

(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2017-64249

(P2017-64249A)

(43) 公開日 平成29年4月6日 (2017. 4. 6)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/14 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/14

テーマコード (参考)

4 C 6 0 1

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 19 頁)

|              |                              |           |                                |
|--------------|------------------------------|-----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2015-195842 (P2015-195842) | (71) 出願人  | 000005108                      |
| (22) 出願日     | 平成27年10月1日 (2015. 10. 1)     |           | 株式会社日立製作所                      |
| (11) 特許番号    | 特許第6059782号 (P6059782)       |           | 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号              |
| (45) 特許公報発行日 | 平成29年1月11日 (2017. 1. 11)     | (74) 代理人  | 110001210                      |
|              |                              |           | 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所           |
|              |                              | (72) 発明者  | 久津 将則                          |
|              |                              |           | 東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 日立            |
|              |                              |           | アロカメディカル株式会社内                  |
|              |                              | (72) 発明者  | 栗原 浩                           |
|              |                              |           | 東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 日立            |
|              |                              |           | アロカメディカル株式会社内                  |
|              |                              | Fターム (参考) | 4C601 BB06 EE07 GB04 GB06 HH28 |
|              |                              |           | HH30 HH38 JB45 LL07            |

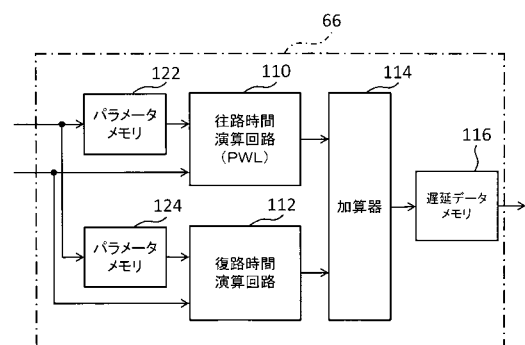
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び遅延データ生成方法

(57) 【要約】

【課題】超音波診断装置の受信ビームフォーマーにおいて、遅延データを効率的に生成する。

【解決手段】往路時間演算回路110は、送信基準点から受信焦点までの往路に対応する往路遅延データを演算する。復路時間演算回路112は、受信振動素子ごとに、受信焦点から受信振動素子までの復路に対応する復路遅延データを演算する。加算器114は、往路遅延データと復路遅延データとを加算することにより遅延データを生成する。往路遅延データは、複数の受信素子間において共用される。復路遅延データは、仮想音源法が適用される場合に、受信素子ごとに、複数の送信ビーム間で共用される。

【選択図】図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の受信信号を出力する複数の振動素子と、  
前記複数の振動素子に対応する複数の遅延データを生成する生成回路と、  
前記複数の遅延データに従って、前記複数の受信信号を遅延処理する遅延処理回路と、  
を含み、  
前記生成回路は、  
送信基準点から受信焦点までの往路に対応する往路遅延データを生成する往路遅延データ生成器と、

前記複数の振動素子における受信振動素子ごとに、前記受信焦点から当該受信振動素子までの復路に対応する復路遅延データを生成する復路遅延データ生成器と、

前記受信振動素子ごとに、前記往路遅延データと前記復路遅延データとに基づいて当該受信振動素子からの受信信号を遅延処理するための遅延データを生成する遅延データ生成器と、

を含む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、

前記往路遅延データ生成器は、複数の受信振動素子間で共用されるデータとして前記往路遅延データを生成する、

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、

前記往路遅延データ生成器は、送信開口合成法としての仮想音源法が実行される場合に、前記送信基準点、送信焦点及び前記受信焦点に基づいて、前記往路遅延データを生成する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

**【請求項 4】**

請求項 3 記載の装置において、

前記往路遅延データは往路伝搬時間に対応するデータであり、

前記往路伝搬時間は、

前記送信原点から前記送信焦点までの距離よりも前記送信原点から前記受信焦点までの距離が大きい場合には、前記送信原点から前記送信焦点までの距離に対応する伝搬時間に対して、前記送信焦点から前記受信焦点までの距離に対応する伝搬時間を加算した時間であり、

前記送信原点から前記送信焦点までの距離よりも前記送信原点から前記受信焦点までの距離が小さい場合には、前記送信原点から前記送信焦点までの距離に対応する伝搬時間から、前記送信焦点から前記受信焦点までの距離に対応する伝搬時間を減算した時間である、

ことを特徴とする超音波診断装置。

**【請求項 5】**

請求項 1 記載の装置において、

前記往路遅延データ生成器は区分的多項式補間法に従って前記往路遅延データを生成する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 記載の装置において、

前記復路遅延データ生成器は、送信ビーム間において共用されるデータとして前記復路遅延データを生成する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

**【請求項 7】**

請求項 6 記載の装置において、

前記復路遅延データ生成器は、前記受信焦点と前記受信振動素子との間の距離に基づいて前記復路遅延データを生成する、  
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載の装置において、

前記遅延データ生成回路は、前記往路遅延データと前記復路遅延データとを加算する回路である、  
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 9】

請求項 1 記載の装置において、

前記生成回路は、更に、補正項として補正遅延データを生成する補正遅延データ生成器を含み、

前記遅延データ生成器は、前記受信振動素子ごとに、前記往路遅延データ、前記復路遅延データ、及び、前記補正遅延データに基づいて、当該受信振動素子からの受信信号を遅延処理するための前記遅延データを生成する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

請求項 9 記載の装置において、

前記補正項は、送受総合ピークを所望の撮像点に合わせるための受信焦点シフト量に対応する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 11】

複数の受信振動素子間で共用される成分として第 1 遅延データを生成する工程と、

前記受信振動素子ごとに、当該受信振動素子用の固有の成分として第 2 遅延データを生成する工程と、

前記受信振動素子ごとに、前記第 1 遅延データ及び前記第 2 遅延データに基づいて、当該受信振動素子からの受信信号を遅延処理するための遅延データを生成する工程と、

を含むことを特徴とする、超音波診断装置における遅延データ生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波診断装置及び遅延データ生成方法に関し、特に、受信ビームフォーマーで実行される遅延処理のための遅延データの生成に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置の受信ビームフォーマーは、複数の振動素子から並列的に出力される複数の受信信号に対して整相加算処理を適用し、これにより受信ビームに相当するビームデータを生成する回路である。整相加算処理は、受信焦点を形成するために、複数の受信信号を遅延処理して複数の受信信号の位相を揃えた上で、それらを加算する処理であり、それは Delay and Sum (DAS) とも言われている。整相加算処理は、大別して、遅延処理と加算処理とからなる。

【0003】

通常、個々の受信ビームごとに、受信焦点深さを深い方向へ連続的に切り替える受信ダイナミックフォーカス技術が適用される（特許文献 1）。受信焦点は、通常、送受総合ピーク位置（感度最大位置）に一致するが、パラレル受信等が適用される場合（つまり送信ビーム中心軸と受信ビーム中心軸とがずれている場合）、受信焦点と送受総合ピーク位置が不一致となる（同特許文献 1）。その場合、受信焦点ではなく送受総合ピーク位置が撮像点（観測点）の位置とみなされる。撮像点が適正な位置になるように受信ビームを操作する技術も提案されている（同特許文献 1）。パラレル受信は、1 つの送信ビームに対し

10

20

30

40

50

て、複数の受信ビームを同時に並列的に形成するものである。この技術によると、一回の送受信で、複数のビームデータが得られる。

【0004】

受信ビームフォーマーは、一般に、複数のA/D変換器、複数の遅延器、加算器、等を有する。具体的には、複数のA/D変換器により複数のアナログ受信信号が複数のデジタル受信信号に変換される。それらの複数のデジタル受信信号は複数の遅延器でそれぞれ遅延処理される。遅延処理後の複数のデジタル受信信号が加算器において加算され、これにより受信ビームに相当するビームデータが得られる。ビームデータは深さ方向に並んだ複数のエコーデータにより構成される。

【0005】

上記の複数の遅延器は、実際には、例えば複数のメモリにより構成される。複数のメモリからの複数のデータの読み出しタイミングの調整により、複数の受信信号が遅延処理される。そのため、受信ビームフォーマーの内部（又は外部）には、複数の遅延データに基づいて、複数のメモリからの複数のデータの並列的な読み出しを制御する読み出しコントローラが設けられている。また、受信ビームフォーマーの内部（又は外部）には、読み出しコントローラに与える遅延データセットを生成する遅延データ生成回路が設けられている。遅延データセットは、電子走査方式に従って、受信ダイナミックフォーカスやパラレル受信等を実現するための遅延データの集合体である。典型的には、1つのビーム走査面当たり多数の受信焦点を形成する必要があるところ、それらを形成するためのデータが遅延データセットである。それを構成する個々の遅延データは、通常、伝搬時間又は遅延時間に相当する。伝搬時間をマイナス遅延時間（早読み時間）と理解することも可能である。なお、遅延データ生成器で遅延データを生成するために必要となるパラメータ群が事前に計算され、計算されたパラメータ群が遅延データ生成回路により参照されるパラメータメモリに事前に格納される。

【0006】

一般に、ある受信焦点を形成する際に、受信開口を構成する各受信素子に与える遅延データは、送信基準点（送信原点）から受信焦点までの往路距離と、受信焦点から当該受信素子までの復路距離と、に基づいて計算される。具体的には、往路距離と復路距離とを加算して求まる往復距離を音速で割ることによって遅延データが求められる。1つの走査面上の全受信焦点について、受信素子単位で、上記の遅延データを個別的に計算するのは非常に大変であり、かなり時間がかかる。その計算のために多数のパラメータを事前に計算しておく必要があり、そのために大きな記憶容量を有するパラメータメモリを設けなければならないという点も指摘できる。

【0007】

以上を背景として、通常の超音波診断装置においては、遅延データ生成回路に与えるパラメータ総数やそこでの演算量を少なくするために、理想的な伝搬時間計算を実行する代わりに、区分的多項式補間法（スプライン補間法）、漸化式を用いた方法（非特許文献1）、等による簡易な演算方法が採用されている。区分的多項式補間法の一つとして、区分的線形補間（PWL: Piecewise Linear）法が知られている。この方法は、深さ方向に並ぶ比較的少数の複数の代表伝搬時間を事前に求めておき、受信ダイナミックフォーカスの適用過程では、対象区間の両端をなす2つの代表伝搬時間に対して線形補間を適用することにより、個々の受信焦点に対応する伝搬時間あるいは遅延データを生じさせるものである。

【0008】

いずれにしても、従来の超音波診断装置では、往路及び復路からなる全経路に対応する遅延データが生成されている。往路に対応する遅延データと、復路に対応する遅延データと、を独立して生成する技術、更にはそのように生成された個々の遅延データを共用する技術、は未だ提案されていない。

【0009】

なお、近時、送信開口合成法に基づく仮想音源法が実用化されつつある。この仮想音源

10

20

30

40

50

法は、時間的に異なるタイミングで生成される個々の送信焦点をそれぞれ仮想音源とみなし、走査面上の個々の撮像点において、複数の仮想音源から到来する複数の波（球面波）の位相が合うように、複数の受信信号に対して遅延処理を適用するものである（非特許文献2）。仮想音源法を記載した未公開の先願として、本出願人が先に出願した特願2014-210483号がある。平面波を利用する仮想音源法等も知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開平2-206451号公報

【非特許文献】

10

【0011】

【非特許文献1】K. Jeon, M. H. Bae, S. B. Park and S. D. Kim, "An efficient real time focusing delay calculation in ultrasonic imaging systems", Ultrasonic imaging 16, pp.231-248, 1994.

【非特許文献2】S. I. Nikolov, J. Kortbek, J. A. Jensen, "Practical applications of synthetic aperture imaging", IEEE IUS, 2010. (BK Medical)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

以上のように、遅延データの生成に関して、演算量又は演算時間の増大という問題を指摘できる。これに対処するために、非常に高速な回路や巨大なメモリを利用するならば、装置構成の複雑化やコストアップという問題が生じてしまう。特に、仮想音源法の適用下でパラレル受信数を増大させる場合において、上記問題はより深刻となる。

20

【0013】

本発明の目的は、受信信号処理で利用する遅延データセットを効率的又は能率的に生成できるようにすることにある。あるいは、遅延データの生成に際して演算量又は演算時間を削減することにある。あるいは、パラレル受信数を増大させることにある。あるいは、仮想音源法に適合した受信ビームフォーマーを実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

30

(1) 本発明に係る超音波診断装置は、複数の受信信号を出力する複数の振動素子と、前記複数の振動素子に対応する複数の遅延データを生成する生成回路と、前記複数の遅延データに従って、前記複数の受信信号を遅延処理する遅延処理回路と、を含み、前記生成回路は、送信基準点から受信焦点までの往路に対応する往路遅延データを生成する往路遅延データ生成器と、前記複数の振動素子における受信振動素子ごとに、前記受信焦点から当該受信振動素子までの復路に対応する復路遅延データを生成する復路遅延データ生成器と、前記受信振動素子ごとに、前記往路遅延データと前記復路遅延データとに基づいて当該受信振動素子からの受信信号を遅延処理するための遅延データを生成する遅延データ生成器と、を含むことを特徴とする。

【0015】

40

上記構成によれば、往路遅延データと復路遅延データとが別々に生成された上で、それらに基づいて、望ましくはそれらの加算により、実際の遅延処理を規定する遅延データが生成される。よって、例えば、仮想音源法及びパラレル受信法を実行する場合、1つの往路遅延データ（送信基準点から送信焦点を経由した受信焦点までの経路に対応する遅延データ）を複数の受信振動素子間で共用することが可能であり、また、1つの復路遅延データ（受信焦点から受信振動素子までの復路に対応する遅延データ）を複数の送信ビーム間で共用することが可能である。往路遅延データと復路遅延データを計算上、分離することにより、すなわち、データ共用の観点から、遅延データをそれを構成する複数の成分に分離することにより、遅延データを生成するのに必要なパラメータ量や演算量を削減できるという利点を得られる。

50

## 【0016】

遅延データは、遅延処理時に利用されるデータであり、伝搬時間を表すデータ、遅延時間を表すデータ、等である。例えば、遅延データが伝搬時間を表すデータである場合、遅延データが大きければ大きいほど、時系列順で記憶された複数のデータの中から、より後にメモリに記憶された（つまり、より新しい）データが読み出される。送信基準点は、計算上又は空間上の原点に相当するものであり、典型的には、送信開口中心である。走査方式によって、送信基準点の定義は変わり得る。

## 【0017】

望ましくは、前記往路遅延データ生成器は、複数の受信振動素子間で共用されるデータとして前記往路遅延データを生成する。すなわち、受信開口を構成する複数の振動素子間で受信焦点ごとに同じ往路遅延データを共用することが可能である。

10

## 【0018】

望ましくは、前記往路遅延データ生成器は、送信開口合成法としての仮想音源法が実行される場合に、前記送信基準点、送信焦点及び前記受信焦点に基づいて、前記往路遅延データを生成する。例えば、超音波ビームが一次元走査される場合、走査面上における送信基準点の座標、送信焦点の座標、及び、受信焦点の座標から、往路遅延データが生成される。

## 【0019】

望ましくは、前記往路遅延データは往路伝搬時間に対応するデータであり、前記往路伝搬時間は、前記送信原点から前記送信焦点までの距離よりも前記送信原点から前記受信焦点までの距離が大きい場合には、前記送信原点から前記送信焦点までの距離に対応する伝搬時間に対して、前記送信焦点から前記受信焦点までの距離に対応する伝搬時間を加算した時間であり、前記送信原点から前記送信焦点までの距離よりも前記送信原点から前記受信焦点までの距離が小さい場合には、前記送信原点から前記送信焦点までの距離に対応する伝搬時間から、前記送信焦点から前記受信焦点までの距離に対応する伝搬時間を減算した時間である。すなわち、仮想音源法に従って球面波の伝搬時間までが考慮される。

20

## 【0020】

望ましくは、前記往路遅延データ生成器は区分的多項式補間法に従って前記往路遅延データを生成する。この構成を採用する場合、例えば、送信ビームごとに複数の代表受信焦点についての複数の伝搬時間を事前に計算しておき、実際に受信ダイナミックフォーカスを適用する場合には個々の受信焦点ごとに補間処理により伝搬時間が逐次演算される。

30

## 【0021】

望ましくは、前記復路遅延データ生成器は、送信ビーム間において共用されるデータとして前記復路遅延データを生成する。望ましくは、前記復路遅延データ生成器は、前記受信焦点及び前記受信振動素子の間の距離に基づいて前記復路遅延データを生成する。望ましくは、前記遅延データ生成回路は、前記往路遅延データと前記復路遅延データとを加算する回路である。

## 【0022】

望ましくは、前記生成回路は、更に、補正項として補正遅延データを生成する補正遅延データ生成器を含み、前記遅延データ生成器は、前記受信振動素子ごとに、前記往路遅延データ、前記復路遅延データ、及び、前記補正遅延データに基づいて、当該受信振動素子からの受信信号を遅延処理するための前記遅延データを生成する。望ましくは、前記補正項は、送受総合ピークを所望の撮像点に合わせるための受信焦点シフト量に対応する。

40

## 【0023】

(2) 本発明に係る方法は、複数の受信振動素子間で共用される成分として第1遅延データを生成する工程と、前記受信振動素子ごとに、当該受信振動素子用の固有の成分として第2遅延データを生成する工程と、前記受信振動素子ごとに、前記第1遅延データ及び前記第2遅延データに基づいて、当該受信振動素子からの受信信号を遅延処理するための遅延データを生成する工程と、を含むことを特徴とする。

## 【0024】

50

上記構成によれば、複数の受信振動素子間で共用される成分としての第 1 遅延データと、複数の受信振動素子間で共用できない成分（固有の成分）としての第 2 遅延データと、が別々に生成された上で、両成分に基づいて、遅延データが生成される。少なくとも第 1 遅延データを、受信開口を構成する複数の受信振動素子間で共用できるので遅延データ生成用のパラメータ総数や演算量を低減できる。望ましくは、第 1 遅延データは往路遅延データであり、第 2 遅延データは復路遅延データである。あるいは、第 1 遅延データは、受信点シフトによって送受総合ピークを所望の撮像点に一致させるピーク補正に影響を受けない成分であり、第 2 遅延データは、ピーク補正に影響を受ける成分である。上記方法は、遅延データを構成する複数の成分に着目し、共通利用できる成分とそうでない成分とを別々に生成することにより演算量等の削減を図るものである。

10

#### 【発明の効果】

#### 【0025】

本発明によれば、受信信号処理で利用する遅延データを効率的又は能率的に生成できる。あるいは、遅延データの生成に際して演算量又は演算時間を削減できる。あるいは、パラレル受信数を増大することが可能である。あるいは、仮想音源法に適合した受信ビームフォーマーを提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0026】

【図 1】本発明に係る超音波診断装置の好適な実施形態を示すブロック図である。

【図 2】パラレル受信における伝搬経路モデルを示す図である。

20

【図 3】仮想音源法に基づく伝搬経路モデルを示す図である。

【図 4】仮想音源法の一例を説明するための図である。

【図 5】遅延データ生成回路の第 1 実施形態を示すブロック図である。

【図 6】受信焦点と撮像点（送受信感度ピーク）との関係を示す図である。

【図 7】遅延データ生成回路の第 2 実施形態を示すブロック図である。

【図 8】補正項の作用を説明するための図である。

【図 9】遅延データ生成回路の第 3 実施形態を示すブロック図である。

【図 10】遅延データ生成回路の第 4 実施形態を示すブロック図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0027】

30

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。

#### 【0028】

##### （１）超音波診断装置

図 1 には、本発明に係る超音波診断装置の好適な実施形態が示されている。この超音波診断装置は、医療機関に設置され、生体に対する超音波の送受波により超音波画像を形成する装置である。超音波診断装置は、超音波診断装置本体とそれに接続されたプローブとで構成される。プローブはヘッド、ケーブル及びコネクタにより構成される。ヘッド内にアレイ振動子 50 が設けられる。

#### 【0029】

アレイ振動子 50 は、本実施形態において、直線状に配列された複数の振動素子 50a からなるものである。アレイ振動子 50 によって超音波ビームが形成され、それが電子的に走査される。超音波ビームは、実際には、送信ビーム及び受信ビームの合成により観念される送受総合ビームである。電子走査方式として、電子リニア走査方式、電子セクタ走査方式、等が知られている。電子リニア走査方式の一態様としての電子コンベックス走査方式が知られている。二次元配列された複数の振動素子からなる 2D アレイ振動子が設けられてもよい。

40

#### 【0030】

送信ビームフォーマー 52 は、送信時において、送信ビームを形成するための電子回路である。具体的には、送信ビームを形成するための一定の遅延関係をもった複数の送信信号が生成され、それらがアレイ振動子 50 へ並列的に供給される。これにより送信開口内

50

の個々の振動素子から生体内へ超音波が放射される。その結果、送信焦点において集束する送信ビームが形成される。

【 0 0 3 1 】

受信ビームフォーマー 5 4 は、受信時において、受信ビームを形成するための電子回路である。生体内からの反射波が受信開口内の複数の振動素子に到達すると、それらの複数の振動素子から複数の受信信号（複数の素子受信信号）が並列的に出力される。それらの複数の受信信号に対して受信ビームフォーマー 5 4 において整相加算処理が適用され、これにより受信ビームに相当するビームデータが得られる。ビームデータは深さ方向に並んだ複数のエコーデータからなるものである。

【 0 0 3 2 】

具体的には、受信ビームフォーマー 5 4 は、複数の受信チャンネル回路 5 6、加算器 6 4、遅延データ生成回路 6 6、及び、遅延コントローラ 7 0 を有している。受信チャンネル回路 5 6 の個数は、アレイ振動子 5 0 を構成する振動素子数と同じか、又は、アレイ振動子 5 0 に対して設定される最大受信開口を構成する振動素子数と同じである。個々の受信チャンネル回路 5 6 は、アンプ 5 8、A / D 変換器 6 0、遅延器（DL）6 2、等を有している。アンプ 5 8 は、プリアンプ、利得可変用アンプ等からなる。A / D 変換器 6 0 は、アナログ受信信号をデジタル受信信号に変換するものである。デジタル受信信号は、時間軸上に並んだ複数の受信データ（複数の振幅値）からなるものである。遅延器 6 2 は、メモリ（例えばリングバッファ）によって構成され、そこには複数の受信データが時系列順で書き込まれる。メモリからの各受信データの読み出しタイミングを調整することにより、各受信データの位相が揃えられる。複数の遅延器 6 2 により遅延処理回路が構成される。遅延処理後の（並列関係にある）複数の受信データが加算器 6 4 で加算される。この整相加算処理の結果として受信焦点が形成される。受信ビーム軸上において受信焦点の深さを動的に切り替えながら上記整相加算処理を繰り返し実行した結果として、深さ方向に並ぶ複数のエコーデータからなるビームデータが得られる。なお、各遅延器 6 2 が粗遅延用のメモリ及び精細遅延用の補間回路で構成されてもよい。

【 0 0 3 3 】

遅延データ生成回路 6 6 は、上記の遅延処理において必要となる遅延データセットを生成する電子回路である。それは、パラメータ群を格納するメモリ、関数演算器、等によって構成される。具体的な送受信条件が設定されると、それに基づいて遅延データセットが生成され、それが図示されていないメモリに格納される。その上で、送受信開始と同時にメモリから遅延データが順次読み出される。但し、リアルタイムで、つまり送受信と同時に進行で、遅延データセットが生成されてもよい。

【 0 0 3 4 】

遅延コントローラ 7 0 は、複数の遅延器 6 2 を制御する制御部として機能し、具体的には、遅延データセットに基づいて、個々の遅延器 6 2 からの受信データの読み出しタイミングを調整する。その際、受信ダイナミックフォーカス法に従って、リアルタイムで、複数の受信データが並列的に読み出されつつ、それらが加算される。遅延データ生成回路 6 6 や遅延コントローラ 7 0 が主制御部 7 2 の機能として実現されてもよい。受信ビームフォーマー 5 4 は、FPGA、ASIC 等のデバイスによって構成され得る。

【 0 0 3 5 】

本実施形態においては、後に詳しく説明するように、往路遅延データと復路遅延データとが独立して別々に生成された上で、往路遅延データと復路遅延データとを加算することにより、実際に遅延処理で用いる遅延データが生成される。往路遅延データは、本実施形態において、送信基準点から受信焦点までの往路を超音波が伝搬するのに要する時間を表すデータである。復路遅延データは、本実施形態において、受信焦点から受信素子（振動素子）までの復路を超音波が伝搬するのに要する時間を表すデータである。このような並列生成により、往路遅延データと復路遅延データの発生方式を異ならせることが可能となる。例えば、第 1 生成方式により往路遅延データを生成し、第 1 生成方式とは異なる第 2 生成方式により復路遅延データを生成することが可能となる。また、一定条件下で、複数

10

20

30

40

50

の振動素子間で同じ往路遅延データを共用したり、複数の送信間で同じ復路遅延データを共用したりすることが可能となる。更に、後述する補正項による遅延データ補正を簡易な回路構成で実現できる。

#### 【 0 0 3 6 】

本実施形態の超音波診断装置は、仮想音源法及びパラレル受信法に従った送受信動作を行える装置である。例えば、1個の送信ビームあたり、走査方向に並ぶ32個の受信ビームが同時に形成される。送信ビーム位置をシフトさせながら、そのような送受信を繰り返せば、個々の受信焦点（撮像点）あたり複数の送信開口合成前エコーデータ（受信開口合成後データ）が取得される。個々の受信焦点ごとに、複数の送信開口合成前エコーデータを加算すれば、1つの送信開口合成後エコーデータが得られる。仮想音源法の下での遅延時間生成については、後に詳しく説明する。

10

#### 【 0 0 3 7 】

受信ビームフォーマー54から出力された各ビームデータは信号処理回路76に入力される。信号処理回路76は、検波回路、対数圧縮回路、等を備えるものである。仮想音源法が適用される場合、送信開口合成処理が信号処理回路76で実行される。信号処理回路76から出力された各ビームデータがDSC（デジタルスキャンコンバータ）78に入力される。DSC78は複数のビームデータからなる受信フレームに基づいて表示フレームを生成する公知の回路である。それは座標変換機能、補間処理機能、フレームレート変換機能等を有する。表示フレームは例えばBモード断層画像である。DSC78から出力された表示フレームは表示処理回路80を経由して表示器82に送られる。表示器82にはBモード断層画像が表示される。そこに他の超音波画像が表示されてもよい。

20

#### 【 0 0 3 8 】

主制御部72は超音波診断装置内の各回路の動作を制御するものである。それは本実施形態においてCPU及びプログラムによって構成される。主制御部72は送受信制御機能を有し、それが図1において送受信制御部74として示されている。送受信制御部74は、送信ビームフォーマー52及び受信ビームフォーマー54の動作を制御する。それらの回路に対して、遅延データ（送信遅延データ、受信遅延データ）を生成するために必要なデータを与えている。例えば、送受信制御部74は、受信ビームフォーマー54内の遅延データ生成回路66に対して、上述したPWLを実行するために必要となるパラメータ群及びそれ以外のパラメータ群を提供している。超音波診断装置内には、必要に応じて、更に、ドブラ信号処理部、三次元画像形成部、等が設けられる。

30

#### 【 0 0 3 9 】

##### （ 2 ）遅延データ生成方法及び仮想音源法の説明

図2には、パラレル受信法に従う一般的な伝搬経路モデルが示されている。アレイ振動子50上に設定された送信開口内の複数の振動素子から超音波を放射することにより、送信ビーム84が形成される。送信ビーム84は送信焦点90において集束する形態を有する。送信基準点（送信原点）88は、典型的には、送信ビーム84の中心軸86上の点であり、受信用遅延時間の計算に際しても、送信基準点88が時間的かつ空間的な基準とされる。受信焦点92は、現在注目している特定のパラレル受信ビームの中心線91上にある。受信焦点92は一般に撮像点（観測点）とみなせる。但し、送受信総合ピークのシフト現象が生じる場合（あるいはそれを無視し得ない場合）、受信焦点と送受信総合ピークは不一致となる。その場合、送受信総合ピークを所望の撮像点に合わせるために、受信焦点の位置が補正される。これについては後に説明する。現時点で注目する振動素子が受信素子94である。

40

#### 【 0 0 4 0 】

図2に示したモデルにおいて、送信基準点88から受信焦点92までの直線経路が往路であり、受信焦点92から受信素子94までの直線経路が復路である。往路と復路とを合わせたものが全経路である。全経路長を音速で割ることにより、全経路分の伝搬時間が求まる。複数の受信素子間において伝搬時間の違いを解消して位相を揃えるのが遅延処理である。

50

## 【 0 0 4 1 】

本実施形態の受信ビームフォーマーでは、往路に対応する伝搬時間（往路伝搬時間）と、復路に対応する伝搬時間（復路伝搬時間）とが個別的に計算された上で、往路遅延時間と復路遅延時間とを加算することにより、全経路に対応する全伝搬時間が生成される。遅延コントローラに与える遅延データはそのような全伝搬時間を表すデータである。但し、遅れ時間それ自体を表すデータとして遅延データを構成することも可能である。

## 【 0 0 4 2 】

図 2 に示したモデルにおいて、往路 9 6 は受信開口内のすべての受信素子において共通であり、つまり、それらの受信素子において同じ往路伝搬時間を利用することが可能である。一方、復路 9 8 の伝搬時間は、以下に説明する仮想音源法において、送信ビーム間で共用することが可能である。つまり、ある受信焦点に着目した場合、送信間において、受信素子ごとに同じ復路伝搬時間を利用することが可能である。なお、受信焦点と撮像点とを異ならせるような場合にも、一部のデータを共用することが可能である。これについては後述する。

## 【 0 0 4 3 】

図 3 には仮想音源法に従う伝搬経路モデルが示されている。なお、図 2 に示した要素と同一の要素には同じ符号を付し、その説明を省略する。

## 【 0 0 4 4 】

図 3 においては、パラレル受信法に従う複数の受信ビームの中で、1つの受信ビームについての中心線 9 1 が示されている。受信焦点 9 2 はその中心線 9 1 上に存在する。仮想音源法では、送信焦点 9 0 が仮想音源とみなされ、そこからの波（球面波）が受信焦点 9 2 に到達すると仮定して遅延データが計算される。まず、往路については上記同様に往路伝搬時間が計算される。具体的には、送信原点 8 8 から送信焦点 9 0 までの第 1 部分 1 0 0 の伝搬時間と、送信焦点 9 0 から受信焦点 9 2 までの第 2 部分 1 0 2 の伝搬時間と、が計算される。往路伝搬時間（第 1 部分 1 0 0 及び第 2 部分 1 0 2 に対応する伝搬時間）は、複数の受信素子において共通となる。また、受信焦点 9 2 から各受信素子までの復路 1 0 4 に対応する復路伝搬時間は複数の送信ビーム間で同じとなる。

## 【 0 0 4 5 】

図 4 には仮想音源法が模式的に示されている。図示の例では、アレイ振動子 1 0 に対して送信用信号線列 2 4 が接続されており、信号線列 2 4 の途中から受信用信号線列 2 6 が引き出されている。アレイ振動子 1 0 に対しては送信開口 X 0 が設定されており、それに属する複数の振動素子に対し、遅延カーブ 2 8 で示される遅延関係をもった複数の送信信号が供給される。これにより送信ビーム 3 0 a が形成される。送信ビーム 3 0 a は送信焦点 3 2 a を有する。同様に、走査方向において送信位置を変えながら、送信ビーム 3 0 b、送信ビーム 3 0 c、・・・が形成される。それらは送信焦点 3 2 b、送信焦点 3 2 c、・・・を有する。図 4 において、それらの送信焦点の深さは同一であり、つまり Z 0 である。なお、図 4 には示されていないが、この例では、送信ビームごとに、パラレル受信技術の適用により、1回の送受信で、複数の受信ビームが形成される。

## 【 0 0 4 6 】

撮像点（受信焦点）p に着目する。撮像点 p は図示の例において 3 つの送信ビーム 3 0 a、3 0 b、3 0 c に覆われている。換言すれば、3 つの送信ビーム 3 0 a、3 0 b、3 0 c に属している。各送信焦点 3 2 a、3 2 b、3 2 c はそれぞれ仮想音源とみなせる（以下、場合により「送信焦点」を「仮想音源」と称する。）。つまり、各仮想音源の手前側及び奥側において、各仮想音源を原点とした球面波を観念することができる。図 4 には、仮想音源 3 2 a から出た球面波が図示されている。撮像点 p には、3 つの仮想音源 3 2 a、3 2 b、3 2 c に由来する 3 つの球面波成分 3 6 a、3 6 b、3 6 c が到達する。それらの位相を合わせて合成することにより、撮像点 p において大きな振幅を観測することが可能である。つまり、例えば、送信ビーム 3 0 a 形成後の受信処理においては、撮像点 p での通常の受信ダイナミックフォーカスを実現するための遅延条件に加えて、仮想音源 3 2 a と撮像点 p との間の距離に応じた遅延条件を考慮して、遅延処理が実行される。図

10

20

30

40

50

4においては、撮像点pから受信開口内の特定の振動素子11aまでの距離が符号38aで示されており、その際の伝搬時間は $t_2$ である。送信基準点から送信焦点を経由して受信焦点までに至る往路の伝搬時間(球面波分 $t_1$ を含む)と、受信焦点から受信素子11aまでの復路の伝搬時間 $t_2$ と、を加算した伝搬時間が、遅延データとして、受信素子11aからの受信信号に対して与えられる。同様の受信処理が送信ビーム30b, 30cの形成後の受信処理においても実行される。撮像点pをカバーする送信ビーム数が多くなればなるほど(送信開口合成数が多くなればなるほど)、受信点においてより大きな振幅を得られ、つまり超音波イメージの画質を高められる。逆に言えば、仮想音源法では、超音波イメージの画質を高められるので、その分だけ送信ビーム本数を低減して、フレームレートを向上させることが可能である。

10

#### 【0047】

##### (3) 遅延データ生成回路の第1実施形態

図5には、遅延データ生成回路の第1実施形態が示されている。遅延データ生成回路66は、往路時間(往路伝搬時間)演算回路110、復路時間(復路伝搬時間)演算回路112、加算器114、遅延データメモリ116等を有している。往路時間演算回路110は、往路遅延データ生成器として機能するものであり、第1実施形態ではPWL回路によって構成されている。PWLを実行するために必要なパラメータ群が事前に計算された上で、パラメータメモリ122に事前書き込まれる。例えば、主制御部において、診断レンジ、送信焦点深さ、送信条件、パラレル受信条件、区間数、等の諸条件が決まった段階で、PWL用のパラメータ群が演算され、それらがパラメータメモリ122内に格納される。往路時間演算回路110は、個々の受信ダイナミックフォーカスの実行に当たり、受信焦点深さごとに、送信ビーム番号、パラレル受信番号、等を特定して必要なパラメータをパラメータメモリ122から読み出し、また音速等の演算上必要なパラメータを参照して、PWLを実行し、その結果として各受信焦点に対応した往路遅延データを出力する。往路遅延データは、同一送受信条件下において、複数の受信振動素子間において共用されるものである。往路時間演算回路110内には復路遅延データを格納するためのメモリが設けられる。そのようなメモリが加算器114に設けられてもよい。

20

#### 【0048】

復路時間演算回路112は、復路遅延データ生成器として機能するものであり、受信点から各受信素子までの復路の経路長を音速で割ることによって伝搬時間を演算する。それが復路遅延データに相当する。パラメータメモリ124内には必要に応じて受信素子ごとの座標データが格納される。座標データは受信素子ごとにx座標とy座標と特定するものである。このような二次元座標データの保有によりコンベックス走査にも対応可能である。復路時間演算回路112に対しては、主制御部から、その演算に必要なパラメータが与えられる。その場合、受信ダイナミックフォーカスを適用する走査線番号をパラメータとして与えてもよいし、送信ビーム番号とパラレル受信番号とから走査線番号を生成するようにしてもよい。仮想音源法では1つの撮像点が複数の送信ビームに対応する。複数の送信ビーム間において、個々の受信素子の復路遅延データが共用される。複数の受信素子に対応する複数の復路遅延データを格納しておくメモリが復路時間演算回路112内に設けられる。そのようなメモリが加算器114内に設けられてもよい。復路時間演算回路は、例えば一般的な関数演算器によって構成される。それがFPGAやASIC等の回路で構成されてもよい。受信ビームフォーマー全体又は遅延データ生成回路66がFPGAやASICで構成されてもよい。

30

40

#### 【0049】

加算器114は、往路遅延データと復路遅延データとを加算することにより遅延データを生成する回路である。つまり、往路伝搬時間と復路伝搬時間とを加算して全伝搬時間を算出する。これを受信素子ごとに行う。遅延データメモリ116には所定単位分の、例えば1フレーム分の遅延データセットが格納される。もちろん、リアルタイムに個々の遅延データが生成されてもよい。

#### 【0050】

50

図 5 に示されるように、本実施形態によれば、往路と復路とで別々の演算方式を適用することが可能である。しかも、そのような成分分離により個々の演算結果を共用することが可能である。更に以下に説明するように演算上必要となるパラメータ（主制御部において事前に計算又は用意しておくパラメータ値の集団）を大幅に削減することが可能である。

#### 【 0 0 5 1 】

##### （ 4 ）データ量の比較

超音波診断装置における送受信ビーム形成においては、通常、表示領域内の全撮像点において受信焦点が形成される。図 2 に示したように、ある受信素子に着目すると、全伝搬距離を正確に算出し、それを音速で割って伝搬時間を求め、それを遅延データとして利用するのが理想的である。しかし、そのような演算は実際には大変なので、従来においては例えば区分的多項式補間法等を利用して遅延データを生成されている。そのような演算で必要となるパラメータ総量は、送信ビーム数、パラレル受信数、及び、受信素子数に比例する。

10

#### 【 0 0 5 2 】

区分的多項式補間法の一つである区分的線形補間法（PWL）を利用する場合、送信ビーム数が192、パラレル受信数が32、受信素子数が192、区間数が32と仮定し、個々の遅延データ（代表深さの遅延データ）が2byteで表現されると仮定すると、PWLで必要となるパラメータ総量は、以下の(1)式のように計算される。

20

#### 【 0 0 5 3 】

##### 【数 1】

送信ビーム数(192)\*パラレル受信数(32)\*受信素子数(192)

$$* 区間数(32) * 2[\text{byte}] = 75,497,472[\text{byte}] \cdots (1)$$

#### 【 0 0 5 4 】

上記のようにPWLであっても膨大なパラメータを用意しておく必要がある。これはパラレル受信数を多くすることができない大きな要因となる。

#### 【 0 0 5 5 】

一方、本実施形態についても同じ条件で計算してみる。まず、往路遅延データの計算に際しては、受信素子は無関係となり、パラメータの総量は以下のとおりとなる。

30

#### 【 0 0 5 6 】

##### 【数 2】

送信ビーム数(192)\*パラレル受信数(32)\*区間(32)\*2[byte]

$$= 786,432[\text{byte}] \cdots (2)$$

#### 【 0 0 5 7 】

次に、復路遅延データに関しては、送信ビーム番号とは無関係に計算でき、しかも近時の電子回路技術の進歩から平方根演算等を行うことは比較的容易になってきていることから、復路遅延データについてはPWLを利用せずにそれを数学的に逐次的に演算することが可能である。その演算において必要なパラメータとしては1つの受信ビームあたり個々の受信素子座標（x、y）程度である。すなわち、事前に用意しておくべきパラメータ量は例えば下のとおりである。

40

#### 【 0 0 5 8 】

## 【数 3】

受信走査線数(384) \* 受信素子数(192) \* 素子座標(2) \* 2[byte]

$$= 294,912[\text{byte}] \cdots (3)$$

## 【0059】

上記(2)式の演算結果と上記(3)式の演算結果とを加算すると、本実施形態において、必要なパラメータ総量は例えば以下となる。

## 【0060】

10

## 【数 4】

$$(2)\text{式の演算結果} + (3)\text{式の演算結果} = 1,081,344[\text{byte}] \cdots (4)$$

## 【0061】

上記(4)式の演算結果を上記(1)式の演算結果と比較すると、本実施形態によれば、パラメータ総量を大幅に削減可能であることを理解できる。

## 【0062】

なお、図5に示した構成において、仮想音源法を適用しない場合には、往路時間の計算が非常に簡素となり、つまり、送信基準点から受信焦点までの直線経路の演算と、その直線経路を音速で割る計算と、から簡単に往路遅延データを算出することができる。

20

## 【0063】

## (5) 第2実施形態

最初に、図6を用いて、受信焦点からの送受信感度ピークのずれ及びその対処法について説明する。図6の内容は電子セクタ走査が前提となっているが、以下に説明する考え方は他の走査方式にも適用することができる。

## 【0064】

符号128はアレイ振動子50の中央を横断する中心線を示している。送信ビーム130は中心線128に対して偏向している。撮像点134は走査面上において画像化を行いたい点である。仮に、撮像点134の位置に受信焦点を形成した場合、偏向角度 $\theta$ をもった受信ビーム136が形成されることになる。しかし、その場合、送受総合ピーク(送受合成感度ピーク)は、撮像点134よりも送信ビーム130に近い方へシフトしてしまう(特許文献1)。これに対処する方法として、撮像点134が送受総合ピークの位置となるように、受信点の位置を外側へシフトする方法がある。その場合における受信ビームが符号144で示され、補正後の受信焦点が符号142で示されている。実際に形成される受信ビーム144の偏向角度は元の偏向角度 $\theta$ に対して補正角度 $\Delta\theta$ を追加したものとなる。つまりその角度は $(\theta + \Delta\theta)$ である。なお、符号144は、送信基準点126から受信焦点142までの往路を示している。これは送信基準点126から撮像点134までの距離と同一である。符号138は、撮像点134から受信素子140までの経路(補正前の復路)を示しており、符号146は受信焦点142から受信素子140までの経路(補正後の復路)を示している。

30

40

## 【0065】

受信焦点142と撮像点134を対比した場合、送信基準点126からの往路の長さは同一であり(いずれも $r$ )、復路長において差が生じるので、補正が必要である。

## 【0066】

まず、上記の補正を行わない場合の伝搬距離(全経路長) $d$ について計算すると、以下のようになる。なお、 $x_e$ は中心126から受信素子140までの距離である。上記のように受信ビーム偏向角が $\theta$ である。

## 【0067】

50

【数 5】

$$d = r + \sqrt{(r \sin \theta - x_e)^2 + (r \cos \theta)^2} \quad (5-1)$$

$$= r + r \sqrt{1 - \frac{2x_e \sin \theta}{r} + \left(\frac{x_e}{r}\right)^2}$$

$$\approx r + r \left(1 - \frac{x_e \sin \theta}{r}\right)$$

10

$$= r + r - x_e \sin \theta \quad (r \gg x_e) \quad (5-2)$$

上記(5-2)式において、第1項の  $r$  が往路長を示しており、第2項以降が復路長を示している。ここでは音速による除算は省略されている。

【0068】

次に補正を行う場合における伝搬距離  $d'$  について計算すると、以下のようになる。受信ビームの補正角度が  $\Delta \theta$  である。

【0069】

20

【数 6】

$$\begin{aligned} d' &= r + \sqrt{(r \sin(\theta + \Delta \theta) - x_e)^2 + (r \cos(\theta + \Delta \theta))^2} \\ &= r + \sqrt{(r(\sin \theta \cos \Delta \theta + \cos \theta \sin \Delta \theta) - x_e)^2 + (r(\cos \theta \cos \Delta \theta - \sin \theta \sin \Delta \theta))^2} \\ &= r + \sqrt{r^2 - 2rx_e(\sin \theta \cos \Delta \theta + \cos \theta \sin \Delta \theta) + x_e^2} \\ &= r + r \sqrt{1 - \frac{2x_e(\sin \theta \cos \Delta \theta + \cos \theta \sin \Delta \theta)}{r} + \left(\frac{x_e}{r}\right)^2} \\ &\approx r + r \left\{1 - \frac{x_e(\sin \theta \cos \Delta \theta + \cos \theta \sin \Delta \theta)}{r}\right\} \quad (r \gg x_e) \quad (6) \end{aligned}$$

30

上記(6)式において、 $\Delta \theta$  は微小角度であり、それゆえ  $\sin(\Delta \theta)$  を  $\Delta \theta$  で近似でき、また  $\cos(\Delta \theta)$  を 1 と近似できる。 $\Delta \theta$  は  $r$  に従って変化する。これにより以下の(7)式を導ける。

【0070】

【数 7】

40

$$\begin{aligned} &\approx r + r \left\{1 - \frac{x_e(\sin \theta + \cos \theta \cdot \Delta \theta)}{r}\right\} \\ &= r + r - x_e \cdot \sin \theta - \Delta \theta \cdot \cos \theta \cdot x_e \\ &= d - \Delta \theta \cdot \cos \theta \cdot x_e \quad (7) \end{aligned}$$

上記(7)式において、補正後の伝搬距離  $d'$  は、補正前の伝搬距離  $d$  に対して、一定の補正項 ( $-\Delta \theta \cdot \cos \theta \cdot x_e$ ) を加えたものとなっている。よって、補正前の計算結果

50

から補正後の計算結果を特定するには、補正項を考慮すればよいことになる。そのような補正項を考慮したものが第2実施形態である。

【0071】

図7には、第2実施形態に係る遅延データ生成回路66Aの構成が示されている。遅延データ生成回路66Aは、直線往路時間（直線往路伝搬時間）演算回路150、補正項演算回路152、復路時間演算回路154、等を備えている。直線往路時間演算回路150は、往路長 $r$ を音速 $c$ で割る演算を実行する。直線往路時間演算回路150は通常の間数演算回路として構成することができる。その演算に際して必要なパラメータは主制御部からわたされる。復路時間演算回路154は、上記(5-1)式における第2項を実行する回路である。ただし、その回路で、上記(5-2)式における復路長（第2項以後）を音速で割ることによって復路伝搬時間を演算してもよい。復路時間演算回路154も通常の間数演算回路によって構成され得る。その演算で必要なパラメータが主制御部からわたされる。

10

【0072】

補正項演算回路152は図示の例ではPWLを用いて補正項を演算するものであり、具体的には、 $(\Delta\theta \cdot \cos\theta) / c$ の演算を実行している。その上で、その演算結果に対して乗算器156で $x_e$ が乗算されている。これにより補正項が生成される。補正項は補正遅延データとして観念され得る。パラメータメモリ166にはPWLの計算を行うために必要なパラメータ群が予め書き込まれる。他の必要なパラメータ群は主制御部からわたされる。なお、復路時間演算回路154の前段にパラメータメモリ168を設け、そこに必要なパラメータ群を事前書き込むようにしてもよい。

20

【0073】

加算器158においては、上記3つの演算結果、直線往路伝搬時間、補正項及び復路伝搬時間が加算され、これにより全伝搬時間が演算される。それは遅延データとして遅延データメモリに書き込まれる。遅延処理においては、遅延コントローラにおいて、遅延データメモリ160上の遅延データが順次読み出される。

【0074】

以上のように、第2実施形態においても、往路遅延データと復路遅延データとが別々に生成される。素子座標の次元に従って補正項の個数を増やすようにしてもよい。また、素子番号を用いて補正項を演算するようにしてもよい。

【0075】

30

図8には、受信点の補正による効果が示されている。横軸は偏向角度を示している。縦軸は音圧（感度）を示している。実現したい特性が符号172で示されている。これは送受信総合ピークを0.5度のところにするものである。それに合わせて受信ビーム偏向角度を0.5度とした場合（補正を行わない場合）、符号170で示すような特性となる。つまり、送受信総合ピークが0.5度よりも小さくなってしまい、換言すれば送受信総合ピークが送信ビーム中心側へ引き込まれてしまう。これに対して、偏向角度 $\Delta\theta$ によって受信焦点を補正すると（補正後の受信ビーム偏向角度として0.9度を設定すると）、符号174で示されるような特性を形成でき、その特性の送受信総合ピークを0.5度にすることが可能となる（符号176参照）。

【0076】

40

（6）第3実施形態

同じ遅延データ生成回路を用いて、図3及び図4に示した仮想音源法（第1送受信モード）を実行し、且つ、図6に示した感度ピーク補正（第2送受信モード）を実現するには、図9に示すような回路構成を採用すればよい。

【0077】

図9において、遅延データ生成回路66Bは、図7に示した遅延データ生成回路66Aと同様に、直線往路時間演算回路180、往路時間／補正項演算回路182、及び、復路時間演算回路184を有している。図9の直線往路時間演算回路180は図7に示した直線往路時間演算回路150に相当し、それは第2送受信モードにおいて動作する。図9の復路時間演算回路184は図2及び図5に示した復路時間演算回路112、154に相当

50

する。それは第 1 送受信モード及び第 2 送受信モードの両方で動作する。図 9 の往路時間 / 補正項演算回路 1 8 2 は、図 5 に示した往路時間演算回路 1 1 0 と、図 7 に示した補正項演算回路 1 5 2 とに相当し、それは P W L 方式に従う演算を行うものである。第 1 送受信モードにおいては、演算回路 1 8 2 は往路時間演算回路として機能し、第 2 送受信モードにおいては、演算回路 1 8 2 は補正項演算回路として機能する。なお、演算回路 1 8 2 の前段にはパラメータメモリ 2 0 0 が設けられており、復路時間演算回路 1 8 4 の前段にはパラメータメモリ 2 0 2 が設けられている。乗算器 1 8 6 及び加算器 1 8 8 は、第 2 送受信モードにおいて機能し、セクタ ( S E L ) は、第 1 送受信モードの場合に演算回路 1 8 2 からの直接の出力を選択し、第 2 送受信モードの場合に加算器 1 8 8 からの出力を選択する。加算器 1 9 2 においては、第 1 送受信モード及び第 2 送受信モードのいずれにおいても、セクタ 1 9 0 の出力と、復路時間演算回路 1 8 4 の出力とを加算し、これにより遅延データを生成する。それは遅延データメモリ 1 9 4 にいったん書き込まれる。

【 0 0 7 8 】

以上のように、図 9 に示した回路構成によれば、複数のプロセッサを共用しつつ、2 つの送受信モードに対応することが可能である。

【 0 0 7 9 】

以上のように、遅延データを複数の成分に分けて演算することにより、成分の共用、パラメータ量の削減、並列演算といった利点を得られ、ひいては高速演算、パラレル受信数の増大といった効果を得られる。また、上記構成によれば、送受信条件を変更した場合でも、遅延データ生成のためのパラメータ演算時間を短縮化できるから、送信開始待ち時間を短くできる。

【 0 0 8 0 】

( 7 ) 第 4 実施形態

上記の(7)式を変形すると、以下ようになる。

【 0 0 8 1 】

【数 8】

$$D' = 2 r - x_e (\sin \theta + \Delta \theta \cdot \cos \theta) \cdots (8)$$

【 0 0 8 2 】

上記(8)式における第 2 項のカッコ内に関する演算 ( ( sin θ + Δ θ ・ cos θ ) / c ) を実行した上で、その演算結果に対して x<sub>e</sub> を乗算した上で、その乗算結果と、上記(8)式における第 1 項に関する演算 ( 2 r / c ) と、を加算するようにしてもよい。その場合には図 1 0 に示す遅延データ生成回路 6 6 C を利用することが可能である。図 1 0 において、第 1 演算回路 2 0 4 は、直線経路演算回路であり、( 2 r / c ) の計算を実行するものである。第 1 演算回路 2 0 4 は単純な計算回路によって構成され得る。その演算結果は受信開口内における複数の受信振動素子間で共用可能である。

【 0 0 8 3 】

第 2 演算回路 2 0 6 は、上記のように ( ( sin θ + Δ θ ・ cos θ ) / c ) の演算を実行するものである。それは例えば P W L 回路によって構成されてもよい。その演算結果は上記複数の振動素子間では共用できないものである。

【 0 0 8 4 】

演算器 2 0 8 は、第 2 演算回路 2 0 6 の演算結果に対して x<sub>e</sub> を乗算する回路と、その乗算結果と第 1 演算回路 2 0 4 の演算結果とを加算する回路と、を含む。演算器 2 0 8 から遅延データが出力され、それが遅延データメモリ 2 1 0 に格納される。パラメータメモリ 2 1 2 には第 1 演算回路 2 0 4 での演算に必要なパラメータが格納され、パラメータメモリ 2 1 4 には第 2 演算回路 2 0 6 での演算に必要なパラメータが格納される。

【 0 0 8 5 】

図 1 0 に示した構成においても、遅延データにおける特定の成分を複数の受信振動素子間で共用することが可能である。仮想音源法を適用する場合、第 1 演算回路 2 0 4 におい

10

20

30

40

50

て往路遅延データを演算し、第2演算回路206で復路遅延データを演算することが可能である。

【0086】

いずれにしても、従来においては、パラメータ群に基づいて1つの遅延データが一度に生成されていたが、上記のような段階的又は並列的な生成方法を利用することにより、演算量又はパラメータ量を削減できるという利点が得られる。上記構成によれば、送受信条件を変更した場合においてもパラメータ群を短時間で演算できるので、送信開始タイミングが遅れることに伴うユーザーのストレスを緩和又は解消できる。

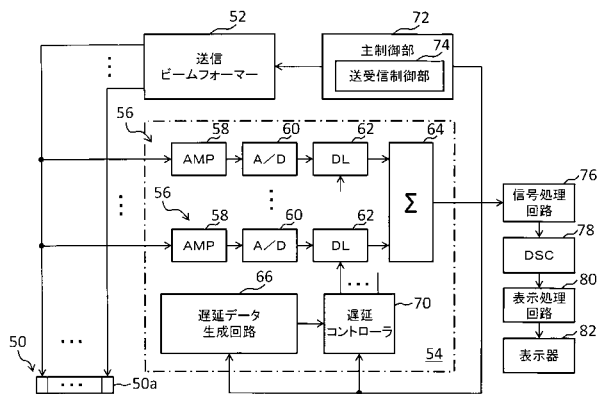
【符号の説明】

【0087】

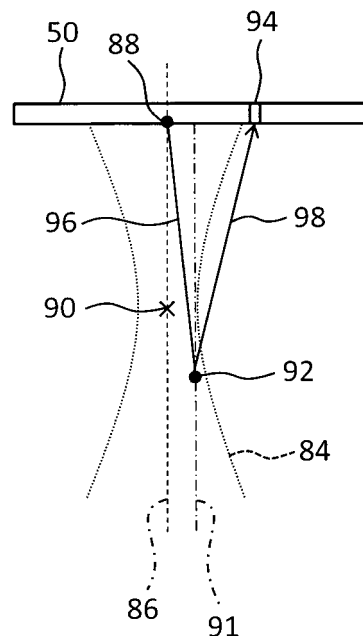
54 受信ビームフォーマー、66 遅延データ生成回路、70 遅延コントローラ、110 往路時間演算回路、112 復路時間演算回路、114 加算器、116 遅延データメモリ。

10

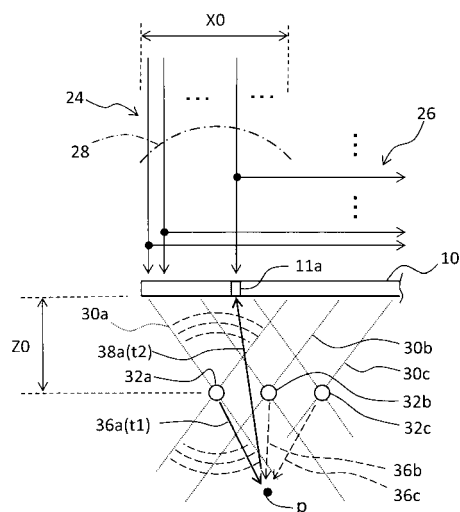
【図1】



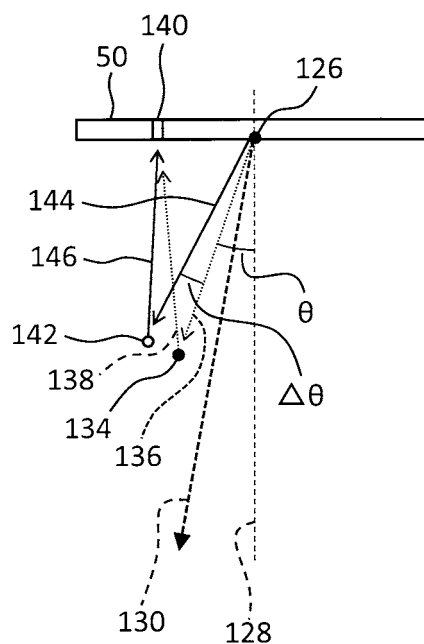
【図2】



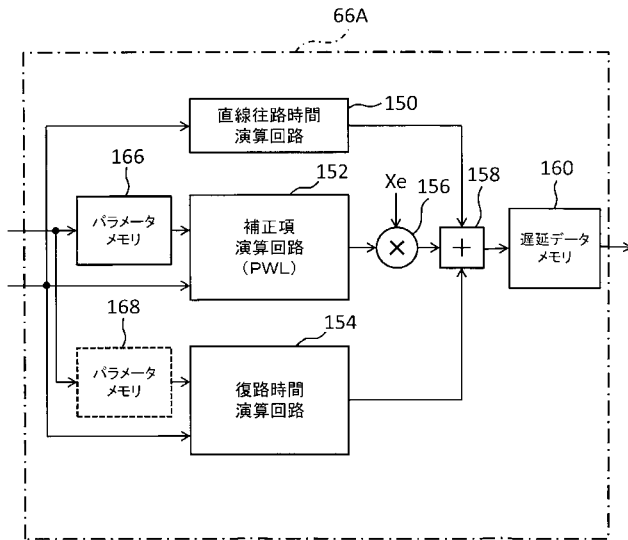
【圖 4】



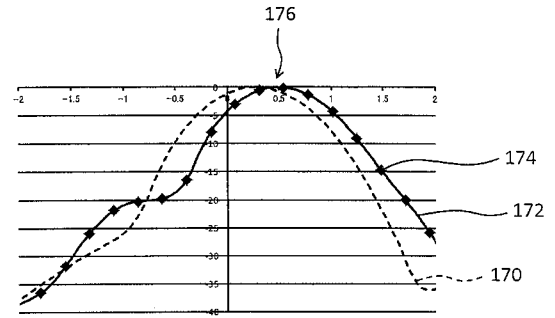
【 图 6 】



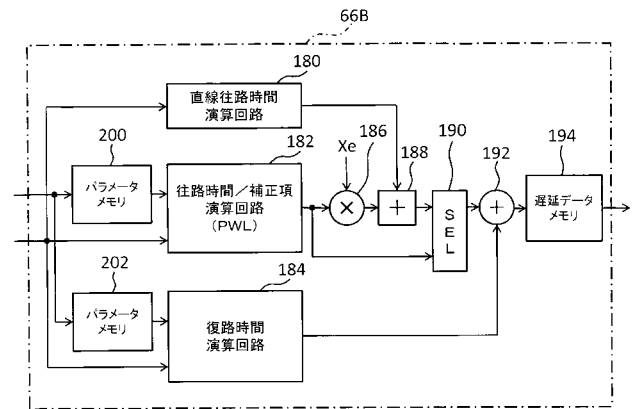
【図 7】



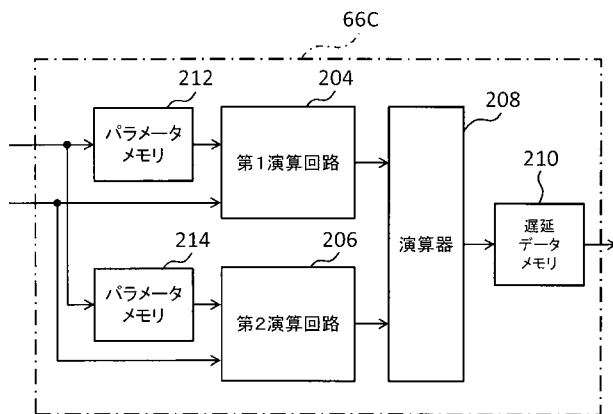
【図 8】



【図 9】



【図 10】



|                |                                                                                                    |         |            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声诊断设备和延迟数据产生方法                                                                                    |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP2017064249A</a>                                                                      | 公开(公告)日 | 2017-04-06 |
| 申请号            | JP2015195842                                                                                       | 申请日     | 2015-10-01 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 株式会社日立制作所                                                                                          |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 株式会社日立制作所                                                                                          |         |            |
| [标]发明人         | 久津将則<br>栗原浩                                                                                        |         |            |
| 发明人            | 久津 将則<br>栗原 浩                                                                                      |         |            |
| IPC分类号         | A61B8/14                                                                                           |         |            |
| CPC分类号         | A61B8/14                                                                                           |         |            |
| FI分类号          | A61B8/14                                                                                           |         |            |
| F-TERM分类号      | 4C601/BB06 4C601/EE07 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/HH28 4C601/HH30 4C601/HH38 4C601/JB45 4C601/LL07 |         |            |
| 其他公开文献         | JP6059782B1                                                                                        |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                          |         |            |

#### 摘要(译)

要解决的问题：在超声诊断测量的接收波束形成器中有效地生成延迟数据。前向路径时间计算电路计算与从发送参考点到接收焦点的前向路径相对应的前向路径延迟数据。后向时间计算电路112针对每个接收振动元件计算与从接收焦点到接收振动元件的返回路径相对应的后向延迟数据。加法器114将前向延迟数据和后向延迟数据相加以产生延迟数据。前向延迟数据在多个接收元件之间共享。当应用虚拟声源方法时，在每个接收元件的多个发送波束之间共享后向延迟数据。

