



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の振動素子と、  
前記複数の振動素子に対応して設けられた複数の送信器と、  
前記複数の送信器を制御する送信制御部と、  
を含み、  
前記送信制御部は、少なくとも送信ビーム方位及び送信焦点深度の組み合わせに応じて、前記送信信号の電圧を設定する送信電圧制御手段を有することを特徴とする超音波診断装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、  
前記送信電圧制御手段は、前記送信ビーム方位としてのビーム偏向角度が小さくなればなるほど、及び、前記送信焦点深度が浅くなればなるほど、前記送信信号の電圧を小さくすることを特徴とする超音波診断装置。

## 【請求項 3】

請求項 2 記載の装置において、  
前記送信電圧制御手段は、前記ビーム偏向角度及び前記送信焦点深度によらずに送信焦点において音圧が一定となるように前記送信信号の電圧を設定することを特徴とする超音波診断装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は超音波診断装置に関し、特に送信電圧制御に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

超音波診断装置においては、複数の振動素子に与える複数の送信信号に対して所定の遅延時間関係を設定することによって送信ビームが形成される。送信ビームは電子的に走査され、その電子走査方式として電子セクタ走査などが知られている。その電子セクタ走査においては、一般に、ビーム偏向角度に応じて送信開口が可変設定され、また、その送信開口内において送信電圧の重み付けがなされる。その重み付け関数としてはガウシアン関数、ハミング関数などが周知である。

## 【0003】

ところで、従来の超音波診断装置において、ビーム偏向角度によらずに、送信電圧を一定にすると、そのビーム偏向角度が大きくなればなるほど音圧が低下し、つまり走査面の左右端部において感度が低下し、走査面全体として音場が均一にならないという問題がある。その一方、従来の超音波診断装置において、送信焦点深度によらずに、送信電圧を一定にすると、受信された信号の振幅が過大となって受信回路を飽和させるという問題がある。

## 【0004】

かつては超音波振動子における電気 - 機械の変換効率があまり高くなかったために、常に最大の送信電圧を設定することが望まれていたが、近時における技術進歩によって変換効率が良好となっており、従来の考え方のように、常に最大の送信電圧を維持することはかえって音場不均一という問題を生じさせる場合がある。ちなみに、超音波診断装置においては、安全性の観点などから、送信電圧については上限値が自動的に設定され、また、ユーザーによって送信電圧を可変設定することもできる。それらを考慮しつつも、二次元空間としての走査面（あるいは三次元空間としての三次元エコーデータ取込領域）全体にわたって音場の均一性等が求められている。

## 【0005】

なお、送信時における音場が不均一であっても、受信時における感度調整などによって、走査面全体にわたって感度等を均一化することも不可能ではない。しかしながら、送信

10

20

30

40

50

音場の不均一性を受信側で調整することは複雑な調整、制御が必要となる。

【0006】

下記特許文献1には、走査面上における送信音場を均一にするため、ビーム方向ごとに異なる送信条件(送信音圧を含む)を設定することが記載されている。しかし、送信焦点深度との関係については記載されておらず、また、送信電圧の制御をどのような条件で実際に行うのかについては記載されていない。下記の特許文献2には、超音波ビームの送波音圧の調整により互いに異なる深さの複数の関心領域について局所音圧を等しくすることが記載されている。しかし、これは造影剤の造影効果を均一にするためのものであり、またビーム走査角度との関係については記載されていない。

【0007】

10

【特許文献1】特開2001-327505号公報

【特許文献2】特開2003-093389号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、超音波診断装置において、ビーム走査角度及び送信焦点深さによらずに、良好な送信音場を形成できるようにすることにある。

【0009】

本発明の他の目的は、超音波診断装置において、送信出力が必要以上に制限されないようにし、また受信回路が飽和しないようにすることにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

(1)本発明は、複数の振動素子と、前記複数の振動素子に対応して設けられた複数の送信器と、前記複数の送信器を制御する送信制御部と、を含み、前記送信制御部は、少なくとも送信ビーム方位及び送信焦点深度の組み合わせに応じて、前記送信信号の電圧を設定する送信電圧制御手段を有することを特徴とする。

【0011】

上記構成によれば、送信電圧手段が送信ビーム方位が変化することに伴う送信音圧の低下及び送信焦点距離に依存した送信音圧の変動を改善するように送信電圧を制御する。よって、送信音場を均一化でき、特に、ビーム偏向角度及び送信焦点深さによらずに、各送信焦点近傍においてバランスがとれた送信音場を構築できる。

30

【0012】

望ましくは、前記送信電圧制御手段は、前記送信ビーム方位としてのビーム偏向角度が小さくなればなるほど、及び、前記送信焦点深度が浅くなればなるほど、前記送信信号の電圧を小さくする。この構成によれば、ビーム偏向角度が小さくなると、あるいは、送信焦点深度が浅くなると、上記のように送信信号の電圧が小さくされるので、受信回路の飽和という問題を未然に防止できる。

【0013】

望ましくは、前記送信電圧制御手段は、前記ビーム偏向角度及び前記送信焦点深度によらずに送信焦点において音圧が一定となるように前記送信信号の電圧を設定する。

40

【発明の効果】

【0014】

以上説明したように、本発明によれば、ビーム走査角度及び送信焦点深さによらずに、良好な送信音場を形成できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

図1には、本発明に係る超音波診断装置の送信部の構成がブロック図として示されている。

【0016】

50

アレイ振動子 10 は、複数の振動素子 12 によって構成される。本実施形態において、このアレイ振動子 10 においては、複数の振動素子 12 が直線的に配列されている。このアレイ振動子 10 によって超音波ビームが形成され、その超音波ビームは本実施形態において電子セクタ走査される。図においてはそのように電子セクタ走査される超音波ビームもビーム偏向角度  $\theta$  によって表され、その超音波ビーム（送信ビーム）上における送信フォーカス点（送信焦点）が F で表されている。またその送信焦点 F の送信原点からの距離が r で表されている。ちなみに、送信ビームの偏向角度  $\theta$  に応じて送信開口が可変設定されている。電子リニア走査においてビームステアリングを行う場合などにも本発明は適用可能である。

#### 【0017】

送信部は複数の送信器 16 からなる送信器群 14 とそれらを制御する送信制御部 18 とを有する。1つの振動素子 12 に対して1つの送信器 16 が接続されている。送信器 16 は、本実施形態において、後に図 2 を用いて説明するように、デジタル波形データとしての送信信号をアナログ電圧信号に変換することにより送信駆動信号を生成し、それを対応する振動素子 12 へ出力する。複数の振動素子 12 に対して供給される複数の送信駆動信号について所定の遅延関係を設定することにより超音波ビーム（送信ビーム）が形成され、またその超音波ビームが所定の方向に走査される。送信制御部 18 は複数の送信器 16 についての動作制御を行っており、この送信制御部 18 には図示されていない主制御部からの制御信号が入力されている。

#### 【0018】

図 2 には、図 1 に示した送信器 16 の具体的な構成例が示されている。図 1 に示した各送信器 16 とともに図 2 に示す構成を有している。

#### 【0019】

波形メモリ 20 は、例えば RAM などによって構成され、その波形メモリ 20 上にはデジタル波形データが格納される。そのデジタル波形データは所定のタイミングをもって読み出され、それは乗算器 22 及び乗算器 24 を介して D/A 変換器 26 に入力される。D/A 変換器 26 は、入力されるデジタル波形データをアナログ信号に変換する。そのアナログ信号はリニアアンプ 28 に入力され、そのリニアアンプ 28 において線形増幅処理が行われて、これによって上記の送信駆動信号が生成される。

#### 【0020】

送信制御部 18 には、図 2 に示す構成例において、ディレイメモリ 32、アポタイズメモリ 34、パワーメモリ 36 などの構成が含まれる。ディレイメモリ 32 上には、各送信チャンネルすなわち各送信器ごとのディレイデータが格納される。そのディレイデータは各送信チャンネルごとに設けられたディレイカウンタ 30 にセットされる。ディレイカウンタ 30 は所定のクロック信号をカウントし、そこにセットされたディレイデータにカウント値が一致した場合には波形メモリ 20 に対して読み出しトリガを出力する。波形メモリ 20 からはその読み出しトリガが入力されたタイミングを読み出し開始点として上記デジタル波形データが読み出される。ちなみに波形メモリ 20 に格納するデジタル波形データは送信制御部によって書き換え可能である。あるいは、波形メモリ 20 内に複数のデジタル波形データを格納しておき、それらの中から実際に使用するデジタル波形データを選択するようにしてもよい。アポタイズメモリ 34 上には、各送信チャンネルごとに設けられた重み付けデータが格納される。その重み付けデータは各チャンネルに設けられた乗算器 22 へ出力される。乗算器 22 においては、入力される信号に対して重み付け値が乗算され、その重み付け後の信号が出力される。このアポタイズメモリ 34 に格納されたデータにより送信開口内における重み付けすなわちアポタイゼーションが行える。その重み付け関数としてはガウシアン分布などの各種の関数が公知である。

#### 【0021】

本実施形態においては、パワーメモリ 36 が設けられ、そのパワーメモリ 36 上に各送信チャンネルごとの送信電圧データが格納されている。具体的には、ビーム角度  $\theta$  と送信フォーカス点の深さ r との組合せに応じて各送信チャンネルごとに適切な送信電圧が設定

10

20

30

40

50

され、それを表す電圧係数が乗算器 24 へ出力される。乗算器 24 では、そのような電圧係数にしたがって、入力される信号に対して電圧補正を行い、その結果を出力する。本実施形態においては、ビーム角度 及び送信焦点深度  $r$  によらずに走査面の全体にわたって、特に、送信焦点の位置によらずに均一な送信音場が形成されるように、送信電圧係数が設定されている。もちろん、更に画像形成モード、プローブの種類、診断部位などの他の情報に応じて送信電圧係数を定めることもできる。いずれにしても、ビーム角度 及び送信焦点深度  $r$  の組合せに応じて送信電圧を調整すれば、従来のように近距離送信時における受信回路の飽和といった問題や、ビーム偏向角度が小さい場合における受信回路の飽和といった問題を未然に防止することができる。

#### 【0022】

ちなみに、リニアアンプ 28 にはバイアス印加用の高電圧電源 38 が接続されている。なお、安全性の観点から、必要以上に送信パワーが増大した場合には図示されていないリミッター機能が動作し、送信電圧を制限する。

#### 【0023】

以上のように、本実施形態においては、ビーム角度 及び送信焦点深度  $r$  に応じて送信電圧の調整が行われるが、これについて図 3 乃至図 7 を用いて説明する。

#### 【0024】

まず図 3 には、ビーム角度 と送信電圧との関係が概念的に示されている。本実施形態においては、ビーム角度 が所定角度以上の場合における送信電圧を 100% とし、ビーム角度 が小さくなるにしたがって送信電圧がレベルダウンされている。したがってビーム角度 のみに着目すると、そのビーム角度 が 0 度の場合に送信電圧は最も小さくなる。

#### 【0025】

図 4 には、送信焦点深さに応じた送信音場特性が示されている。その横軸は送波原点からの距離であり、縦軸はパワー（音圧）を表している。またそこに示される各特性曲線はそれぞれ送信焦点の距離が 10 mm、15 mm、20 mm、25 mm、30 mm の場合のものである。この図 4 に示されるように、送信焦点深さに応じて送信電圧を可変することなく送信を行うと、各送信焦点において（図において矢印ライン参照）音響的なパワーが不揃いとなる。なお、送信焦点の深さに応じて送信開口は可変設定されるものである。よって、最も近傍における送信焦点においては送信開口の制限の影響から送信焦点における音圧はやや下がっている。

#### 【0026】

図 5 には、図 4 と同様に、送信焦点距離、開口数（送信開口を構成する送信チャンネル数）、送信電圧、送信焦点付近の音圧比の関係が示されている。従来のように送信焦点距離によらずに常に送信電圧として 100% を設定すると、開口数を可変した場合においても、図 5 に示されるように（あるいは図 4 に示したように）送信焦点付近において音圧比が不揃いとなる。

#### 【0027】

そこで、図 6 に示すように、送信焦点の深さによって開口数を変動させつつも、更に送信電圧を調整することにより各焦点深度における音圧を均一にすることが可能となる。その結果、超音波画像全体としても音場の均一性を得ることが可能となる。この図 6 に示す例では、送信焦点の深さが 30 mm の場合の送信電圧を 100% としている。

#### 【0028】

本実施形態においては、ビーム偏向角度 による送信電圧係数（補正值）と送信焦点深度による送信電圧係数（補正值）とを乗算した結果として、全体としての送信電圧の補正值（補正係数）が求められている。すなわち、図 7 に示されるように、モード、診断部位などの諸状況に応じて複数の電圧係数セット 40 が設けられているが、各電圧係数セット 40 においては、それぞれの送信チャンネルごとに、送信焦点深度  $r$  とビーム偏向角度 との組合せに応じて補正後の電圧係数が定められており、その電圧係数が図 2 に示したパワーメモリ 36 から乗算器 24 へ出力される。よって、このような電圧係数の設定により

10

20

30

40

50

、ビーム偏向角度及び送信焦点深度  $r$  によらずに各送信焦点位置において音場を均一化することが可能となる。ちなみに、図 7 に示されるように、画像形成モードなどに応じて適切な電圧係数セットを選択すれば、諸条件に応じて適切な送信音場を形成できるという利点がある。例えば、頸部における頸動脈の超音波診断を行う場合には、比較的近距離への送信が行われて、音圧が非常に高まるため、それに相応しい電圧係数セットを利用し、一方、甲状腺や乳腺の検査等の場合には信号の減衰が大きくノイズレベル付近の信号検出が必要となるので、それに応じた電圧係数セットを利用するのが望ましい。この場合においては、例えば上記の頸部の超音波診断の場合には図 7 に示したようなビーム偏向角度と送信焦点距離  $r$  との組合せに応じて電圧係数を変化させる電圧係数セットを利用し、その一方において、甲状腺や乳腺などの超音波診断の場合には従来同様に送信電圧を送信焦点深度によらずに一定とするような電圧係数セットを選択してもよい。

10

【0029】

上記の実施形態によれば、電子セクタ画像において、中央部分と両端部における輝度差が少なくなり画質の均一化を図ることができる。また、電子リニア走査において部分的にビームステアリングを行う場合にもそのステアリング角度によらずに感度を一定にできる。更に、送信焦点が近距離に設定されたような場合にも受信回路における飽和を防止して超音波画像の画質を高められる。さらに、送信パワーが必要以上に制限されることがなくなるので、超音波画像の  $S/N$  比を向上できるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【0030】

20

【図 1】本発明に係る超音波診断装置における送信部の好適な実施形態を示すブロック図である。

【図 2】図 1 に示した送信器の具体的な構成例を示すブロック図である。

【図 3】ビーム偏向角度と送信電圧との関係を示す特性図である。

【図 4】従来における送信焦点深度に応じた音場特性を示す図である。

【図 5】図 4 に示す特性を表すテーブルである。

【図 6】本実施形態に係る電圧補正を説明するためのテーブルである。

【図 7】モード等に応じた電圧係数セットを表す図である。

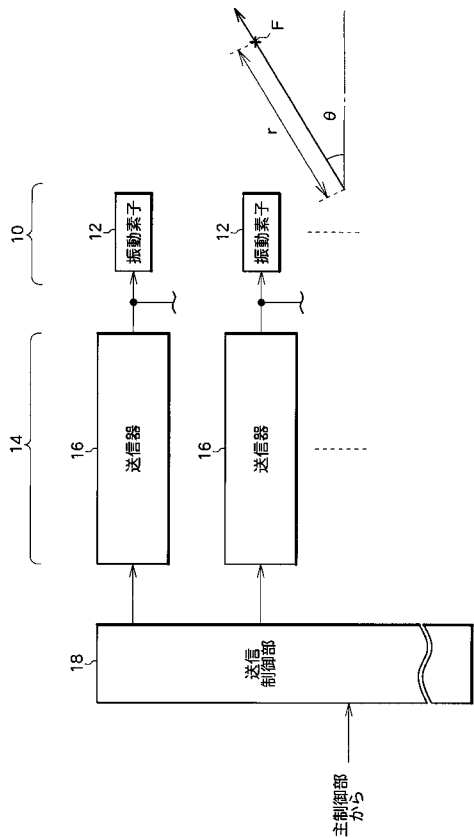
【符号の説明】

【0031】

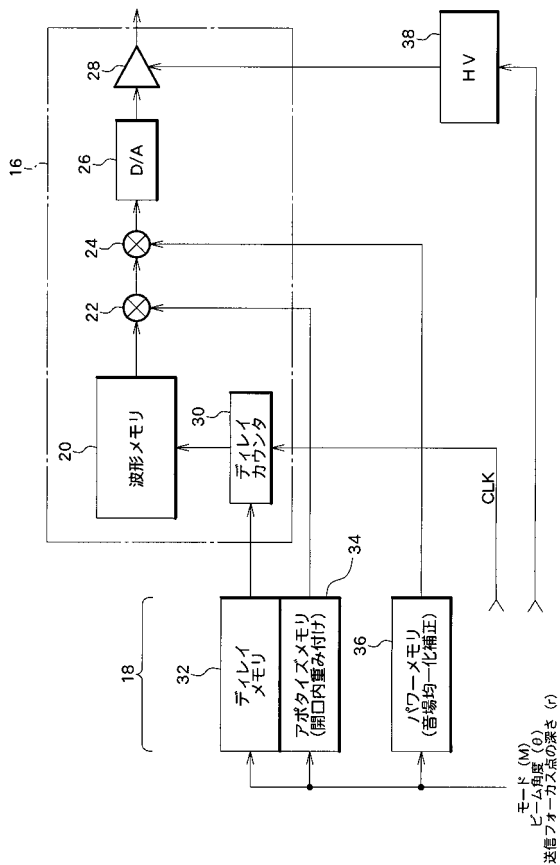
30

10 アレイ振動子、12 振動素子、16 送信器、18 送信制御部、20 波形メモリ、22、24 乗算器、26 D/A変換器、32 デイレイメモリ、34 アポタイズメモリ、36 パワーメモリ。

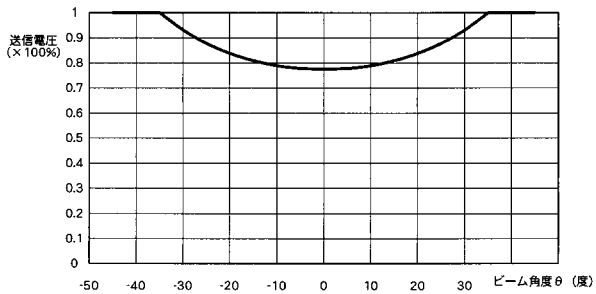
【図 1】



【図 2】



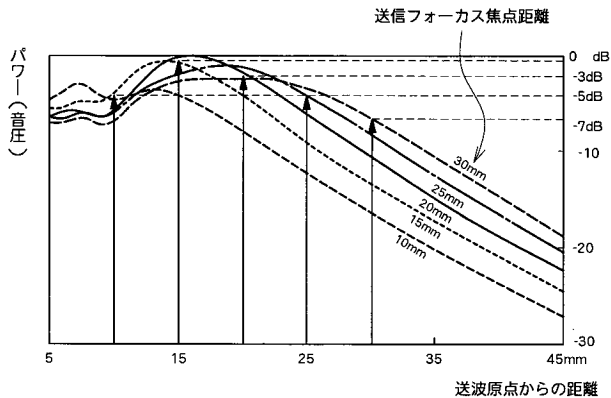
【図 3】



【図 5】

焦点距離 mm	開口数	送信電圧 %	焦点付近の音圧比 dB
10	18	100	-5
15	24	100	-1
20	30	100	-3
25	36	100	-5
30	42	100	-7

【図 4】



【図 6】

焦点距離 mm	開口数	送信電圧 設定 %	送信電圧 設定 (dB)	焦点付近の音圧 (送信電圧補正後) (dB)
10	18	60	-2	-7
15	24	50	-6	-7
20	30	63	-4	-7
25	36	79	-2	-7
30	42	100	0	-7

【 図 7 】

The diagram shows a table with four columns: 'ch番号' (channel number), 'r' (radius), 'θ' (angle), and '補正後の電圧係数' (corrected voltage coefficient). The 'ch番号' column contains the value '1'. The 'r' column is divided into two sections: '10' and '15'. The 'θ' column contains values '0', '+0.01', and vertical ellipses. The '補正後の電圧係数' column contains vertical ellipses. Reference numeral '40' is used to indicate the table's structure and its extension.

ch番号	r	θ	補正後の電圧係数
1	10	0	
		+0.01	
		⋮	⋮
	15		
		⋮	⋮

