

(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2004-89311

(P2004-89311A)

(43) 公開日 平成16年3月25日(2004.3.25)

(51) Int.C1.<sup>7</sup>

F 1

テーマコード(参考)

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/00

2 G 0 4 7

G 0 1 N 29/26

G 0 1 N 29/26 5 0 3

4 C 3 0 1

G 0 1 S 15/89

G 0 1 S 15/89 B

4 C 6 0 1

5 J 0 8 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2002-252398 (P2002-252398)	(71) 出願人	000005201 富士写真フィルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼210番地
(22) 出願日	平成14年8月30日 (2002.8.30)	(74) 代理人	100100413 弁理士 渡部 温
		(74) 代理人	100110777 弁理士 宇都宮 正明
		(72) 発明者	小川 英二 神奈川県足柄上郡開成町官台798番地 富士写真フィルム株式会社内
		F ターム(参考)	2G047 BA03 CA01 DB02 EA01 GB02 GB17 GF06 GF09 GF10 GF17 GF20 GF22 GG19 4C301 AA02 BB22 EE01 HH01 HH13 HH14 HH37 HH38
			最終頁に続く

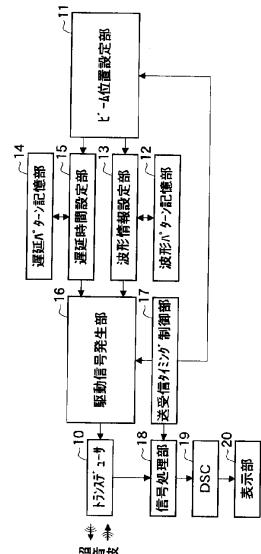
(54) 【発明の名称】超音波送受信装置

## (57) 【要約】

【課題】非回折ビームを用いて、被検体を短時間に高密度で走査することができる超音波送受信装置を提供する。

【解決手段】マトリクス状に配列された複数の超音波トランステューサを含むマトリクスアレイトランステューサ10と、ベッセル関数によって表される振幅及び位相特性を有する複数の超音波信号によって合成される超音波ビームを所定の時間内に複数送信するために用いられる波形情報を設定する波形情報設定部13と、該波形情報設定手段によって設定された波形情報に基づいて、マトリクストランステューサアレイに含まれる複数の超音波トランステューサをそれぞれ駆動する駆動信号を発生する駆動信号発生部16とを有する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

マトリクス状に配列された複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイと、

ベッセル関数によって表される振幅及び位相特性を有する複数の超音波信号によって合成される超音波ビームを所定の時間内に複数送信するために用いられる波形情報を設定する波形情報設定手段と、

前記波形情報設定手段によって設定された波形情報に基づいて、前記超音波トランスデューサアレイに含まれる複数の超音波トランスデューサをそれぞれ駆動する駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、

を具備する超音波送受信装置。

10

## 【請求項 2】

前記波形情報設定手段が、前記超音波トランスデューサアレイに含まれる異なる複数の領域から複数の前記超音波ビームがそれぞれ送信されるように前記波形情報を設定する、請求項 1 記載の超音波送受信装置。

## 【請求項 3】

前記波形情報設定手段が、前記超音波トランスデューサアレイに含まれる同一の領域から複数の前記超音波ビームが送信されるように前記波形情報を設定する、請求項 1 記載の超音波送受信装置。

20

## 【請求項 4】

複数の前記超音波ビームをステアリングするように、前記駆動信号発生手段に超音波信号の遅延時間を設定する遅延時間設定手段と、

複数の超音波エコーを受信することによって得られた検出信号に基づいて超音波画像を生成する画像生成手段と、

をさらに具備する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の超音波送受信装置。

30

## 【請求項 5】

前記超音波トランスデューサアレイの位置又は開口の向きを制御する制御手段と、

複数の超音波エコーを受信することによって得られた検出信号に基づいて超音波画像を生成する画像生成手段と、

をさらに具備する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の超音波送受信装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波を送信し、エコー信号を受信することにより超音波画像を得るために用いられる超音波送受信装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来より、超音波の送信及び受信に用いられる素子（超音波トランスデューサ）として、P Z T（チタン酸ジルコン酸鉛：P b ( l e a d ) z i r c o n a t e t i t a n a t e）に代表される圧電セラミックや、P V D F（ポリフッ化ビニリデン：p o l y v i n y l d i f l u o r i d e）に代表される高分子圧電素子を含む圧電素子が一般的に用いられている。

40

## 【0003】

図 1 3 は、超音波撮像装置において一般的に用いられている超音波探触子に含まれるトランスデューサの構造と、そこから送信される超音波ビームの音場分布を示している。図 1 3 に示すように、超音波トランスデューサアレイ 100 は、両端に電極 102 及び 103 が形成されている圧電素子 101 を、例えば、リニアに多数配列することによって作製される。電極 102 及び 103 には、パルサー等を含む駆動信号発生回路が接続されている。このような圧電素子に、電極を介して電圧を印加すると、圧電効果により圧電素子が伸縮して超音波を発生する。その際に、所定の時間差を設けて複数の圧電素子を駆動するこ

50

とにより、それぞれの圧電素子から送信される球面波が合成され、所望の方向且つ所望の深度に超音波ビームの焦点 F を形成することができる。

#### 【 0 0 0 4 】

このように形成される超音波ビームの音場は、超音波トランスデューサアレイ 100 の開口から焦点位置を見込む角度  $\theta$  と、トランスデューサの開口によって決定される指向角により規定できる。即ち、図 13 に示すように、超音波トランスデューサアレイ 100 から送信された超音波は、焦点 F 付近において一旦収束し、再び拡散する。また、焦点 F の前後には、焦点深度  $h$  が示されている。焦点深度  $h$  とは、被検体を焦点から前後させても画像のボケが許容範囲に収まる距離を意味する。

#### 【 0 0 0 5 】

ところで、超音波画像の画質を向上させるためには、超音波ビームを送受信する際ににおける分解能を高めることが必要である。現状では、超音波周波数に依存する距離分解能は十分に足りているが、ビームの太さに依存する方位分解能についてはまだまだ不十分である。方位分解能を向上させるには、ビームを細くする必要がある。しかしながら、図 13 から明らかなように、従来のビームフォーカス法においては、ビームの細い領域が狭い（焦点深度  $h$  が非常に浅い）ので、方位分解能の良い領域が小さい。また、このような球面波の合成によって形成される超音波ビームにおいては、焦点付近のビームのエネルギー効率が非常に悪いという問題も生じている。

#### 【 0 0 0 6 】

このような問題の解決策として、非回折ビームを用いることが提案されている。非回折ビームとは、距離に関わらず断面パターンが変化しないビームのことをいう。非回折ビームとしては、エックスウェイブ (X-wave) (特許文献 1 参照) や、ベッセル (Bessel) ビームが知られている。ベッセルビームは、ベッセル関数によって表される分布、振幅、位相で送信される超音波ビームである。本来、ベッセルビームは無限開口において成り立つ理論であるが、有限開口においてもある程度は非回折深度が確保できることが示されている（非特許文献 1 参照）。なお、非回折深度とは、媒質中で非回折ビームがその波形を変えずに到達できる深さをいう。

#### 【 0 0 0 7 】

非回折ビームは、エネルギーが拡散せずに非回折深度まで伝搬するので、これを超音波の送受信に適用することができれば、ビーム太さの均一な領域が維持されることによる方位分解能の向上や、エネルギー効率の向上等が実現された超音波撮像を行うことができる。例えば、超音波をベッセルビームとして送信する超音波探触子が開示されている（特許文献 2 参照）。特許文献 2 においては、ベッセルビームを用いることにより、電気回路を比較的簡単な構成にすることができる、高分解能で良質な画像を得ることができると共に、細径化の要請にも対応可能になると記載されている。また、非回折ビームを送受信することによって 2 次元又は 3 次元画像を得ること（非特許文献 3 参照）や、非回折ビームをステアリングすること（非特許文献参照）も記載されている。

#### 【 0 0 0 8 】

一方、従来、2 次元又は 3 次元超音波画像を得るために、例えば、B モードスキャンにおけるように、超音波ビームを 1 本ずつ送信して被検体をスキャンし、得られた画像情報に基づいて 2 次元又は 3 次元超音波画像を合成していた。しかしながら、このような方法によると、フレームごとのタイムラグが大きいので、異なる時間における画像を合成することになり、動きのある部位を撮像すると合成画像がぼけてしまう。特に、循環器のように動きの激しい部位を観察する場合には、少なくとも毎秒 30 フレーム程度のリアルタイム性が要求される。

#### 【 0 0 0 9 】

このような問題の解決策として、同時多方向送受信技術が検討されている（特許文献 3 参照）。しかしながら、特許文献 3 に開示されているビームフォーカス法は、従来の位相整合を用いるものなので、超音波ビームの分解能と焦点深度の問題や、焦点におけるエネルギー効率の問題は依然として残ったままである。

## 【0010】

## 【特許文献1】

米国特許第5720708号明細書

## 【特許文献2】

特開平9-299370号公報

## 【特許文献3】

米国特許第6179780号明細書

## 【非特許文献1】

ダーニン (J. Durnin), 「非回折ビームの完全解法 I. スカラー理論 (Exact solutions for nondiffracting beams. I. The scalar theory)」, *J. Opt. Soc. Amer.* 1987, Vol. 4, No. 4, p. 651-654

## 【非特許文献2】

ジャンユー ルー (Jian-yu Lu), 「有限回折ビームのための2次元アレイトランスデューサの研究 (A Study of Two-Dimensional Array Transducers for Limited Diffraction Beams)」, *IEEE trans. on U. F. F. C.*, Vol. 41, No. 5, Sep. 1994, p. 724-739

## 【非特許文献3】

ジャンユー ルー (Jian-yu Lu), 「有限回折ビームによる2次元及び3次元高フレームレート撮像 (2D and 3D High Frame Rate Imaging with Limited Diffraction Beams)」, *IEEE trans. on U. F. F. C.*, Vol. 44, No. 4, Jul. 1997, p. 839-856

## 【0011】

## 【発明が解決しようとする課題】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、非回折ビームを用いて、短時間に高分解能で効率良く被検体内を走査することができる超音波送受信装置を提供することを目的とする。

## 【0012】

## 【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するため、本発明に係る超音波送受信装置は、マトリクス状に配列された複数の超音波トランスデューサを含む超音波トランスデューサアレイと、ベッセル関数によって表される振幅及び位相特性を有する複数の超音波信号によって合成される超音波ビームを所定の時間内に複数送信するために用いられる波形情報を設定する波形情報設定手段と、該波形情報設定手段によって設定された波形情報に基づいて、上記超音波トランスデューサアレイに含まれる複数の超音波トランスデューサをそれぞれ駆動する駆動信号を発生する駆動信号発生手段とを具備する。

## 【0013】

本発明によれば、非回折ビームの1種であるベッセルビームを用いてマルチビーム送信を行うので、短時間に高分解能で効率良く被検体内を走査することができる。

## 【0014】

## 【発明の実施の形態】

以下、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する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。本実施形態に係る超音波送受信装置は、超音波ビームとして非回折ビームの1種であるベッセルビームを、異なる位置から同時に、或いは、ほぼ同時に複数本送信することにより、被検体に関する情報を得るものである。以下において、複数の超音波ビームを同時に、或いは、ほぼ同時に送信することをマルチビーム送信という。

## 【0015】

10

20

30

40

50

まず、本実施形態において送信されるベッセルビームについて説明する。ベッセルビームは、次式に示すベッセル関数によって表される超音波ビームであり、非回折ビームの1種である。

$$Y = J_0 (X) \dots (1)$$

式(1)において、 $J_0$  は0次のベッセル関数を表す記号であり、 $\alpha$  は任意の定数である。

#### 【0016】

図2の(a)は、式(1)を表すグラフである。この関数を超音波の送信に適用する場合には、 $X$  は超音波を発生する超音波トランスデューサのアレイ中心からの距離に相当し、 $Y$  は強度(振幅)に相当する。図2の(a)に示すように、0次のベッセル関数には、 $X = 0$ 周辺に、高い強度を有するメインビームが存在する。

#### 【0017】

メインビームのビーム半径は、ベッセル関数  $J_0 (X) = 0$  となる  $X = X_0$  で表される。ここで、0次のベッセル関数  $J_0 (X)$  の根は、 $X_0 = 0.766$  と与えられているので、定数  $\alpha$  を設定することにより、任意のビーム幅を有するメインビームを形成することができる。この値  $X_0$  のことを、ゼロクロス半径と呼ぶ。

#### 【0018】

ところで、実用的には、有限開口からベッセルビームを送信した場合でも、ある程度の非回折深度を確保することができる。次式(2)は、有限開口からベッセルビームを送信した場合における非回折深度を求める式である。

#### 【数1】

$$Z_{MAX} = r \times \sqrt{\left(\frac{2\pi}{\alpha\lambda}\right)^2 - 1} \dots (2)$$

式(2)において、 $r$  は開口の半径を表し、 $\lambda$  は超音波の波長を表している。式(2)より明らかのように、開口の半径を大きくすれば、非回折深度  $Z_{MAX}$  は長くなる。しかしながら、実際には、人体等の被検体に用いられる探触子の大きさには制約があるので、開口の半径を大きくすることは困難である。また、式(2)より、超音波の波長  $\lambda$  が短ければ非回折深度  $Z_{MAX}$  が長くなるので、そのために超音波の周波数を高くすれば良いということが分かる。しかしながら、超音波の周波数を高くすると、媒質に吸収され易くなるので被検体の深部において十分な超音波の強度が得られなくなってしまう。

#### 【0019】

そのため、ベッセルビームの非回折深度  $Z_{MAX}$  を長くするためには、ゼロクロス半径  $X_0$ 、即ち、メインビーム半径を大きくして、定数  $\alpha$  の値を小さくすることが望ましい。しかしながら、メインビーム幅を大きくすることは、方位分解能を低下させることであるので、画質に影響しない範囲で、非回折深度との関係によりメインビーム幅を定めることが重要である。

#### 【0020】

図3は、式(2)に基づいて作成されたメインビーム半径と非回折深度との関係を表すグラフである。ここで、開口の半径を  $r = 10\text{ mm}$  とし、周波数  $3.5\text{ MHz}$ 、音速  $1540\text{ m/s}$  として、超音波の波長を  $\lambda = 4.4 \times 10^{-4}\text{ m}$  とした。例えば、人体の心臓を観察する場合には、非回折深度は  $0.15\text{ m}$  程度あれば足りる。このとき、図3から、メインビームの半径を  $2.5\text{ mm}$  程度にすれば、十分な非回折深度を得ることができる。このメインビームの半径は、一般的な超音波送受信装置において用いられる回折ビームのビーム半径より小さいので、そのような装置よりも高い方位分解能を得ることができる。

#### 【0021】

次に、ベッセルビームの実現方法を示す。ベッセル関数を決定する場合には、まず、先に

10

20

30

40

50

述べたような点に留意してメインビームの半径  $X_0$  を指定する。これにより、0次のベッセル関数の根  $X_0 = 0.766$  から、定数の値が決定される。なお、図2の(a)は、ゼロクロス半径  $X_0 = 1.88\text{mm}$ 、即ち、 $= 1.28\text{mm}^{-1}$  とした場合のグラフである。

【0022】

このように決定されたベッセル関数に基づいて超音波ビームを形成する場合には、ベッセル関数の座標とマトリクス配置された超音波トランスデューサとを関連付け、座標  $X$  に位置する超音波トランスデューサを、振幅  $Y = J_0(X)$  を有する波形で駆動すれば良い。このとき、ベッセル関数において  $Y < 0$  となる領域に位置する超音波トランスデューサについては、位相を逆転させて駆動する。

10

【0023】

図2の(b)は、図2の(a)に示すベッセル関数によって表される超音波ビームを送信する際に用いられる超音波トランスデューサ  $V_1, V_2, \dots$  を示している。また、図2の(c)は、それぞれの超音波トランスデューサを駆動するために用いられる波形情報  $P_1, P_2, \dots$  を表している。例えば、ベッセルビームの中心位置付近(領域  $k$ )の超音波トランスデューサは、振幅  $Y = 1$  の波形情報  $P_1$  に基づいて駆動する。また、領域  $k$  の外側の領域  $m$  付近の超音波トランスデューサは、振幅  $Y = 0.4$  で、領域  $k$  におけるのと位相が逆の波形情報  $P_2$  に基づいて駆動する。さらに、領域  $m$  の外側の領域  $n$  付近の超音波トランスデューサは、振幅  $Y = 0.3$  で、領域  $k$  と同位相の波形情報  $P_3$  に基づいて駆動する。このように、ベッセル関数の分布に対応付けてマトリクスアレイトランスデューサを駆動する。これらの超音波トランスデューサから送信された超音波の合成により、図2の(a)に示すようなベッセルビームが送信される。ここで、超音波トランスデューサは2次元に配列されており、これらの超音波トランスデューサをベッセル関数の中心からの距離に応じて等方向に駆動することにより、3次元に拡張されたベッセルビームが送信される。なお、超音波トランスデューサを1次元に配列しても、1つの方向については非回折性を有する超音波ビームを送信することができる。

20

【0024】

再び、図1を参照すると、本実施形態に係る超音波送受信装置は、マトリクスアレイトランスデューサ  $10$  と、ビーム位置設定部  $11$  と、波形パターン記憶部  $12$  と、波形情報設定部  $13$  と、遅延パターン記憶部  $14$  と、遅延時間設定部  $15$  と、駆動信号発生部  $16$  と、送受信タイミング制御部  $17$  と、信号処理部  $18$  と、デジタルスキャンコンバータ(DSC)  $19$  と、表示部  $20$  を有している。

30

【0025】

マトリクスアレイトランスデューサ  $10$  は、マトリクス状に配列された複数の超音波トランスデューサを含んでおり、例えば、 $20\text{mm}$  四方程度の開口面積を有している。マトリクスアレイトランスデューサ  $10$  は、印加される駆動信号に基づいて超音波ビームを送信すると共に、伝搬する超音波を受信して検出信号を出力する。これらの超音波トランスデューサは、例えば、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛: Pb(lead) zirconate titanate)に代表される圧電セラミックや、PVDF(ポリフッ化ビニリデン: polyvinyl difluoride)等の高分子圧電素子に代表される圧電性を有する材料等を含む圧電素子の両端に電極を形成した振動子によって構成される。このような振動子の電極に、パルス状の電気信号或いは連続波電気信号を送って電圧を印加すると、圧電素子は微少な機械的振動を生じる。この機械的振動により、それぞれの振動子からパルス状或いは連続的な超音波が発生し、これらの超音波の合成によって超音波ビームが形成される。また、それぞれの振動子は、伝搬する超音波を受信することによって機械的に振動して電気信号を発生する。これらの電気信号は、超音波の検出信号として出力される。

40

【0026】

或いは、超音波トランスデューサとして、超音波変換方式の異なる複数種類の素子を用いても良い。例えば、超音波を送信する素子として上記の振動子を用い、超音波を受信する

50

素子として光検出方式の超音波トランステューサを用いるようにする。光検出方式の超音波トランステューサとは、超音波信号を光信号に変換して検出するものであり、例えば、ファブリーペロー共振器やファイバラッピンググレーティングによって構成される。

【0027】

ここで、本実施形態においては、ベッセルビームをマルチビーム送信するために、マトリクスアレイトランステューサ10の超音波送信面を複数の領域に分割してそれぞれの領域を1つの開口として取り扱うことにより、複数の領域からベッセルビームをそれぞれ送信する。以下において、これらの分割された領域に含まれる複数の超音波トランステューサの集合のことをサブアレイという。図4に示すように、例えば、超音波ビームUS1を送信する際には、サブアレイaに含まれる複数の超音波トランステューサが使用される。また、超音波ビームUS2～US4についても同様である。

10

【0028】

ビーム位置設定部11は、マトリクスアレイトランステューサ10上の座標においてベッセルビームの中心になる位置を設定する。本実施形態においては、ベッセルビームを形成する際に、ベッセルビームの中心位置を基準としてそれぞれの超音波トランステューサを駆動するための波形情報が設定されるからである。図4には、超音波ビームUS1～US4の中心位置A～Dがそれぞれ示されている。

20

【0029】

波形パターン記憶部12は、それぞれの超音波トランステューサに与えられる波形情報、即ち、振幅及び位相特性を、超音波トランステューサの位置に応じた波形パターンとして記憶している。即ち、例えば、図2の(c)に示すような波形情報P1、P2、…を記憶している。

20

【0030】

波形情報設定部13は、ビーム位置設定部11によって設定された中央位置と、波形パターン記憶部12に記憶されている波形パターンとに基づいて、所定の超音波トランステューサを駆動するために用いられる波形情報を設定する。即ち、波形情報設定部13は、ビーム位置設定部11によって設定された複数の中心位置を基準として、上記の波形パターンをマトリクス状に配置された超音波トランステューサにそれぞれ関連付ける。例えば、図2の(c)に示す波形パターンを、図4に示す位置A～Dを中心としてマトリクスアレイトランステューサにそれぞれ関連付けることにより、直径約10mmの4つのサブアレイa～dが設定される。これらのサブアレイa～dにそれぞれ含まれる複数の超音波トランステューサに、図2の(c)に示す波形情報P1、P2、…が与えられるように設定される。

30

【0031】

遅延パターン記憶部14は、超音波ビームをステアリングする際に用いられる複数の遅延パターンを記憶している。

遅延時間設定部15は、ベッセルビームを所望の方向にステアリングするために、遅延パターン記憶部14に記憶されている複数の遅延パターンの中から適当な遅延パターンを選択する。さらに、遅延時間設定部15は、ビーム位置設定部11によって設定された中心位置と、上記の遅延パターンとを関連付けることにより、それぞれの超音波トランステューサに与える遅延時間を設定する。

40

【0032】

駆動信号発生部16は、例えば、マトリクスアレイトランステューサ10に含まれる複数の超音波トランステューサにそれぞれ対応する複数のパルサーによって構成されている。ここで、図5を参照すると、駆動信号発生部16は、波形情報設定部13において設定された波形情報P1、P2、…、及び、遅延時間設定部15において与えられた遅延時間DT1、DT2、…に基づいて、マトリクスアレイトランステューサ10に含まれる複数の超音波トランステューサV1、V2、…に向けて駆動信号を発生する。これにより、複数の超音波トランステューサV1、V2、…から所定の振幅及び位相を有する超音波が所定の時刻にそれぞれ発生し、矢印の向きにステアリングされたベッセルビームが送信される

50

。

### 【 0 0 3 3 】

送受信タイミング制御部 17 は、所定のタイミングで駆動信号を発生するように駆動信号発生部 16 を制御すると共に、送信時刻から一定時間経過後にマトリクスアレイトランスデューサ 10 から出力される検出信号を取り込むように、信号処理部 18 を制御する。このように、駆動信号及び検出信号をコントロールして信号の読み取り時間帯を限定することにより、被写体の特定の深さから反射されたエコー信号を検出することができる。

### 【 0 0 3 4 】

信号処理部 18 は、マトリクスアレイトランスデューサ 10 に含まれる複数の超音波トランスデューサが超音波を受信することによって出力した検出信号を、送受信タイミング制御部 17 の制御に従って所定のタイミングで取り込む。信号処理部 18 は、これらの信号に対してゲイン調整を行い、所定の遅延をかけて加算することにより受信フォーカスを行う。この受信フォーカスにより、受信された超音波信号の焦点を絞り込むことができる。この際に、一般的に行われている遅延加算により受信フォーカスを行っても良いし、ベッセルビームを送信する際に用いた波形パターンに基づいて重み付け加算しても良い。後者の場合には、前者よりも焦点深度を深く、且つ、受信ビームのビーム幅を狭く設定することができるので、より望ましい。さらに、信号処理部 18 は、受信フォーカスされた検出信号に対して、対数增幅、検波、S T C (センシティビティタイムコントロール)、A / D 変換等の信号処理を行う。

### 【 0 0 3 5 】

D S C 19 は、信号処理部 18 において信号処理された検出信号を走査変換する。また、表示部 20 は、例えば、C R T や L C D 等のディスプレイ装置であり、D S C 19 によって走査変換された信号に基づいて、超音波画像を表示する。

### 【 0 0 3 6 】

このような超音波送受信装置において、ステアリング方向を変えながら複数回マルチビーム送信を行うことにより、被検体内を高密度で走査することができる。その際に、ビーム位置設定部 11 における中心位置を変更してベッセルビームの送信位置をずらしながら上記の走査を行うことにより、被検体を走査する密度を一層高くすることも可能である。

### 【 0 0 3 7 】

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る超音波送受信装置について、図 6 ~ 図 8 を参照しながら説明する。図 6 は、本実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

本実施形態に係る超音波送受信装置は、図 1 に示す超音波送受信装置における波形情報設定部 13 及び遅延時間設定部 15 の替わりに、波形情報設定部 23 及び遅延時間設定部 25 を有している。また、この超音波送受信装置は、図 1 に示す超音波送受信装置におけるビーム位置設定部 11 を有していない。その他の構成については、第 1 の実施形態におけるのと同様である。

### 【 0 0 3 8 】

図 7 に示すように、本実施形態に係る超音波送受信装置は、同一箇所から複数のベッセルビーム U S 5 ~ U S 8 を送信するものである。従って、ベッセルビームが送信される中心位置 0 は、マトリクスアレイトランスデューサ 10 の中央に予め設定されている。

### 【 0 0 3 9 】

波形情報設定部 23 は、波形パターン記憶部 12 に記憶されている波形パターンに基づいて、それぞれの超音波トランスデューサに与える波形情報を設定する。それぞれの超音波トランスデューサに与えられる波形情報は、波形パターンの中心をマトリクスアレイトランスデューサ 10 の中央に関連付けることによって決定される。

### 【 0 0 4 0 】

遅延時間設定部 25 は、遅延パターン記憶部 14 に記憶されている複数の遅延パターンの中から、送信されるベッセルビームごとに適当な遅延パターンを選択する。さらに、遅延時間設定部 25 は、選択した遅延パターンの中心をマトリクスアレイトランスデューサ 1

10

20

30

40

50

0 の中央に関連付け、それぞれの超音波トランステューサに与える遅延時間をパターン毎に設定する。

【 0 0 4 1 】

ここで、図 8 を参照すると、複数の超音波トランステューサ V 1 、 V 2 、 … には、マトリクスアレイトランステューサ 1 0 の中央からの距離とステアリング角に応じて、波形情報 P 1 、 P 2 、 … 、 P 5 、及び、波形情報 P 1 ' 、 P 2 ' 、 … P 5 ' が与えられる。異なる方向にステアリングされたベッセルビームを同時に送信するためには、ステアリング角に応じて用意されたこれらの波形情報を足し合わせれば良い。例えば、領域 n 付近の超音波トランステューサを、まず、基準時刻 ( t = 0 ) から遅延時間 D T 1 ' 経過後に波形情報 P 1 ' に基づいて駆動し、次に、基準時刻から遅延時間 D T 1 経過後に波形情報 P 1 に基づいて駆動する。その他の領域の超音波トランステューサについても、同様である。ここで、2つの遅延パターン ( 1 ) 及び ( 2 ) にそれぞれ含まれる波形情報の内、遅延時間が共通する2つの波形情報が1つの超音波トランステューサに設定される場合には、それらの波形が足し合わされる。例えば、領域 k 付近の超音波トランステューサに設定される波形情報 P 3 と P 3 ' の遅延時間 D T 3 と D T 3 ' とが同時である場合には、波形情報 P 3 と P 3 ' とを合成した振幅が与えられる。なお、図 8 においては、2つのベッセルビームを同時に送信する場合について説明したが、3つ以上のベッセルビームを同時に送信する場合についても同様である。

【 0 0 4 2 】

このような超音波送受信装置において、それぞれのベッセルビームのステアリング方向を変えながらマルチビーム送信を繰り返すことにより、被検体内を高密度で走査することができる。

【 0 0 4 3 】

次に、本発明の第3の実施形態に係る超音波送受信装置について、図 9 及び図 1 0 を参照しながら説明する。図 9 に示すように、本実施形態に係る超音波送受信装置は、図 1 に示す超音波送受信装置におけるビーム位置設定部 1 1 、遅延パターン記憶部 1 4 、及び、遅延時間設定部 1 5 の替わりに、アクチュエータ 3 0 を有している。その他の構成については、第1の実施形態におけるのと同様である。

【 0 0 4 4 】

図 1 0 に示すように、本実施形態においては、マトリクスアレイトランステューサ 1 0 において、ベッセルビームが送信される複数の中心位置 A ~ D 及び複数のサブアレイ a ~ d が予め設定されている。波形情報設定部 1 3 は、固定されている複数の中心位置に波形パターンをそれぞれ関連付けることにより、マルチビーム送信を行うための波形情報を設定する。

【 0 0 4 5 】

また、アクチュエータ 3 0 は、マトリクスアレイトランステューサ 1 0 の位置や開口の向きを制御する。即ち、アクチュエータ 3 0 の制御により、マトリクスアレイトランステューサ 1 0 は、往復運動、回転運動、首振り運動等を行う。

【 0 0 4 6 】

このように、複数箇所からベッセルビームを送信するマルチビーム送信と、トランステューサの機械的制御とを組み合わせることにより、複数のベッセルビームをステアリングしながら同時に、或いは、ほぼ同時に送信することができる。ここで、マトリクスアレイトランステューサ 1 0 の形状をコンベックス形状にすると、複数のベッセルビーム間の角度が拡がるので、被検体内を広範囲に走査することができる。

【 0 0 4 7 】

次に、本発明の第4の実施形態に係る超音波送受信装置について、図 1 1 及び図 1 2 を参照しながら説明する。本実施形態に係る超音波送受信装置は、図 6 に示す超音波送受信装置に加えて、さらに、アクチュエータ 4 0 を有している。その他の構成については、本発明の第2の実施形態におけるのと同様である。

【 0 0 4 8 】

10

20

30

40

50

図12に示すように、本実施形態においては、マルチビームが送信される中心位置〇は、マトリクスアレイトランステューサ10の中央に予め設定されている。この中心位置〇から、複数のベッセルビームが異なる方向に向けて同時に、或いは、ほぼ同時に送信される。

【0049】

また、アクチュエータ40は、マトリクスアレイトランステューサ10の位置や開口の向きを制御する。即ち、アクチュエータ40の制御により、マトリクスアレイトランステューサ10は、往復運動、回転運動等を行う。

【0050】

このように、同一箇所から複数のベッセルビームを送信するマルチビーム送信と、トランステューサの機械的制御とを組み合わせることにより、複数のベッセルビームをステアリングしながら同時に、或いは、ほぼ同時に送信することができる。ここで、本実施形態においても、マトリクスアレイトランステューサ10の形状をコンベックス形状にすると、複数のベッセルビーム間の角度が拡がるので、広範囲な走査角度を確保することができる。

【0051】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、送信される超音波としてベッセルビームを用いるので、被写界深度を長くすることができ、深さ方向に対し広範囲に渡って高い分解能を得ることができる。また、ベッセルビームにおいてはエネルギーが拡散しないので、超音波の送信パワーを低減したり、同じ送信パワーを用いてメインビームの強度を増加させることができになり、エネルギー効率の良い超音波撮像を行うことが可能になる。さらに、ベッセルビームをマルチビーム送信するので、一度に被検体内を走査する超音波ビームの密度を高くすることができ、また、被検体内の広い範囲を走査することができる。従って、超音波撮像の時間を短縮してフレームレートを高めることができるので、リアルタイムに画質の高い2次元又は3次元超音波画像を得ることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図2の(a)は、ベッセル関数を表すグラフであり、図2の(b)及び(c)は、ベッセル関数によって表される超音波ビームを送信する方法を説明するための図である。

【図3】ベッセルビームのメインビームと非回折深度の関係を示す図である。

【図4】複数のサブアレイからマルチビーム送信されるベッセルビームと、その中心位置及びサブアレイを示す図である。

【図5】ベッセルビームをステアリングする方法を説明するための図である。

【図6】本発明の第2の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【図7】1つのサブアレイからステアリングしながらマルチビーム送信されるベッセルビームを示す図である。

【図8】マルチビーム送信される複数のベッセルビームをステアリングする方法を説明するための図である。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【図10】複数のサブアレイからマルチビーム送信されるベッセルビームを示す図である。

【図11】本発明の第4の実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【図12】1つのサブアレイからマルチビーム送信されるベッセルビームを示す図である。

10

20

30

40

50

【図13】従来の超音波トランステューサアレイから送信される回折ビームの音場分布を示す図である。

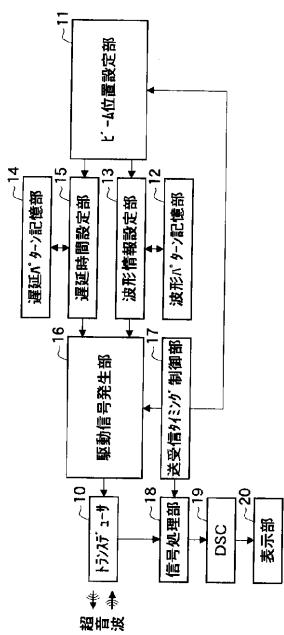
【符号の説明】

- 10 マトリクスアレイトランステューサ  
 11 ビーム位置設定部  
 12 波形パターン記憶部  
 13、23 波形情報設定部  
 14 遅延パターン記憶部  
 15、25 遅延時間設定部  
 16 駆動信号発生部  
 17 送受信タイミング制御部  
 18 信号処理部  
 19 ディジタルスキャンコンバータ (DSC)  
 20 表示部  
 30、40 アクチュエータ  
 100 超音波トランステューサアレイ  
 101 圧電素子  
 102、103 電極  
 a ~ d サブアレイ  
 V1、V2、... 超音波トランステューサ

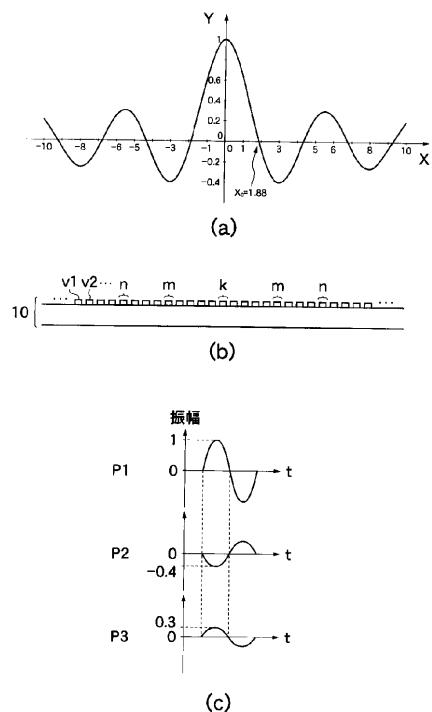
10

20

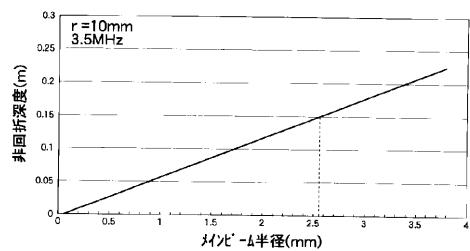
【図1】



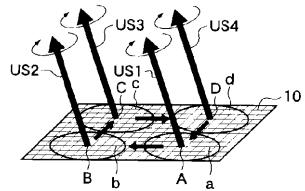
【図2】



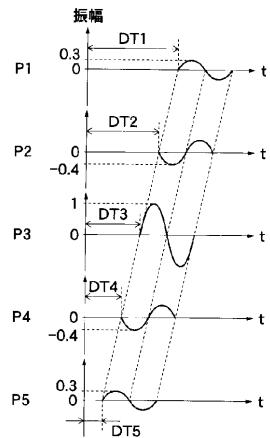
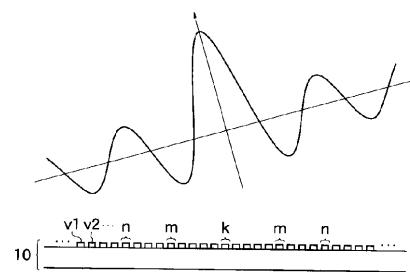
【図3】



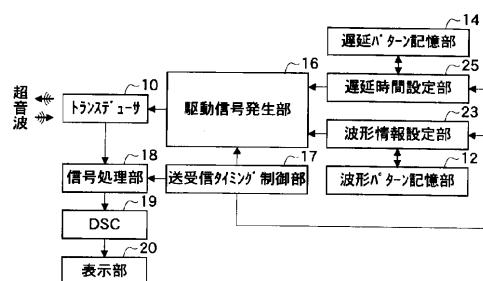
【図4】



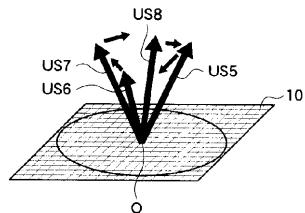
【図5】



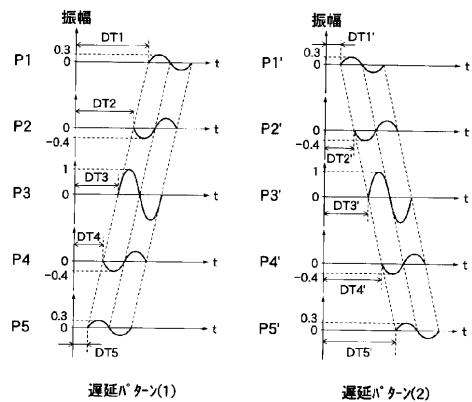
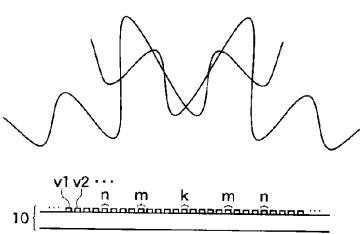
【図6】



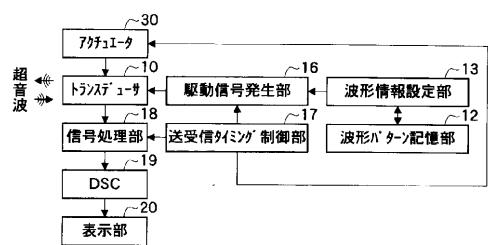
【図7】



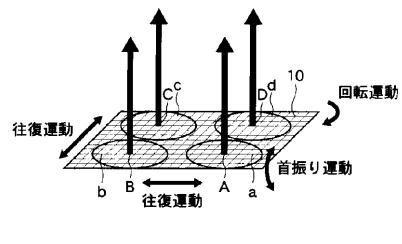
【図8】



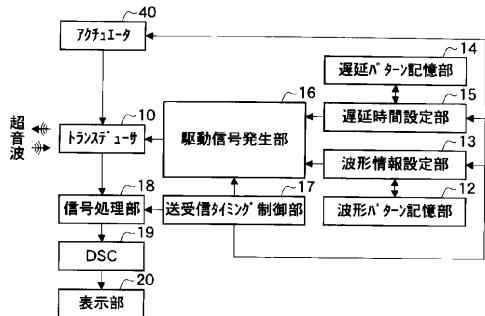
【図9】



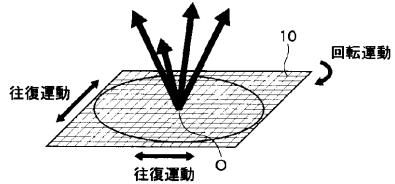
【図10】



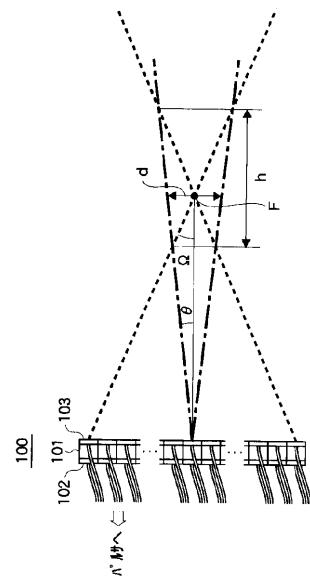
【図11】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 4C601 BB05 BB06 EE01 HH04 HH14 HH22 HH23 HH31 JB01  
5J083 AA02 AB17 AC28 AC30 BB15 BC02 BD12 BE58 CA01 CA13  
DC05