】

受信遅延パターン Y 4 は、反射信号の伝播遅延時間を補償する。即ち、焦点距離 9 2 0 で反射された信号に受信遅延パターン Y 4 を適用することによって、受信ビームを集束できる。言い換えると、 $u_1 + x_1 = u_2 + x_2 = \dots = u_m + x_m$  となる。受信ビームフォーミング部 6 0 7 は、受信遅延パターン Y 4 を適用して反射信号を合算する。受信ビームフォーミング部 6 0 7 が反射信号を合算した結果は、数式 1 3 のように表すことができる。

【0 1 0 7】

【数 1 3】

$$R1(t)=g(t-q1-u1-x1)+g(t-q1-u2-x1)+\dots+g(t-q1-um-x1)$$

$$=M^*g(t-p1)$$

【0 1 0 8】

同様に、コード S E T B のコード b 2 及び b 3 のそれぞれに対して上述した過程を同一に適用することによって、焦点距離 9 3 0 , 9 4 0 に対して受信動的集束を行う。コード S E T B のコード b 1 , b 2 , b 3 を適用することは、順次に適用できるが、複数の  
10 相関演算器を並列に構成することによってコード b 1 , b 2 , b 3 を利用した相関演算を並列に行ってもよい。その場合、受信デコーダ 6 0 9 は、複数のコードの相関演算を並列に処理するために並列に配置された複数のデコーダを含む。受信デコーダ 6 0 9 の構成についての詳細な内容は、図 1 2 の説明で後述する。

【0 1 0 9】

図 1 0 は、本発明の一実施形態によるビームのステアリング及び動的集束を示す図である。

【0 1 1 0】

図 1 0 において、図 8 のステアリングと図 9 の動的集束とを同時に適用して超音波ビームを送受信する方法を説明する。上述したように、ビームの動的集束とステアリングは、  
20 遅延パターンを利用して超音波信号が集束される位置を変更する方法であるという点で共通している。また、利用された遅延パターンに対応して異なる直交コードを利用している。従って、図 1 0 において、ステアリング及び動的集束を行うのは、異なる遅延パターンと遅延パターンに対応する直交コードとを利用してビームを集束するものと理解できる。以下、図 8 及び図 9 で上述した内容については、その説明を省略する。

【0 1 1 1】

図 1 0 を参照すると、トランスデューサーアレイ 1 0 1 0 は、第 1 送信ビーム平面 1 0 2 0 及び第 2 送信ビーム平面 1 0 3 0 を形成する。第 1 送信ビーム平面 1 0 2 0 には第 1 焦点距離  $r_1$  及び第 2 焦点距離  $r_2$  が位置し、第 2 送信ビーム平面 1 0 3 0 には第 3 焦点距離  $r_3$  及び第 4 焦点距離  $r_4$  が位置する。即ち、トランスデューサーアレイ 1 0 1 0 は  
30 、第 1 送信ビーム平面 1 0 2 0 のステアリング角度  $\theta_1$  に対して二つの焦点距離  $r_1$  ,  $r_2$  に送信動的集束を行い、第 2 送信ビーム平面 1 0 3 0 のステアリング角度  $\theta_2$  に対して二つの焦点距離  $r_3$  ,  $r_4$  に送信動的集束を行う。本発明では、 $k$  ( $k > 1$ ) 個の送信ビーム平面と  $l$  ( $l > 1$ ) 個の焦点距離とを形成できるが、説明の便宜上、二つの送信ビーム平面と二つの焦点距離とを形成する方法を説明する。

【0 1 1 2】

まず、送信遅延パターン  $Z_1 \sim Z_4$  は、数式 1 4 のように表すことができる。 $Z_1$  は  $\theta_1$  及び第 1 焦点距離  $r_1$  に対応し、 $Z_2$  は  $\theta_1$  及び第 2 焦点距離  $r_2$  に対応し、 $Z_3$  は  $\theta_2$  及び第 3 焦点距離  $r_3$  に対応し、 $Z_4$  は  $\theta_2$  及び第 4 焦点距離  $r_4$  に対応する送信遅延パターンである。送信信号遅延部 6 0 2 は、制御部 ( 図示せず ) から  $(\theta_1, r_1)$  ,  $(\theta_1, r_2)$  ,  $(\theta_2, r_3)$  ,  $(\theta_2, r_4)$  が入力され、送信遅延パターン  $Z_1 \sim Z_4$  を送信ビームフォーミング部 6 0 3 に出力する。  
40

【0 1 1 3】

【数 1 4】

$$Z1=[a1,a2,a3,\dots,am]^T$$

$$Z2=[b1,b2,b3,\dots,bm]^T$$

$$Z3=[c1,c2,c3,\dots,cm]^T$$

$$Z4=[d1,d2,d3,\dots,dm]^T$$

10

【0 1 1 4】

コード出力部 6 1 1 は、送信遅延パターン Z 1 ~ Z 4 に対応して、互いに直交するコード SET E = { e 1 , e 2 , e 3 , e 4 } を送信ビームフォーミング部 6 0 3 に出力する。送信ビームフォーミング部 6 0 3 は、直交するコード SET E を送信信号に適用する。コード SET E が適用された送信信号は、数式 1 5 のように表すことができる。数式 1 5 において、G i ( t ) は、トランスデューサーアレイ 1 0 1 0 の i 番目のトランスデューサーに印加される信号を意味する。

【0 1 1 5】

【数 1 5】

20

$$Gi(t)=e1*(t-ai)+e2*(t-bi)+e3*(t-ci)+e4*(t-di)$$

【0 1 1 6】

トランスデューサーアレイ 1 0 4 0 は、被検体から反射された信号を受信する。図 8 及び図 9 と同様に、トランスデューサーアレイ 1 0 1 0 及びトランスデューサーアレイ 1 0 4 0 は、二次元トランスデューサーアレイに含まれる一次元トランスデューサーアレイであり、異なる方向に配置されている。トランスデューサーアレイ 1 0 4 0 の i 番目のトランスデューサーにより受信した信号 R i ( t ) は、数式 1 6 のように表すことができる。

30

【0 1 1 7】

【数 1 6】

$$Ri(t)=e1*(t-q1-ξ)+e2*(t-q2-yi)+e3*(t-q3-wi)+e4*(t-q4-zi)$$

【0 1 1 8】

以下、トランスデューサーアレイ 1 0 4 0 により受信した超音波信号から、第 1 送信ビーム平面 1 0 2 0 の第 1 焦点距離 r 1 で反射された信号成分を得る方法を説明する。受信デコーダ 6 0 9 は、コード出力部 6 1 1 から受信したコード SET E のうちのコード e 1 を利用して R i ( t ) から e 1 が畳み込まれた項のみを残し、残りの信号成分を除去して R i ( t ) = e 1 \* ( t - q 1 - x i ) が得られる。

40

【0 1 1 9】

トランスデューサーアレイ 1 0 4 0 がステアリング角度 を有する受信ビーム平面 1 0 5 0 を形成するために、受信信号遅延部 6 0 6 は、角度 及び第 1 焦点距離 r 1 に対応する受信遅延パターン Z 5 を受信ビームフォーミング部 6 0 7 に出力する。受信ビームフォーミング部 6 0 7 は、受信遅延パターン Z 5 を利用して R i ( t ) を遅延させた後、遅延された各信号を合算する。角度 を変形することによって、第 1 送信ビーム平面 1 0 2 0 の第 1 焦点距離 r 1 で複数のスキャンラインを形成できることは図 8 で説明した通りである。同様に、受信部 6 2 0 は、第 1 送信ビーム平面 1 0 2 0 の第 2 焦点距離 r 2 、第 2

50

送信ビーム平面 1030 の第 3 焦点距離  $r_3$ 、及び第 4 焦点距離  $r_4$  に対する複数のスキャンラインを形成できる。

【0120】

図 11 は、本発明の一実施形態による複数の一次元トランスデューサーアレイを利用した超音波ビームの動的集束を示す図である。図 11 を参照すると、二つの一次元トランスデューサーアレイ 1110、1120 が異なる方向に配置されている。ここで、それぞれの一次元トランスデューサーアレイ 1110、1120 は、図 10 のトランスデューサーアレイ 1010 のように超音波ビームの送信動的集束を行い、ステアリングされた複数の送信ビーム平面を形成する。従って、図 8 ~ 図 10 で説明した内容と重複する内容については、その説明を省略する。

10

【0121】

トランスデューサーアレイ 1110、1120 は、それぞれ超音波信号を送信するだけでなく、被検体から反射された超音波信号を受信する。トランスデューサーアレイ 1110 が形成した送信ビーム平面 1130、1140 から反射された超音波信号はトランスデューサーアレイ 1120 が受信し、トランスデューサーアレイ 1120 が形成した送信ビーム平面 1150、1160 から反射された超音波信号はトランスデューサーアレイ 1110 が受信する。ここで、トランスデューサーアレイ 1110 が送信した超音波信号とトランスデューサーアレイ 1120 が送信した超音波信号とを区分するために、コード出力部 611 は、直交するコード SET  $Y = \{y_1, y_2\}$  を送信ビームフォーミング部 603 に出力する。即ち、トランスデューサーアレイ 1110、1120 に印加される信号は、図 10 の数式 15 の  $G_i(t)$  信号に他の直交するコード SET  $Y$  を畳み込んだ信号となる。即ち、トランスデューサーアレイ 1110 に印加しようとする信号を  $S_i(t)$  とし、トランスデューサーアレイ 1120 に印加しようとする信号を  $T_i(t)$  とする場合、 $S_i(t)$  及び  $T_i(t)$  は、数式 17 のように表すことができる。

20

【0122】

【数 17】

$$S_i(t) = y_1 * G_i(t)$$

$$T_i(t) = y_2 * G_i(t)$$

30

【0123】

数式 17 は、トランスデューサーアレイ 1110 では共通して数式 15 の  $G_i(t)$  を使用するものとして例示した。しかし、数式 14 の送信遅延パターンと異なる送信遅延パターンを適用して数式 15 で  $G_i(t)$  と異なる信号を使用できることは当業者に自明であるが、ここでは、 $G_i(t)$  を使用するものとして説明する。

【0124】

図 10 で説明したように、トランスデューサーアレイ 1110 は  $S_i(t)$  に対応する複数の送信ビーム平面に対して送信動的集束を行い、トランスデューサーアレイ 1120 は  $T_i(t)$  に対応する複数の送信ビーム平面に対して送信動的集束を行う。

40

【0125】

トランスデューサーアレイ 1110 により受信した信号は、図 10 の数式 16 の  $R_i(t)$  を利用して表すことができる。トランスデューサーアレイ 1110 により受信した信号は、トランスデューサーアレイ 1120 が送信した超音波信号の反射信号だけでなく、トランスデューサーアレイ 1110 が送信した超音波信号の反射信号を含む。トランスデューサーアレイ 1110 により受信した信号  $Q_i(t)$  は、数式 18 のように表すことができる。

【0126】

【数 18】

$$Q_i(t) = y_1 * R_i(t) + y_2 * R_i(t)$$

【0127】

しかし、トランスデューサーアレイ 1110 は、自身が形成した送信ビーム平面についてはスキャンラインを形成できないので、トランスデューサーアレイ 1120 が形成した送信ビーム平面についてスキャンラインを形成しなければならない。従って、トランスデューサーアレイ 1110 は、受信した信号  $Q_i(t)$  から自身が送信した超音波信号の反射信号成分を除去しなければならない。このため、受信デコーダ 609 は、受信した  $Q_i(t)$  と直交するコード  $y_2$  との相関演算を行って、 $y_1$  が畳み込まれた項を除去する。 $y_1$  が畳み込まれた項が除去された後の受信動的集束及び受信ビーム平面のステアリング過程は、図 10 で説明したように展開される。また、トランスデューサーアレイ 1120 により受信した反射信号を利用してスキャンラインを形成する方法は、直交するコード  $y_1$  を使用する点以外はトランスデューサーアレイ 1110 でスキャンラインを形成する過程と実質的に同一であるので、その説明を省略する。図 11 では、二つの次元トランスデューサーアレイを利用しているが、上述した方法は、 $K$  ( $K > 1$ ) 個の直交コードを利用して  $K$  個の次元トランスデューサーアレイに対して適用できる。

【0128】

図 12 は、本発明の一実施形態による送信部 630 及び受信部 620 の構成を示す図である。図 12 に示した送信部 630 及び受信部 620 は、図 8 ~ 図 11 で上述したように、二次元トランスデューサーアレイに含まれる一つの次元トランスデューサーアレイが直交コードを利用して複数のビーム平面を同時に形成し、動的集束を行うための構造で構成される。送信部 630 は、パルサー 601、送信ビームフォーミング部 603、及びコード出力部 611 を備え、パルサー 601 及びコード出力部 611 は、図 6 についての説明を参照する。

【0129】

送信ビームフォーミング部 603 は、 $N$  個のエンコーダ 1210 と合算器 1220 とを備える。 $N$  個のエンコーダ 1210 は、並列に配置されており、合算器 1220 でそれぞれのエンコーダ 1210 から出力された信号を合算する。 $N$  個のエンコーダ 1210 は、送信信号遅延部 602 から  $N$  個の送信遅延パターンを受信し、コード出力部 611 から  $N$  個の互いに直交するコードを受信する。 $N = 3$  である図 8 の場合を例示すると、一つのエンコーダは、一つの送信ビーム平面に対する送信遅延パターン及び直交コードを受信する。各エンコーダは、送信信号  $g(t)$  を送信遅延パターンによって遅延させ、直交コードと畳み込み演算を行う。例えば、 $N$  個のエンコーダ 1210 のうちの第 1 エンコーダは、送信ビーム平面 820 に対する送信遅延パターン  $Z_1$  を送信信号遅延部 602 から受信し、コード出力部 611 から直交コード SET A のコード  $a_1$  を受信する。第 1 エンコーダは、 $g(t)$  を  $Z_1$  によって遅延させた後、コード  $a_1$  を畳み込む。同様に、第 2 エンコーダ及び第 3 エンコーダは、送信ビーム平面 830 及び送信ビーム平面 840 に対する送信信号  $g(t)$  のエンコーディングを行う。

【0130】

合算器 1220 は、 $N$  個のエンコーダ 1210 から受信した信号を合算する。合算器 1220 は、送信信号  $g(t)$  が  $N$  個のエンコーダ 1210 によりエンコーディングされて出力されると、その信号を合算することによって数式 3 のような行列式の各行の信号を出力する。合算器 1220 により合算された信号は、パルサー 601 及び T/R スイッチ 604 を経て二次元トランスデューサーアレイ 640 に印加される。以上の説明では、図 8 の場合を例示したが、図 9 及び図 10 における送信遅延パターン及び直交コードについても同様に適用される。即ち、図 10 では、四つの送信遅延パターン  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  及び四つの直交コード SET E を例示しているため、図 10 の送信ビームフォーミン

グ部 603 は、四つのエンコーダが並列に配置された構造で構成される。

【0131】

図 11 を図 10 と比較すると、図 11 の送信ビームフォーミング部 603 は、図 10 の直交コード SET E を利用し、且つ各トランスデューサアレイ 1110, 1120 を区分するための直交コード SET Y を利用している。言い替えると、図 11 の送信ビームフォーミング部 603 は、二つの直交コード SET E、SET Y を利用している。上述した N 個のエンコーダ 1210 はコード SET E を利用して送信信号  $g(t)$  をエンコーディングし、合算器 1220 はコード SET E を利用してエンコーディングされた信号を合算することによって数式 15 の  $G_i(t)$  を出力する。一方、図 11 の場合、トランスデューサアレイ 1110、1120 が送信した信号を区分するために、数式 15 の  $G_i(t)$  信号とコード SET Y とを畳み込むためのエンコーダ 1230 を利用する。即ち、エンコーダ 1230 は、合算器 1220 から受信した  $G_i(t)$  信号を、 $y_1$  を利用してエンコーディングする。エンコーダ 1230 から出力された信号は、パルサー 601 及び T/R スイッチ 604 を通じてトランスデューサアレイ 1110 に印加される。一方、トランスデューサアレイ 1120 に印加される信号も、トランスデューサアレイ 1110 に印加される信号と同様な信号処理が必要である。送信ビームフォーミング部 603 は、トランスデューサアレイ 1110 及びトランスデューサアレイ 1120 のそれぞれに対して順次に信号を印加するが、トランスデューサアレイ 1110 及びトランスデューサアレイ 1120 に同時に信号を印加してもよい。トランスデューサアレイ 1110 及びトランスデューサアレイ 1120 に同時に信号を印加する場合、N 個のエンコーダ 1210、合算器 1220、及びエンコーダ 1230 は、トランスデューサアレイ 1110 に対して作動する。トランスデューサアレイ 1120 について、上述した N 個のエンコーダ 1210、合算器 1220、及びエンコーダ 1230 と別途の N 個のエンコーダ（図示せず）、別途の合算器（図示せず）、及び別途のエンコーダ（図示せず）が並列に配置されて作動する。

10

20

【0132】

受信部 620 は、変換部 605、受信信号遅延部 606、受信ビームフォーミング部 607、及び受信デコーダ 609 を備え、変換部 605 及び受信信号遅延部 606 についての説明は、図 6 を参照する。

【0133】

受信デコーダ 609 は、並列に配置された N 個のデコーダ 1240 を備える。ここで、N は、使われる直交コードの個数に比例する。図 8 の場合、直交コード SET には三つのコード  $a_1, a_2, a_3$  があるため、受信デコーダ 609 は三つのデコーダ 1240 を備える。それぞれのデコーダ 1240 は、数式 5 の  $\text{Matrix } R$  の各行に対してコード  $a_1, a_2, a_3$  と畳み込み演算を行うことによって数式 6 の受信信号を出力する。以上の説明では、図 8 の場合を例示したが、図 9 及び図 10 における直交コードに対しても同様に適用される。即ち、図 10 では、四つの直交コード SET E を例示しているため、図 10 の受信デコーダ 609 は、四つのデコーダが並列に配置された構造で構成される。

30

【0134】

一方、図 11 は、二つの直交コード SET E, SET Y を利用している。ここで、受信デコーダ 609 は、上述したように、直交コード SET E と数式 16 の  $R_i(t)$  との畳み込み演算を行う。図 12 の受信部 620 は、受信デコーダ 609 が直交コード SET E と相関演算を行う前に、数式 18 の  $Q_i(t)$  と直交コード SET Y との相関演算を行うためのデコーダ 1250 を備える。デコーダ 1250 は、受信ビームフォーミング部 607 に含まれるものとして示しているが、デコーダ 1250 は、デコーダ 1240 より先行する信号処理のためにデコーダ 1240 の前方に配置されることもある。デコーダ 1250 は、直交コード  $y_1, y_2$  との相関演算を並列に処理するために複数のデコーダを備える。図 11 の場合、デコーダ 1250 は、並列に配置された二つのデコーダを備える。デコーダ 1250 は、直交コード SET Y と数式 18 の  $Q_i(t)$  との相関演算を行うことによって、受信デコーダ 609 に数式 16 の  $R_i(t)$  を出力する。

40

50

## 【0135】

以上の説明において、直交コードは、ゴレイコード (Golay code) の活用を例として挙げられる。ゴレイコードとは、デジタル通信におけるエラー訂正コードの種類の一つであり、互いに相補関係であるシーケンス (complementary bi-phase sequences) のセットで構成されたコードである。二相コードのうちのゴレイコードは、公知のように、パルス圧縮された出力からサイドローブが完全に除去されるという特性があるため、長いパルスを使用する超音波映像装置において、それを適用する試みが多く行われていた。ゴレイコードの一例を挙げると、タイプAコードとタイプBコードは互いに直交しており、タイプAコードはコードa1, a2が存在し、タイプBコードはコードb1, b2が存在すると仮定する (種類は、タイプ別に二つ以上であってもよい)。

10

## 【0136】

図13AはタイプAのゴレイコードの一例を示す図であり、図13BはタイプBのゴレイコードの一例を示す図である。コードa<sub>i</sub>は図13Aに、コードb<sub>i</sub>は図13Bに示している。コードa<sub>i</sub>は{1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, 1}の順序を有するコードであり、コードb<sub>i</sub>は{1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1}の順序を有するコードである。図13Cは図13Aのコードがパルサー601で出力される場合にトランスデューサーで発生する音波を示す図であり、図13Dは図13Bのコードがパルサー601で出力される場合にトランスデューサーで発生する音波を示す図である。

20

## 【0137】

以上、図8～図12についての説明では、超音波ボリュームスキャン装置102が、二次元トランスデューサーアレイに含まれる一つの一次元トランスデューサーアレイに複数の直交コードを印加する方法を説明した。即ち、超音波ボリュームスキャン装置102が、二次元トランスデューサーアレイに含まれるN (Nは、1以上)個の一次元トランスデューサーアレイにM (M > N)個の直交するコードを印加する方法を説明した。しかし、本発明の超音波ボリュームスキャン装置102は、二次元トランスデューサーアレイに含まれる少なくとも二つ以上の一次元トランスデューサーアレイに少なくとも二つ以上の直交コードを印加することによって、一つの一次元トランスデューサーアレイには一つの直交コードのみが印加される。以下、二次元トランスデューサーアレイにN (N > 1)個の一次元トランスデューサーアレイが含まれた場合、N個の互いに直交するコードを二次元トランスデューサーアレイに印加する方法を説明する。但し、説明の便宜上、N = 2である場合を仮定して説明する。

30

## 【0138】

図14は、本発明の一実施形態による二次元トランスデューサーアレイが一つの集束点に二つのコードを利用して送信することを示す図である。図14において、二次元トランスデューサーアレイは、図5及び図7A～図7Dに示したいずれか一つの二次元トランスデューサーアレイであり得る。但し、説明の便宜上、図5の交差トランスデューサーアレイを仮定して説明する。また、図14の直交コードは、図13A及び図13Bのゴレイコードが使われたことを仮定する。

40

## 【0139】

図14では、説明の便宜上、トランスデューサーの個数を、高度方向のトランスデューサーアレイ1411が5個、側方向のトランスデューサーアレイ1412が5個 (中央のトランスデューサーを共有) で示しているが、当業者は個数が変わってもよいということが分かる。高度方向のトランスデューサーアレイ (Y軸方向) 1411はコードa1を送信しており、側方向のトランスデューサーアレイ (X軸方向) 1412はコードb1を送信している。このように、同時に二つのコードを送信できる理由は、二つのコード信号が混合されて反射されるとしても、受信時に直交性を利用して二つのコードに分離できるた

50

めである。即ち、図 14 において、一つの次元トランスデューサーアレイには一つの直交コードが印加される。

【0140】

図 15 は、図 14 の交差トランスデューサーアレイ 1411, 1412 が二つのコードを受信することを示す図である。ここで、高度方向のトランスデューサーアレイ (y 軸方向) 1411 により反射されて戻る反射信号は、コード b 1 だけでなく、コード a 1 も混合されて入る。しかし、高度方向のトランスデューサーアレイ (Y 軸方向) 1411 は、入る反射信号のうち、コード a 1 の反射信号は不要であり、コード b 1 の反射信号のみが必要である。その理由は、上述したように、送信するトランスデューサーアレイと受信するトランスデューサーアレイとが異なる方向でなければならないためである。例えば、異なる方向とは、互いに直角をなす方向である。従って、高度方向のトランスデューサーアレイ (Y 軸方向) 1411 に入った信号は、受信デコーダ 609 がコード b 1 のみを分離する。同様な理由により、側方向のトランスデューサーアレイ (X 軸方向) 1412 に入った信号は、コード a 1 のみが必要であるので、受信デコーダ 609 がコード a 1 のみを分離する。即ち、図 15 で、高度方向のトランスデューサーアレイ (Y 軸方向) 1411 はコード b 1 のみを受信し、側方向のトランスデューサーアレイ (X 軸方向) 1412 はコード a 1 のみを受信するとして示しているが、実質的に、交差トランスデューサーアレイ 1411, 1412 が二つのコードをいずれも受信し、図 15 は、受信後に受信デコーダ 609 で分離して使われるコードのみを示す図である。即ち、高度方向のトランスデューサーアレイ (Y 軸方向) 1411 は、受信した反射信号のうち、コード b 1 のみを分離して使用し、側方向のトランスデューサーアレイ (X 軸方向) 1412 は、受信した反射信号のうち、コード a 1 のみを分離して使用する。このように、受信デコーダ 609 は、受信デコーダ 609 により受信した信号をコード別に分離する。

【0141】

一方、交差トランスデューサーアレイ 1411, 1412 は、パルサー 601 から送信信号パターンが入力されてタイプ A コードとタイプ B コードとを送信する場合、各タイプ別に複数個のコードを使用できる。例えば、各タイプ別に二つのコードを利用して送信する。タイプ A コードの種類であるコード a 1, a 2 を利用してタイプ B コードの種類であるコード b 1, b 2 を連続的に送信する。ここで、連続的とは、コード a 1, b 1 を送信し、集束点に二つのコードが反射されて戻った後に、すぐにそれぞれ同じ種類であるコード a 2, b 2 を送信することである。

【0142】

図 16 は、図 14 及び図 15 による受信デコーダ 609 の構成を示す図である。図 16 の受信デコーダ 609 は、コード A デコーダ 1601 及びコード B デコーダ 1602 で構成される。

【0143】

コード A デコーダ 1601 は、信号のうちのコード A 反射信号のみを分離して映像プロセッサ 610 に出力する。コード A 反射信号は、上述した例で見た場合、高度方向のトランスデューサーアレイ (Y 軸方向) 1411 が送信したコードであるため、側方向のトランスデューサーアレイ 1412 が受信するコードである。従って、コード A デコーダ 1601 が分離した信号は、高度方向のトランスデューサーアレイ (Y 軸方向) 1411 が送信トランスデューサーアレイとなり、側方向のトランスデューサーアレイ (X 軸方向) 1412 が受信トランスデューサーアレイとなる。一方、コード B デコーダ 1602 は、信号のうちのコード B 反射信号のみを分離して映像プロセッサ 610 に出力する。コード B 反射信号は、上述した例で見た場合、側方向のトランスデューサーアレイ (X 軸方向) 1412 が送信トランスデューサーアレイとなり、高度方向のトランスデューサーアレイ (Y 軸方向) 1411 が受信トランスデューサーアレイとなる。以下、コード A デコーダ 1601 とコード B デコーダ 1602 の構造を通じて信号をコード別に区分する構成について説明する。

【0144】

コード A デコーダ 1 6 0 1 は、コード A スイッチング部 1 6 1 1、a 1 相関器 1 6 1 2、a 2 相関器 1 6 1 3、及びコード A 合算部 1 6 1 4 で構成される。a 1 相関器 1 6 1 2 及び a 2 相関器 1 6 1 3 は、コードの個数別に備えられるため、a 3、a 4 など相関器の個数は増える。コード A スイッチング部 1 6 1 1 は、コード出力部 6 1 1 から出力されたコードのタイプによって、受信ビームフォーミング部 6 0 7 から出力された信号を a 1 相関器 1 6 1 2 又は a 2 相関器 1 6 1 3 に出力する。より詳細に説明すると、コード A スイッチング部 1 6 1 1 は、コード出力部 6 1 1 から出力されたコードがコード a 1 である場合に受信ビームフォーミング部 6 0 7 から出力された信号を a 1 相関器 1 6 1 2 に出力し、コード出力部 6 1 1 から出力されたコードがコード a 2 である場合に受信ビームフォーミング部 6 0 7 から出力された信号を a 2 相関器 1 6 1 2 に出力する。コード出力部 6 1 1 からコード a 1 のみが出力される場合に、コード A スイッチング部 1 6 1 1 は、a 1 相関器 1 6 1 2 にスイッチが固定されている。a 1 相関器 1 6 1 2 は、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号が入力されると、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号とコード a 1 とを利用して、集束点に該当する人体の映像情報を表す信号を抽出する。より詳細に説明すると、a 1 相関器 1 6 1 2 は、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号とコード a 1 とを畳み込むことによって、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号から集束点に該当する人体の映像情報を表す信号を抽出する。

10

## 【 0 1 4 5 】

同様に、a 2 相関器 1 6 1 3 は、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号が入力されると、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号とコード a 2 とを利用して、集束点に該当する人体の映像情報を表す信号を抽出する。より詳細に説明すると、a 2 相関器 1 6 1 3 は、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号とコード a 2 とを畳み込むことによって、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号から集束点に該当する人体の映像情報を表す信号を抽出する。

20

## 【 0 1 4 6 】

下記の数式 2 5 は、 $x(t)$  と  $y(t)$  とを畳み込む一般的な数式を表す。ここで、 $t$  は時間、 $x$  は積分定数、

⊗ は相関演算を意味する。

30

$x(t)$  は電氣的信号を意味し、 $y(t)$  はコード信号を意味する。そして、相関演算の結果を  $x y$  で表示し、下付き添字  $x, y$  は相関演算を行った二つの信号を意味する。

## 【 0 1 4 7 】

## 【 数 2 5 】

$$x(t) \otimes y(t) = x(t) * y(-t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) y(t - \tau) d\tau = \Psi_{xy}$$

40

## 【 0 1 4 8 】

上述したように、タイプ A コードとタイプ B コードは、互いに直交する特性を有するため、タイプ A コードとタイプ B コードについて相関演算が行われると、下記の数式 2 6 のように、0 が算出される。

## 【 0 1 4 9 】

【数 2 6】

$$\Psi_{a_1 b_1} = a_1(t) \otimes b_1(t) = 0$$

$$\Psi_{b_1 a_1} = b_1(t) \otimes a_1(t) = 0$$

$$\Psi_{a_2 b_2} = a_2(t) \otimes b_2(t) = 0$$

$$\Psi_{b_2 a_2} = b_2(t) \otimes a_2(t) = 0$$

10

【0 1 5 0】

一方、同じタイプのコード間の相関演算が行われると、下記の数式 2 7 のように、インパルス関数が算出される。

【0 1 5 1】

【数 2 7】

$$\Psi_{a_1 a_1} = a_1(t) \otimes a_1(t) = \delta(t)$$

$$\Psi_{a_2 a_2} = a_2(t) \otimes a_2(t) = \delta(t)$$

$$\Psi_{b_1 b_1} = b_1(t) \otimes b_1(t) = \delta(t)$$

$$\Psi_{b_2 b_2} = b_2(t) \otimes b_2(t) = \delta(t)$$

20

【0 1 5 2】

受信ビームフォーミング部 6 0 7 から出力された信号を  $x(t)$  とすると、この  $x(t)$  には、送信時のタイプ A コード信号成分とタイプ B コード信号成分の両方が含まれている。従って、数式 2 8 のように  $x(t)$  を表現する。ここで、 $a_1(t)$  はタイプ A コードを意味し、 $b_1(t)$  はタイプ B コードを意味する。

【0 1 5 3】

【数 2 8】

$$x(t) = \{a_1(t - t_a - t_r) + b_1(t - t_b - t_r)\}$$

30

【0 1 5 4】

a 1 相関器 1 6 1 2 は、下記の数式 2 9 を利用して、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号  $x(t)$  とコード a 1 に該当する  $a_1(t)$  とを相関演算することによって、コード A スイッチング部 1 6 1 1 から出力された信号から集束点に該当する人体の映像情報を表す信号  $x_y$  を抽出できる。ここで、 $t_r$  は、交差トランスデューサーアレイ (1 4 1 1, 1 4 1 2) がコード a 1 を送信した後、対象体により反射されて戻ることにかかる時間を意味し、 $t_a$ ,  $t_b$  は、コード a とコード b とをビームフォーミングするためのディレイを意味する。

40

【0 1 5 5】

【数 2 9】

$$\begin{aligned}
 x(t) \otimes a_1(t) &= \{a_1(t-t_r) + b_1(t-t_r)\} \otimes a_1(t) \\
 &= a_1(t-t_r) \otimes a_1(t) + b_1(t-t_r) \otimes a_1(t) \\
 &= \Psi_{a_1 a_1}
 \end{aligned}$$

【0 1 5 6】

10

b 1 相関器 1 6 2 2 は、下記の数式 3 0 を利用して、コード B スイッチング部 1 6 2 1 から出力された信号  $x(t)$  とコード b 1 に該当する  $b_1(t)$  とを相関演算することによって、コード B スイッチング部 1 6 2 1 から出力された信号から集束点に該当する人体の映像情報を表す信号  $x y$  を抽出できる。ここで、 $t_r$  は、交差トランスデューサーアレイ (1 4 1 1, 1 4 1 2) がコード b 1 を送信した後、対象体により反射されて戻ることにかかる時間を意味する。

【0 1 5 7】

【数 3 0】

$$\begin{aligned}
 x(t) \otimes b_1(t) &= \{a_1(t-t_r) + b_1(t-t_r)\} \otimes b_1(t) \\
 &= a_1(t-t_r) \otimes b_1(t) + b_1(t-t_r) \otimes b_1(t) \\
 &= \Psi_{b_1 b_1}
 \end{aligned}$$

20

【0 1 5 8】

コード A 合算部 1 6 1 4 は、このように a 1 相関器 1 6 1 2 又は a 2 相関器 1 6 1 3 が畳み込みを行った結果を映像プロセッサ 6 1 0 に出力する。

【0 1 5 9】

30

コード B デコーダ 1 6 0 2 は、コード A デコーダ 1 6 0 1 と同じ構造を有している。コード B デコーダ 1 6 0 2 は、コード B スイッチング部 1 6 2 1、b 1 相関器 1 6 2 2、b 2 相関器 1 6 2 3、及びコード B 合算部 1 6 2 4 で構成される。同様に、b 1 相関器 1 6 2 2、b 2 相関器 1 6 2 3 などは、超音波ボリュームスキャン装置 1 0 2 が使用するコードの個数別に備えられるため、b 3, b 4 など相関器の個数は増える。コード B スイッチング部 1 6 2 1 は、受信ビームフォーミング部 6 0 7 によりビームフォーミングされた信号を b 1 相関器 1 6 2 2 又は b 2 相関器 1 6 2 3 に出力する。ここで、コード B スイッチング部 1 6 2 1 は、コード b 1 信号である時には b 1 相関器に、コード b 2 信号である時には b 2 相関器に出力するが、コード b 1 であるかコード b 2 であるかは、送信時に既定の規則によって送信する場合、受信時にその規則によってスイッチングを行う。b 1 相関器 1 6 2 2 及び b 2 相関器 1 6 2 3 は、コード B スイッチング部 1 6 2 1 から信号を入力されると、それぞれコード b 1 及びコード b 2 を利用して畳み込み積分を行う。

40

【0 1 6 0】

コード B 合算部 1 6 2 4 は、このように b 1 相関器 1 6 2 2 又は b 2 相関器 1 6 2 3 が畳み込みを行った結果を映像プロセッサ 6 1 0 に出力する。

【0 1 6 1】

コード合算部 (図示せず) は、コード A 合算部 1 6 1 4 とコード B 合算部 1 6 2 4 のそれぞれの結果を組み合わせ、信号の強度を映像情報として映像プロセッサ 6 1 0 に出力する。ここで、組み合わせは、単純に二つの結果信号の強度の平均である。

【0 1 6 2】

50

映像プロセッサ-610は、コードA合算部1614とコードB合算部1624のそれぞれの結果を組み合わせ、信号の強度に基づいて三次元映像ピクセルの輝度映像情報が得られる。この輝度映像情報に基づいて三次元映像を形成し、映像表示装置103に出力する。

【0163】

図17は、本発明の一実施形態による三次元超音波ボリュームスキャン方法を示すフローチャートである。以下のフローチャートの説明では、図8～図16の説明を参照するが、図8～図16と重複する内容についてはその説明を省略する。

【0164】

図17を参照すると、まず、送信部630は、二次元トランスデューサーアレイに含まれる少なくとも一つの一次元トランスデューサーアレイに、少なくとも二つ以上の互いに直交するコードを印加する(ステップS1710)。二次元トランスデューサーアレイは、図5及び図7A～図7Dに例示した二次元トランスデューサーアレイ以外にも、複数の一次元トランスデューサーアレイを含む二次元トランスデューサーアレイに変形して実施可能である。また、送信部630は、図8～図12で上述したように、二次元トランスデューサーアレイに含まれる一次元トランスデューサーアレイに少なくとも二つ以上の直交するコードを印加したり、図14で上述したように、二次元トランスデューサーアレイに含まれる一次元トランスデューサーアレイに一つの直交するコードを印加したりする。ここで、前者は一つの一次元トランスデューサーアレイが複数の送信ビーム平面を形成して送信動的集束を行う場合をいい、後者は一つの一次元トランスデューサーアレイが一つの送信ビーム平面を形成して送信固定集束を行う場合をいう。但し、後者の場合は、二次元トランスデューサーアレイに含まれる少なくとも二つ以上の一次元トランスデューサーアレイのそれぞれに対して一つの互いに直交するコードを印加することによって、従来技術であるCA-FF技法に比べて、より向上した高度方向の分解能が保証され、リアルタイムで三次元映像を獲得できることは上述した通りである。

【0165】

受信部620は、二次元トランスデューサーアレイにより受信した被検体の反射信号から、少なくとも二つ以上の互いに直交するコードのそれぞれに対応する信号を獲得する(ステップS1720)。即ち、受信部620は、被検体の反射信号から互いに直交するコードのうち所定のコードについての信号成分を獲得するために、反射信号とその所定のコードとの相関演算を行う。この場合、コードの直交性によって、異なるコードについての信号成分は除去されることは上述した通りである。また、受信部620は、反射信号の受信動的集束を行って、受信ビーム平面のステアリングのために、受信信号遅延部606が出力する受信遅延パターンを反射信号に適用する。受信部620は、受信遅延パターンが適用された信号を合算することによって受信ビームフォーミングを行う。一方、受信部620は、図8～図16で上述したように、二次元トランスデューサーアレイが複数の受信ビーム平面を同時に形成して、受信ビーム平面が被検体で少なくとも二つ以上の焦点距離を有するように少なくとも二つ以上の受信遅延パターンを並列に適用する。

【0166】

映像プロセッサ-610は、受信部620が反射信号から獲得した信号を利用して被検体の映像情報を生成する(ステップS1730)。映像プロセッサ-610は、受信部620が反射信号から獲得した信号の強度を組み合わせることで被検体の映像情報を生成する。例えば、映像プロセッサ-610は、受信部620が獲得した信号を集束点別に分類し、集束点別に分類された信号の平均値をその集束点についての映像情報として利用できる。例えば、所定の集束点についてのN個の信号の強度の平均値を算出し、それをモードB超音波映像の輝度値として利用できる。

【0167】

図18は、図14に示した交差トランスデューサーアレイを利用した三次元超音波ボリュームスキャン方法を示すフローチャートである。図18を参照すると、ステップS16で、送信部630は、高度方向のトランスデューサーアレイ(Y軸方向)1411に互い

に直交するコード対のうち的一方のコードを印加し、側方向のトランスデューサーアレイ（X軸方向）1412にコード対のうち他方のコードを印加する。ステップS16は、ステップS11とステップS12とに分けられる。

【0168】

ステップS11で、パルサー601は、交差トランスデューサーアレイ（1411，1412）に、送信信号パターンを生成して出力する。ここで、パルサー601は、交差トランスデューサーアレイの各線形トランスデューサーアレイに異なるコードの送信信号パターンを出力する。図14によると、x軸トランスデューサーアレイにはコードB送信信号パターンを、y軸トランスデューサーアレイにはコードA送信信号パターンを出力する。

10

【0169】

ステップS12で、交差トランスデューサーアレイ（1411，1412）は、パルサー601から送信信号パターンが入力されると、それを超音波信号に変換して対象体に送信する。x軸トランスデューサーアレイはコードBの超音波信号を、y軸トランスデューサーアレイはコードAの超音波信号を送信する。

【0170】

ステップS17で、受信部620は、側方向のトランスデューサーアレイ（X軸方向）により受信した被検体の反射信号から高度方向のトランスデューサーアレイ（Y軸方向）1411が送信したコードを獲得し、高度方向のトランスデューサーアレイ（Y軸方向）1411により受信した被検体の反射信号から軸方向のトランスデューサーアレイ（X軸方向）1412が送信したコードを獲得する。ステップS17は、ステップS13とステップS14とに分けられる。

20

【0171】

ステップS13で、交差トランスデューサーアレイ（1411，1412）は、送信されたコードA及びコードBの超音波信号が対象体により反射されて戻った反射超音波信号を再び電気的信号に変換する。

【0172】

ステップS14で、受信デコーダ609は、この変換された電気的信号をコードA信号とコードB信号とに分離する。

【0173】

ステップS15で、映像プロセッサ610は、分離されたコードA信号とコードB信号とを利用して映像情報を得、この映像情報を利用して三次元ボリューム超音波映像を生成する。

30

【0174】

一方、上述した本発明の実施形態は、コンピュータで実行できるプログラムで作成可能であり、コンピュータ読み取り可能な記録媒体を利用して、プログラムを動作させる汎用デジタルコンピュータで具現される。また、上述した本発明の実施形態で使われたデータの構造は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に、様々な手段を通じて記録される。コンピュータ読み取り可能な記録媒体は、磁気記録媒体（例えば、ROM（Read Only Memory）、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスクなど）、光学的読み取り媒体（例えば、CD-ROM、DVDなど）のような記録媒体を含む。

40

【0175】

以上、本発明の実施形態について図面を参照しながら詳細に説明したが、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的範囲から逸脱しない範囲内で多用に変更実施することが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0176】

本発明は、例えば、超音波映像関連の技術分野に適用可能である。

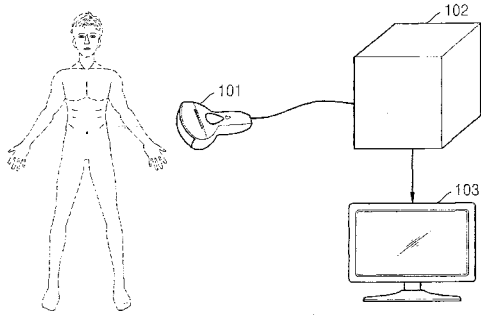
【符号の説明】

【0177】

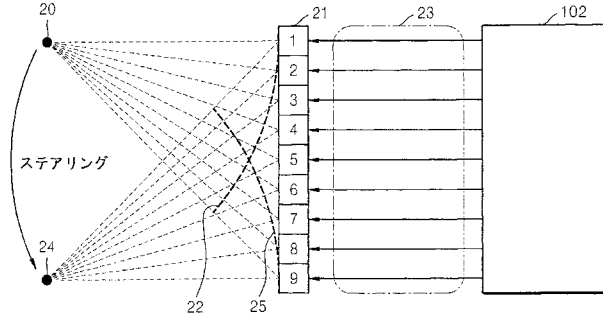
50

|   |                   |    |
|---|-------------------|----|
| 20、24                                   | 集束点               |    |
| 21、810、850、910、950、1010、1040、1110、1120  | (一次元)トランスデューサーアレイ |    |
| 22、25                                   | 遅延パターン            |    |
| 23                                      | 電氣的信号             |    |
| 101                                     | プローブ              |    |
| 102                                     | 超音波ボリュームスキャン装置    |    |
| 103                                     | 映像表示装置            |    |
| 203                                     | 側方向               |    |
| 204                                     | 深さ方向              | 10 |
| 401、820、830、840、1130、1140、1150、1160、202 |                   |    |
| 1                                       | 送信ビーム平面           |    |
| 402、860、1050、2022                       | 受信ビーム平面           |    |
| 601                                     | パルサー              |    |
| 602                                     | 送信信号遅延部           |    |
| 603                                     | 送信ビームフォーミング部      |    |
| 604                                     | T/Rスイッチ           |    |
| 605                                     | 変換部               |    |
| 606                                     | 受信信号遅延部           |    |
| 607                                     | 受信ビームフォーミング部      | 20 |
| 609                                     | 受信デコーダ            |    |
| 610                                     | 映像プロセッサ           |    |
| 611                                     | コード出力部            |    |
| 620                                     | 受信部               |    |
| 630                                     | 送信部               |    |
| 640                                     | 二次元トランスデューサーアレイ   |    |
| 920、930、940、960                         | 焦点距離              |    |
| 1011、1411                               | 高度方向のトランスデューサーアレイ |    |
| 1012、1412                               | 側方向のトランスデューサーアレイ  |    |
| 1020                                    | 第1送信ビーム平面         | 30 |
| 1030                                    | 第2送信ビーム平面         |    |
| 1210、1230                               | エンコーダ             |    |
| 1220                                    | 合算器               |    |
| 1240、1250                               | デコーダ              |    |
| 1601                                    | コードAデコーダ          |    |
| 1602                                    | コードBデコーダ          |    |
| 1611                                    | コードAスイッチング部       |    |
| 1612                                    | a1 相関器            |    |
| 1613                                    | a2 相関器            |    |
| 1614                                    | コードA合算部           | 40 |
| 1621                                    | コードBスイッチング部       |    |
| 1622                                    | b1 相関器            |    |
| 1623                                    | b2 相関器            |    |
| 1624                                    | コードB合算部           |    |

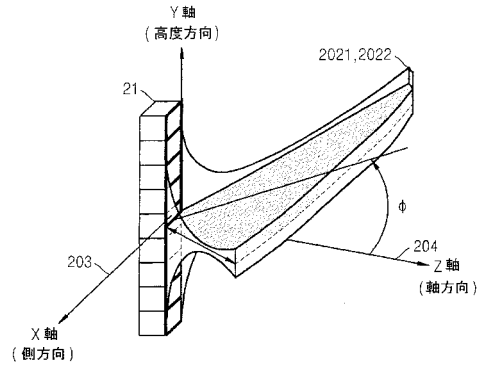
【図1】



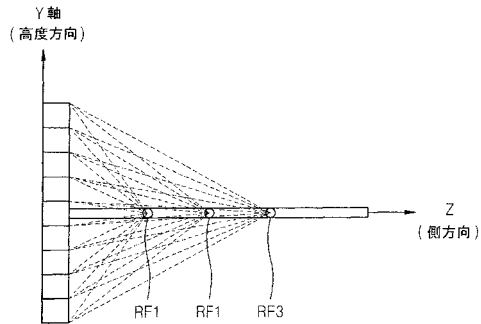
【図2】



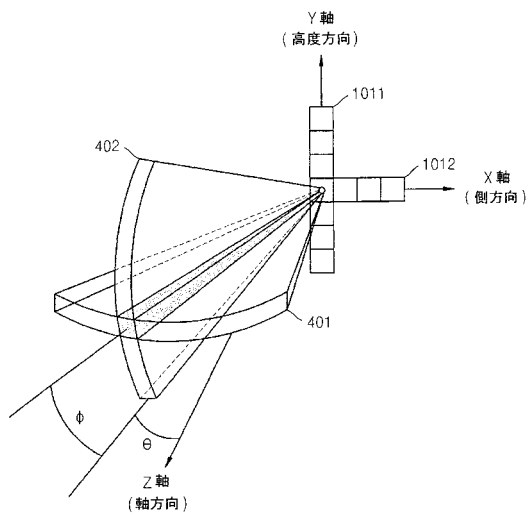
【図3】



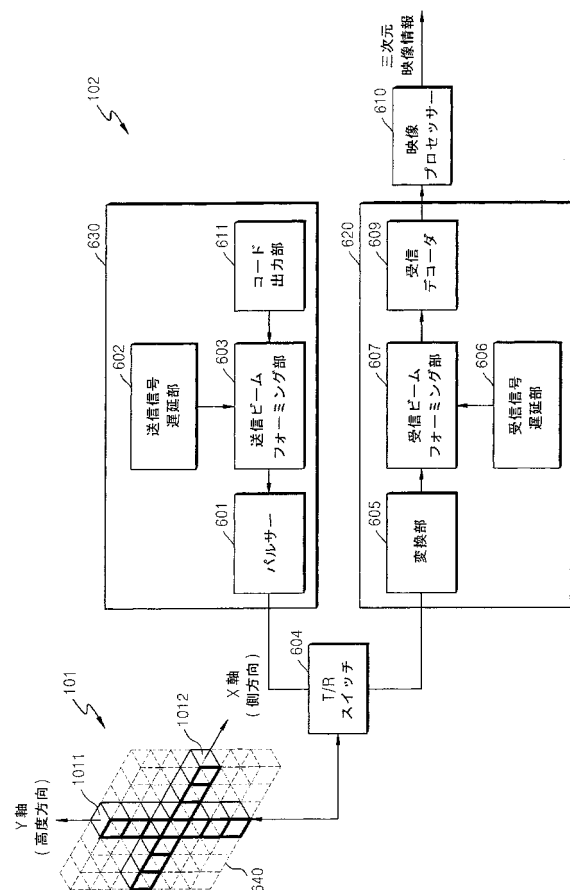
【図4】



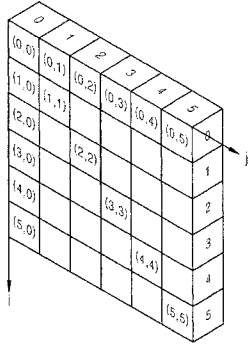
【図5】



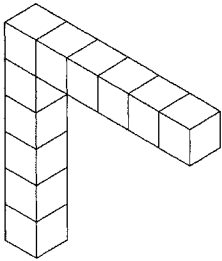
【図6】



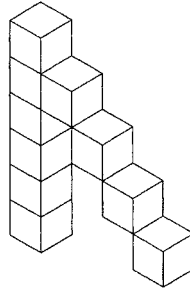
【 図 7 A 】



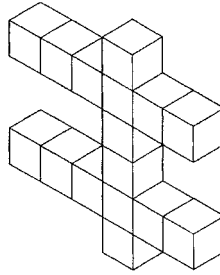
【 図 7 B 】



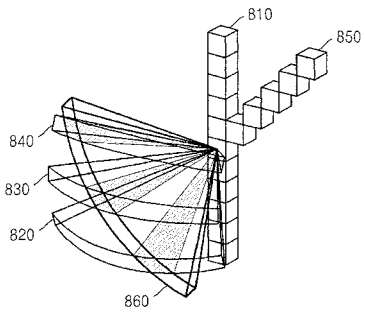
【 図 7 C 】



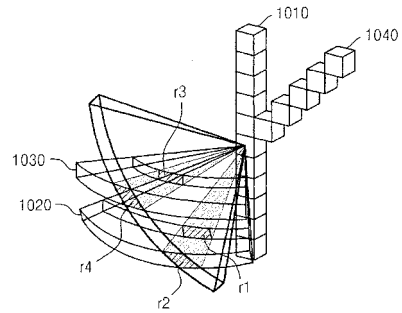
【 図 7 D 】



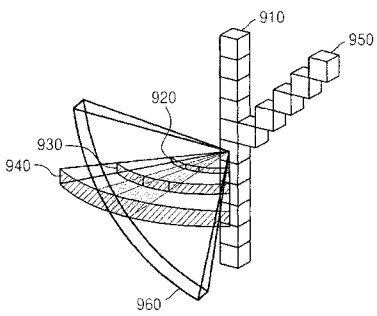
【 図 8 】



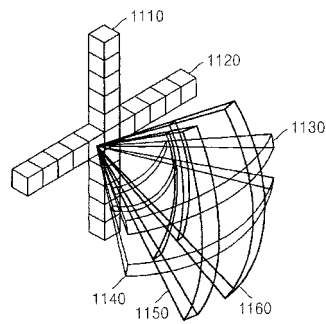
【 図 1 0 】



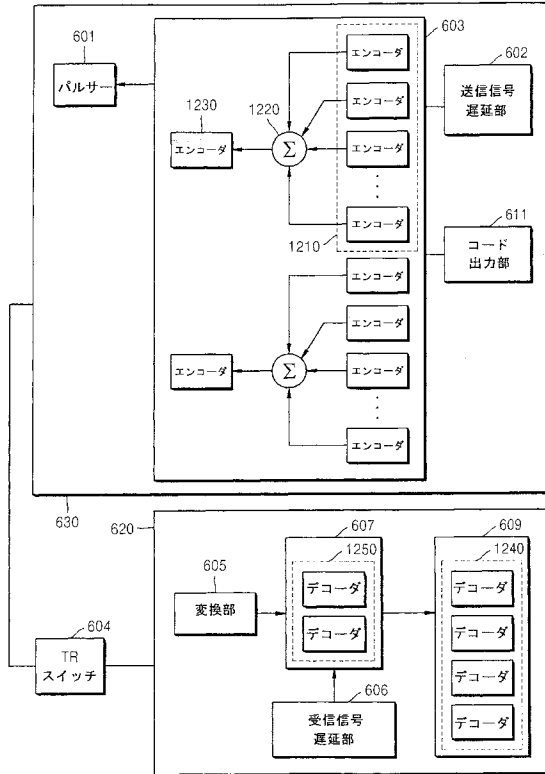
【 図 9 】



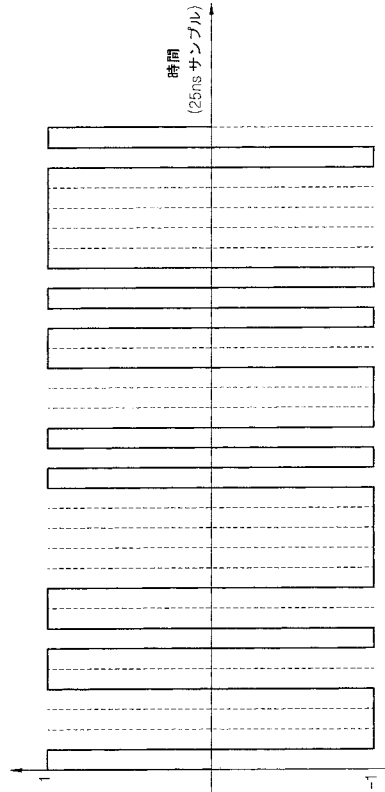
【 図 1 1 】



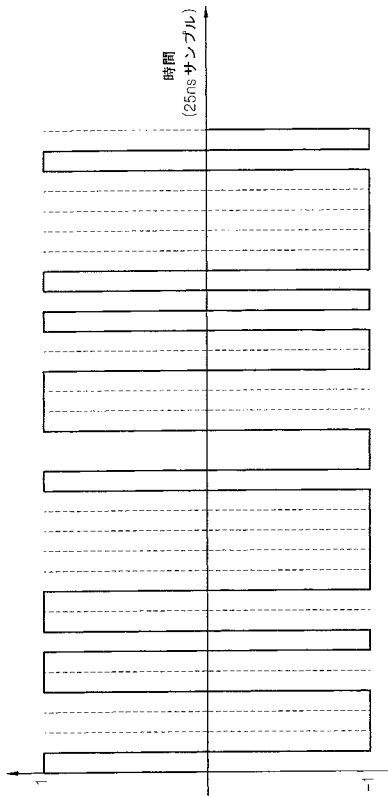
【図 1 2】



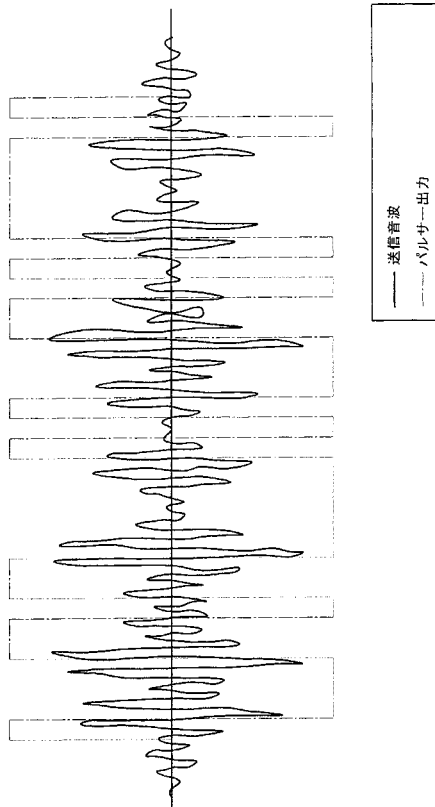
【図 1 3 A】



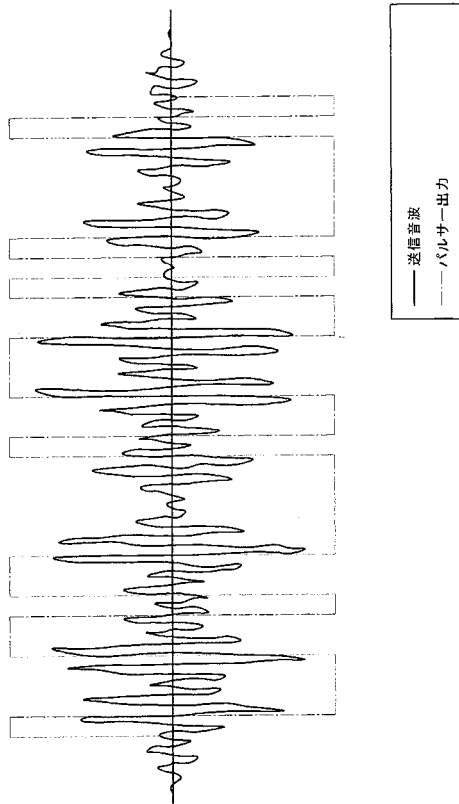
【図 1 3 B】



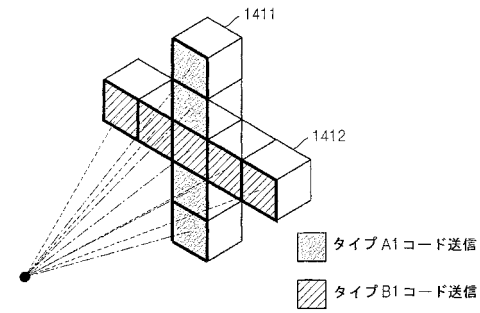
【図 1 3 C】



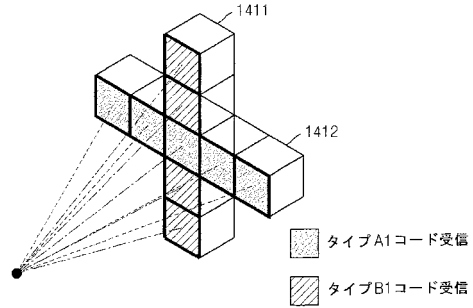
【図13D】



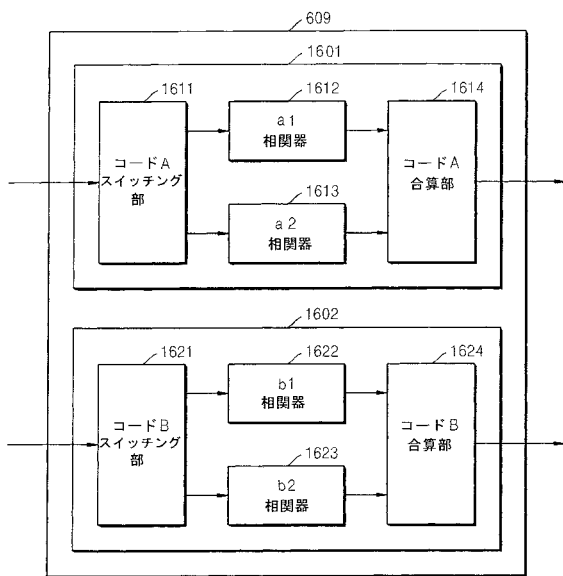
【図14】



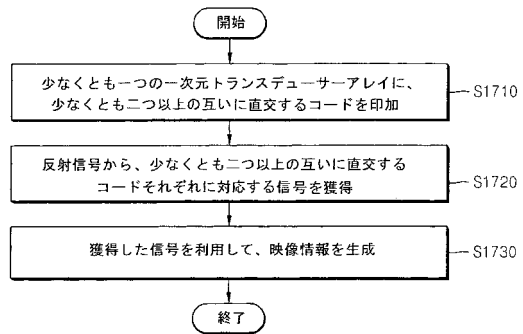
【図15】



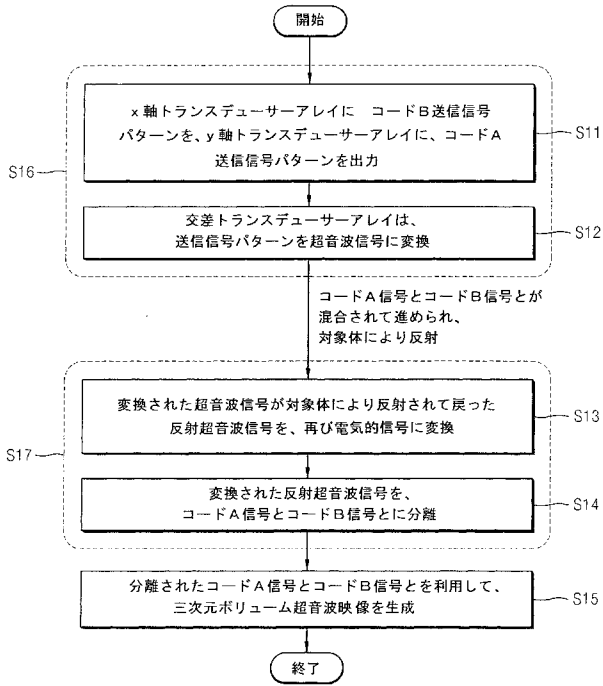
【図16】



【図17】



【図 18】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 金 東 郁  
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山14-1番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 宋 宗 根  
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山14-1番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 李 承 憲  
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山14-1番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 趙 庚 一  
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山14-1番地 三星綜合技術院
- Fターム(参考) 4C601 BB03 BB06 EE07 EE08 GB04 GB06 HH30

|                |  |         |            |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 使用二维阵列换能器阵列进行三维超声体积扫描的方法和装置  |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP2013255806A</a>  | 公开(公告)日 | 2013-12-26 |
| 申请号            | JP2013124490   | 申请日     | 2013-06-13 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 三星电子株式会社   |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 三星电子株式会社   |         |            |
| [标]发明人         | 金培ヒョン<br>金東郁<br>宋宗根<br>李承憲<br>趙庚一  |         |            |
| 发明人            | 金培ヒョン<br>金東郁<br>宋宗根<br>李承憲<br>趙庚一  |         |            |
| IPC分类号         | A61B8/00   |         |            |
| CPC分类号         | A61B8/4494 G01S7/52093 G01S7/52095 G01S15/8913 G01S15/8925 G01S15/8927 G01S15/8959 G01S15/8993 |         |            |
| FI分类号          | A61B8/00   |         |            |
| F-TERM分类号      | 4C601/BB03 4C601/BB06 4C601/EE07 4C601/EE08 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/HH30                   |         |            |
| 优先权            | 1020120063401 2012-06-13 KR  |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>  |         |            |

摘要(译)

一种通过使用二维(2D)换能器阵列执行三维(3D)超声体积扫描的方法和装置,其中多个换能器元件被二维布置,包括应用至少两个与之正交的代码。彼此连接到包括在2D换能器阵列中的至少一个一维(1D)换能器阵列,1D换能器阵列具有从多个换能器元件中线性排列的换能器元件;从由目标对象反射并由多个换能器元件接收的信号中获得分别对应于彼此正交的代码的信号;通过使用获得的信号生成关于目标对象的图像数据。

