

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-134028

(P2015-134028A)

(43) 公開日 平成27年7月27日(2015.7.27)

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

F I  
A61B 8/00

テーマコード(参考)  
4C601

審査請求有 請求項の数6 O L (全21頁)

(21) 出願番号 特願2014-6088 (P2014-6088)  
(22) 出願日 平成26年1月16日(2014.1.16)

(71) 出願人 306037311  
富士フイルム株式会社  
東京都港区西麻布2丁目26番30号  
(74) 代理人 100080159  
弁理士 渡辺 望穂  
(74) 代理人 100090217  
弁理士 三和 晴子  
(74) 代理人 100152984  
弁理士 伊東 秀明  
(74) 代理人 100148080  
弁理士 三橋 史生  
(72) 発明者 野口 雅史  
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地  
富士フイルム株式会社内  
Fターム(参考) 4C601 EE04 HH14 HH16 JC04 JC21

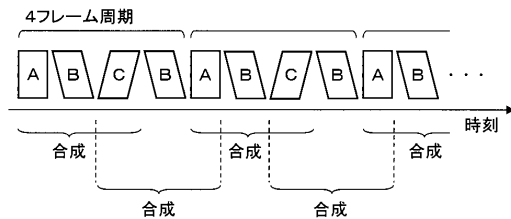
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置および超音波画像生成方法

(57) 【要約】

【課題】アーチファクトを低減した空間コンパウンド画像を生成することができる超音波診断装置を提供する。

【解決手段】空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた2つのフレーム間のステア角度の角度差が、互いにステア角度が異なる3種類のフレーム画像A～Cのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大値より小さくなるように、フレーム画像A、B、CおよびBの受信データを4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、2つのフレーム画像CおよびBの受信データあるいは2つのフレーム画像CおよびAの受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された3フレーム分の受信データに基づいて順次生成された3つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成する。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

アレイトランスデューサと、  
前記アレイトランスデューサに駆動信号を供給して前記アレイトランスデューサから被検体に向けて超音波ビームを送信する送信部と、  
被検体による超音波エコーを受信した前記アレイトランスデューサから出力される受信信号を処理して受信データを取得する受信部と、  
互いに超音波ビームのステア角度が異なる  $n$  個 ( $n$  は 3 以上の整数) のフレーム画像を合成して更新画像を生成するために前記  $n$  個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得すると共にそれぞれの更新画像の生成に用いられる前記  $n$  個のフレーム画像のうち受信データの取得が時間的に最も離れた 2 つのフレーム画像におけるステア角度の角度差が前記  $n$  個のフレーム画像のうちの 2 つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大角度差より小さくなるように前記送信部および前記受信部を制御する送受信制御部と、  
前記受信部で取得された受信データに基づいてそれぞれの更新画像を生成する更新画像生成部と  
を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

10

**【請求項 2】**

前記送受信制御部は、それぞれの更新画像の生成に用いられる前記  $n$  個のフレーム画像のうち受信データの取得が時間的に最も離れた 2 つのフレーム画像におけるステア角度の角度差が、前記  $n$  個のフレーム画像のうちの 2 つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最小角度差となるように前記送信部および前記受信部を制御する請求項 1 に記載の超音波診断装置。

20

**【請求項 3】**

前記更新画像生成部は、前記受信部により  $m$  個 ( $m$  は  $1 < m < n$  を満たす整数) のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに受信データが順次取得された直前の前記  $n$  個分のフレーム画像を互いに合成して前記更新画像を生成する請求項 1 または 2 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 4】**

前記送受信制御部は、 $n$  が奇数の場合に、前記  $n$  個のフレーム画像の中の  $k$  番目 ( $k = (n + 1) / 2$ ) の特定のフレーム画像と超音波ビームのステア角度が等しい新たなフレーム画像を  $n + 1$  番目のフレーム画像として前記  $n$  個のフレーム画像に加えた  $n + 1$  個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得するように前記送信部および前記受信部を制御し、

30

前記更新画像生成部は、前記受信部により  $k$  個のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに受信データが順次取得された直前の前記  $n$  個分のフレーム画像を互いに合成して前記更新画像を生成する請求項 1 または 2 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 5】**

前記特定のフレーム画像は、それぞれの更新画像の生成に用いられる前記  $n$  個のフレーム画像のうち、最大のステア角度を有するフレーム画像である請求項 4 に記載の超音波診断装置。

40

**【請求項 6】**

互いに超音波ビームのステア角度が異なる  $n$  個 ( $n$  は 3 以上の整数) のフレーム画像を合成して更新画像を生成するために前記  $n$  個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得すると共にそれぞれの更新画像の生成に用いられる前記  $n$  個のフレーム画像のうち受信データの取得が時間的に最も離れた 2 つのフレーム画像におけるステア角度の角度差が前記  $n$  個のフレーム画像のうちの 2 つのフレーム画像間のステア角度の中での最大角度差より小さくなるようにアレイトランスデューサによる超音波ビームの送受信を行い、  
取得された受信データに基づいてそれぞれの更新画像を生成することを特徴とする超音波画像生成方法。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、超音波診断装置および超音波画像生成方法に係り、特に、互いに超音波ビームのステア角度が異なる複数のフレーム画像を合成して更新画像（空間コンパウンド画像）の生成を行う超音波診断装置および超音波画像生成方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来から、医療分野において、超音波画像を利用した超音波診断装置が実用化されている。一般に、この種の超音波診断装置は、複数のトランスデューサが配列されたアレイトランスデューサから被検体に向けて超音波ビームを送信し、被検体からの超音波エコーをアレイトランスデューサで受信して、その受信信号を電氣的に処理することにより超音波画像が生成される。

このような超音波診断装置においては、超音波ビームを走査することにより被検体内の2次元断層画像をリアルタイムで取得することができるが、被検体内部における微細構造からの複数の反射波が互いに干渉してスペckルノイズが発生し、超音波画像の画質を劣化させる要因の一つとなっている。

## 【0003】

このスペckルノイズを低減する手法として、例えば、特許文献1に開示されているような、いわゆる空間コンパウンド法が知られている。空間コンパウンド法では、被検体内の同一部位に向けて互いに異なる方向から超音波ビームを送信することにより複数のフレーム画像を生成し、これら複数のフレーム画像を合成して1枚の空間コンパウンド画像が生成される。スペckルノイズのパターンは、超音波ビームの送信方向に応じて変動するため、互いに異なる方向から超音波ビームを送信して生成された複数のフレーム画像を合成することで、スペckルノイズを低減させることができる。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2013-141519号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

例えば、図12に示されるように、アレイトランスデューサに対して垂直な方向すなわちステア角度0度の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像Aと、ステア角度 $-a$ の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像Bと、ステア角度 $+a$ の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像Cを、3フレーム周期で且つ同一の順序で繰り返し生成し、1フレームの受信データを取得する毎に、直前の2つのフレーム画像を併せた3フレーム分のフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成する。これにより、常に3種類のステア角度に対応するフレーム画像A、BおよびCを合成した空間コンパウンド画像が更新されることとなる。

## 【0006】

しかしながら、超音波画像には、上記のスペckルノイズだけでなく、音響陰影等、実際の構造物とは異なるパターンが生じ、これらのパターンは、送受信する超音波ビームのステア角度に応じて異なる形状および異なる角度で発生する。このため、アレイトランスデューサを被検体の体表に沿って移動させながら、順次更新される空間コンパウンド画像で被検体内部を観察しようとする、フレーム毎にスペckルノイズおよび音響陰影等のパターン形状および角度が変動し、その結果、画像が波打つように振動するアーチファクトが発生するという問題があった。

## 【0007】

この発明は、このような従来の問題点を解消するためになされたもので、アーチファクトを低減した空間コンパウンド画像を生成することができる超音波診断装置および超音波画像生成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者は、複数のフレーム画像の合成条件を種々変化させて、数多くの空間コンパウンド画像（動画像）の生成を行い、それぞれ、発生するアーチファクトについて鋭意研究を重ねたところ、互いに合成される複数のフレーム画像間のアレイトランスデューサの移動距離が大きいほど、また、互いに合成される複数のフレーム画像間のステア角度の角度差が大きいほど、アーチファクトが悪化することを見出した。

10

【0009】

図12に示した従来の合成方法では、1つのフレーム画像の受信データを取得する毎に3つのフレーム画像の合成が行われるため、空間コンパウンド画像が更新される毎に、互いに合成される3つのフレーム画像の順序が変化する。例えば、1つの空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像のうち、フレーム画像Aの受信データが第1番目のフレームF1として取得され、フレーム画像Bの受信データが第2番目のフレームF2として取得され、フレーム画像Cの受信データが第3番目のフレームF3として取得されたものとする。更新される次の空間コンパウンド画像の生成においては、第1番目のフレームF1としてフレーム画像Aが、第2番目のフレームF2としてフレーム画像Bが、第3番目のフレームF3としてフレーム画像Cが、それぞれ割り当てられて受信データが取得される。

20

【0010】

このため、図13に示されるように、互いに合成される3つのフレーム画像のうち、最も早い時刻 $t_1$ に受信データが取得される第1番目のフレームF1としてステア角度 $+a$ のフレーム画像Cが割り当てられ、最も遅い時刻 $t_3$ に受信データが取得される第3番目のフレームF3としてステア角度 $-a$ のフレーム画像Cが割り当てられる組み合わせが周期的に発生し、このとき、フレームF1とフレームF3の間のステア角度の角度差は、最大値 $2 \cdot a$ となる。このように、アレイトランスデューサを移動させながら3フレーム分の超音波画像の合成を行う際に、アレイトランスデューサの移動距離が最も大きくなる第1番目のフレームF1および第3番目のフレームF3において、空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像A～Cのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大角度差となる状態が発生することで、アーチファクトの悪化を招くものと考えられる。

30

なお、フレームレートを速くするほど、1つのフレーム画像の受信データ取得期間内における超音波プローブの移動距離が短くなるので、アーチファクトは視認されにくくなることがわかった。ただし、フレームレートを速くするためには、超音波画像の走査線密度およびフォーカス点数を削減する必要があり、また、パルスインバージョン法のハーモニクイメージを用いている場合は、パルスインバージョン走査を停止して基本波による画像を活用する等の措置が必要となり、画質の低下を招くこととなる。

【0011】

40

また、図14に示されるように、3フレーム周期でそれぞれのフレーム画像の受信データを繰り返し取得しながら、3つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、3つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像の更新を行えば、空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像の順番が常に一定となるため、スペckルノイズおよび音響陰影等のパターンの時系列的な重なり方が安定し、アーチファクトが発生しにくくなることが観察された。ただし、3つのフレーム画像の受信データを取得する毎に合成を行うので、空間コンパウンド画像の更新レートが $1/3$ となり、超音波診断装置としての操作性が低下してしまう。

そこで、この発明においては、画質の低下および操作性の低下を抑制しつつアーチファクトの低減を行うこととした。

50

## 【0012】

この発明に係る超音波診断装置は、アレイトランスデューサと、アレイトランスデューサに駆動信号を供給してアレイトランスデューサから被検体に向けて超音波ビームを送信する送信部と、被検体による超音波エコーを受信したアレイトランスデューサから出力される受信信号を処理して受信データを取得する受信部と、互いに超音波ビームのステア角度が異なる $n$ 個( $n$ は3以上の整数)のフレーム画像を合成して更新画像を生成するために $n$ 個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得すると共にそれぞれの更新画像の生成に用いられる $n$ 個のフレーム画像のうち受信データの取得が時間的に最も離れた2つのフレーム画像におけるステア角度の角度差が $n$ 個のフレーム画像のうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大角度差より小さくなるように送信部および受信部を制御する送受信制御部と、受信部で取得された受信データに基づいてそれぞれの更新画像を生成する更新画像生成部とを備えたものである。

10

ここで、ステア角度とは、送受信される超音波ビームの方向が、アレイトランスデューサを構成する複数の超音波トランスデューサの配列方向に垂直な方向に対してなす角度をいうものとする。また、フレーム画像とは、互いに超音波ビームのステア角度が異なる複数の超音波画像を合成して1つの更新画像を生成する際の個々の超音波画像をいうものとする。

## 【0013】

送受信制御部は、それぞれの更新画像の生成に用いられる $n$ 個のフレーム画像のうち受信データの取得が時間的に最も離れた2つのフレーム画像におけるステア角度の角度差が、 $n$ 個のフレーム画像のうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最小角度差となるように送信部および受信部を制御することが好ましい。

20

更新画像生成部は、受信部により $m$ 個( $m$ は $1 < m < n$ を満たす整数)のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに受信データが順次取得された直前の $n$ 個分のフレーム画像を互いに合成して更新画像を生成することができる。

## 【0014】

また、送受信制御部は、 $n$ が奇数の場合に、 $n$ 個のフレーム画像の中の $k$ 番目( $k = (n + 1) / 2$ )の特定のフレーム画像と超音波ビームのステア角度が等しい新たなフレーム画像を $n + 1$ 番目のフレーム画像として $n$ 個のフレーム画像に加えた $n + 1$ 個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得するように送信部および受信部を制御し、更新画像生成部は、受信部により $k$ 個のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに受信データが順次取得された直前の $n$ 個分のフレーム画像を互いに合成して更新画像を生成することもできる。

30

この場合、特定のフレーム画像は、それぞれの更新画像の生成に用いられる $n$ 個のフレーム画像のうち、最大のステア角度を有するフレーム画像であることが好ましい。

## 【0015】

この発明に係る超音波画像生成方法は、互いに超音波ビームのステア角度が異なる $n$ 個( $n$ は3以上の整数)のフレーム画像を合成して更新画像を生成するために $n$ 個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得すると共にそれぞれの更新画像の生成に用いられる $n$ 個のフレーム画像のうち受信データの取得が時間的に最も離れた2つのフレーム画像におけるステア角度の角度差が $n$ 個のフレーム画像のうちの2つのフレーム画像間のステア角度の中での最大角度差より小さくなるようにアレイトランスデューサによる超音波ビームの送受信を行い、取得された受信データに基づいてそれぞれの更新画像を生成する方法である。

40

## 【発明の効果】

## 【0016】

この発明によれば、互いに超音波ビームのステア角度が異なる $n$ 個( $n$ は3以上の整数)のフレーム画像を合成して更新画像を生成するために $n$ 個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得すると共にそれぞれの更新画像の生成に用いられる $n$ 個のフレーム画像のうち受信データの取得が時間的に最も離れた2つのフレーム画像におけるステア角

50

度の角度差が  $n$  個のフレーム画像のうちの 2 つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大角度差より小さくなるようにアレイトランスデューサによる超音波ビームの送受信を行うので、アーチファクトを低減した更新画像（空間コンパウンド画像）を生成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】この発明の実施の形態1に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1における3種類のフレーム画像のステア角度を示す図である。

【図3】実施の形態1におけるデータ取得周期とフレーム画像合成の関係を示す図である。

10

【図4】実施の形態1において空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像のうち第1番目のフレームと第3番目のフレームの間のステア角度の角度差を示す図である。

【図5】実施の形態2における5種類のフレーム画像のステア角度を示す図である。

【図6】実施の形態2におけるデータ取得周期とフレーム画像合成の関係を示す図である。

【図7】実施の形態2において空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像のうち第1番目のフレームと第5番目のフレームの間のステア角度の角度差および第2番目のフレームと第4番目のフレームの間のステア角度の角度差を示す図である。

【図8】実施の形態2の変形例におけるデータ取得周期とフレーム画像合成の関係を示す図である。

20

【図9】実施の形態3におけるデータ取得周期とフレーム画像合成の関係を示す図である。

【図10】実施の形態3において空間コンパウンド画像の生成に用いられる4つのフレーム画像のうち第1番目のフレームと第4番目のフレームの間のステア角度の角度差を示す図である。

【図11】実施の形態3の変形例におけるデータ取得周期とフレーム画像合成の関係を示す図である。

【図12】従来例におけるデータ取得周期とフレーム画像合成の関係を示す図である。

【図13】従来例において空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像のうち第1番目のフレームと第3番目のフレームの間のステア角度の角度差を示す図である。

30

【図14】他の従来例におけるデータ取得周期とフレーム画像合成の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、この発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

実施の形態1

図1に、この発明の実施の形態1に係る超音波診断装置の構成を示す。超音波診断装置は、アレイトランスデューサ1を有し、このアレイトランスデューサ1に送信部2および受信部3が接続され、受信部3に更新画像生成部4が接続されている。更新画像生成部4には、表示制御部5が接続され、表示制御部5に表示部6が接続されている。また、送信部2および受信部3に送受信制御部7が接続され、更新画像生成部4、表示制御部5および送受信制御部7に装置制御部8が接続されている。さらに、装置制御部8に操作部9と格納部10がそれぞれ接続されている。

40

【0019】

更新画像生成部4は、更新画像（順次更新される空間コンパウンド画像）を生成するためのもので、受信部3に接続された信号処理部21を有し、この信号処理部21に画像合成部22、画像処理部23およびDSC（Digital Scan Converter）24が順次接続され、信号処理部21にデータメモリ25が接続されると共にDSC24に画像メモリ26が

50

接続されている。

【0020】

アレイトランスデューサ1は、1次元または2次元に配列された複数の超音波トランスデューサを有している。それぞれの超音波トランスデューサは、送信部2から供給される駆動信号に従って超音波を送信すると共に被検体からの超音波エコーを受信して受信信号を出力する。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）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）に代表される高分子圧電素子、PMN-PT（マグネシウムニオブ酸・チタン酸鉛固溶体）に代表される圧電単結晶等からなる圧電体の両端に電極を形成した振動子によって構成されている。

【0021】

そのような振動子の電極に、パルス状または連続波の電圧を印加すると、圧電体が伸縮し、それぞれの振動子からパルス状または連続波の超音波が発生して、それらの超音波の合成により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り伸縮して電気信号を発生し、それらの電気信号は、超音波の受信信号として出力される。

【0022】

送信部2は、例えば、複数のパルス発生器を含んでおり、送受信制御部7から供給された制御信号に応じて選択された送信遅延パターンに基づいて、アレイトランスデューサ1の送信開口を形成する複数の超音波トランスデューサから発せられる超音波が超音波ビームを形成するようにそれぞれの駆動信号の遅延量を調節して複数の超音波トランスデューサに供給する。

また、受信部3は、アレイトランスデューサ1のそれぞれの超音波トランスデューサから出力される受信信号を増幅してA/D変換し、デジタル化された受信データを生成する。

【0023】

更新画像生成部4は、受信部3で取得された受信データに基づき、複数枚のフレーム画像を合成した空間コンパウンド画像を所定の更新レートで更新することにより動画像として生成するものである。

信号処理部21は、装置制御部8からの指令信号に基づき、アレイトランスデューサ1の複数の超音波トランスデューサに対応して受信部3で生成された受信データに対し、受信フォーカス処理と検波処理を実行してBモード画像信号を生成する。すなわち、受信部3で生成された受信データに対してそれぞれの遅延補正を施すことにより遅延補正データを生成し、これら遅延補正データを加算して超音波エコーの焦点が絞り込まれた音線信号を生成すると共に、生成された音線信号に対して、超音波の反射位置の深度に応じた減衰の補正を施した後、包絡線検波処理を施し、さらにlog圧縮を行ってBモード画像信号を生成し、データメモリ25に出力する。

【0024】

画像合成部22は、装置制御部8による制御の下、データメモリ25に格納された複数のフレーム分のBモード画像信号を互いに合成して空間コンパウンド画像信号を生成し、画像処理部23に出力する。ここで、「合成」とは、例えば、画素毎に複数のフレーム分のBモード画像信号の平均値を演算することをいう。相加平均、相乗平均等の各種の平均演算を用いることができる。

画像処理部23は、画像合成部22で生成された空間コンパウンド画像信号に階調処理等の各種の必要な画像処理を施し、DSC24に出力する。

DSC24は、画像処理部23で画像処理が施された空間コンパウンド画像信号をテレビジョン信号の走査方式に従う画像信号に変換（ラスタ変換）し、画像メモリ26に格納すると共に表示制御部5に出力する。

表示制御部5は、DSC24で変換された画像信号あるいは画像メモリ26に格納されている画像信号に基づいて、表示部6に更新画像としての空間コンパウンド画像を表示させる。

10

20

30

40

50

表示部 6 は、例えば、LCD 等のディスプレイ装置を含んでおり、表示制御部 5 による制御の下で空間コンパウンド画像を表示する。

【0025】

送受信制御部 7 は、装置制御部 8 からの指令信号に基づいて送信部 2 および受信部 3 の動作を制御する。

装置制御部 8 は、操作者により操作部 9 から入力された指令に基づいて超音波診断装置各部の制御を行う。

操作部 9 は、操作者が入力操作を行うためのもので、キーボード、マウス、トラックボール、タッチパネル等から形成することができる。

格納部 10 は、動作プログラム等を格納するもので、ハードディスク、フレキシブルディスク、MO、MT、RAM、CD-ROM、DVD-ROM、SDカード、CFカード、USBメモリ等の記録メディア、またはサーバ等を用いることができる。

なお、更新画像生成部 4 の信号処理部 21、画像合成部 22、画像処理部 23 および DSC 24、表示制御部 5 および送受信制御部 7 は、CPU と、CPU に各種の処理を行わせるための動作プログラムから構成されるが、それらをデジタル回路で構成してもよい。

【0026】

ここで、この実施の形態 1 における超音波の送受信の方法および受信データの合成の方法について説明する。

実施の形態 1 では、図 2 に示されるように、アレイトランスデューサ 1 を構成する複数の超音波トランスデューサ 1a の配列方向に対して垂直な方向すなわちステア角度 0 度の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像 A と、ステア角度  $-a$  の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像 B と、ステア角度  $+a$  の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像 C を含む、3 種類のステア角度に対応するフレーム画像がそれぞれ生成される。

すなわち、フレーム画像 A とフレーム画像 B との間およびフレーム画像 A とフレーム画像 C との間のステア角度の角度差は、それぞれ「 $a$ 」であるが、フレーム画像 B とフレーム画像 C との間には、3 種類のフレーム画像 A ~ C のうちの 2 つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中で最大の角度差  $2 \cdot a$  が形成される。

【0027】

このため、図 12 に示した従来例のように、フレーム画像 A ~ C に対応する受信データを 3 フレーム周期で且つ同一の順序で繰り返し取得し、1 フレームの受信データを取得する毎に、直前の 2 フレームの画像を併せた 3 フレーム分の超音波画像を合成して空間コンパウンド画像を生成しようとする、空間コンパウンド画像の生成に用いられる 3 つのフレーム画像のうち、受信データの取得時刻が最も離れた第 1 番目のフレーム F1 および第 3 番目のフレーム F3 として、ステア角度  $+a$  のフレーム画像 C とステア角度  $-a$  のフレーム画像 B がそれぞれ割り当てられて、これらのフレーム F1 と F3 の間にステア角度の最大角度差  $2 \cdot a$  が形成される組み合わせが周期的に発生し、アーチファクトの悪化を招くこととなる。

【0028】

そこで、この実施の形態 1 においては、図 3 に示されるように、ステア角度 0 度の第 1 番目のフレーム画像 A に対応する受信データと、ステア角度  $-a$  の第 2 番目のフレーム画像 B に対応する受信データと、ステア角度  $+a$  の第 3 番目のフレーム画像 C に対応する受信データを順次取得した後、これら第 1 番目 ~ 第 3 番目のフレーム画像 A ~ C の中央に序列表れた第 2 番目のフレーム画像 B と同じステア角度  $-a$  で再び受信データを取得して新たな第 4 番目のフレーム画像 B を形成し、これら 4 つのフレーム画像の受信データを順次繰り返し取得するように、送受信制御部 7 が送信部 2 および受信部 3 の動作を制御する。すなわち、フレーム画像 A、B、C および B に対応する受信データが 4 フレームのデータ取得周期で繰り返し取得される。

【0029】

そして、2 つのフレーム画像 B および C の受信データあるいは 2 つのフレーム画像 B お

10

20

30

40

50

よび A の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された直前の 3 フレーム分の受信データに基づいて更新画像生成部 4 で順次生成された 3 つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成するように、装置制御部 8 が画像合成部 22 の動作を制御する。例えば、4 つのフレームの受信データを順次取得する 1 つのデータ取得周期において第 3 番目のフレーム画像 C の受信データを取得すると、この受信データに基づいて生成されたフレーム画像 C に直前の 2 つのフレーム画像 A および B を併せた 3 つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成し、その後、第 4 番目のフレーム画像 B の受信データを取得したときには画像の合成を行わず、次のデータ取得周期における第 1 番目のフレーム画像 A の受信データを取得したときに、この受信データに基づいて生成されたフレーム画像 A に直前の 2 つのフレーム画像、すなわち、直前のデータ取得周期における第 3 番目のフレーム画像 C および第 4 番目のフレーム画像 B を併せた 3 つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成する。

10

**【 0 0 3 0 】**

このようにして、2 つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された 3 フレーム分の受信データに基づく 3 つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成することにより、空間コンパウンド画像の生成に用いられる 3 つのフレーム画像のうち、時系列的に中間に位置する第 2 番目のフレーム F 2 として常にフレーム画像 B が割り当てられ、第 1 番目のフレーム F 1 および第 3 番目のフレーム F 3 の一方にはフレーム画像 A が、他方にはフレーム画像 C がそれぞれ割り当てられる。

すなわち、図 4 に示されるように、互いに合成される 3 つのフレーム画像のうち、最も早い時刻  $t_1$  に取得される第 1 番目のフレーム F 1 と最も遅い時刻  $t_3$  に取得される第 3 番目のフレーム F 3 の組み合わせは、常に、ステア角度 0 度のフレーム画像 A とステア角度  $+a$  のフレーム画像 C となり、フレーム F 1 とフレーム F 3 の間のステア角度の角度差は「 $a$ 」となる。

20

**【 0 0 3 1 】**

このため、アレイトランスデューサ 1 を被検体の体表に沿って移動させながら、3 つずつフレーム画像を合成して空間コンパウンドを実行しても、空間コンパウンド画像の生成に用いられる 3 つのフレーム画像のうち、アレイトランスデューサ 1 の移動距離が最も大きくなる第 1 番目のフレーム F 1 と第 3 番目のフレーム F 3 との間のステア角度の角度差が最大値  $2 \cdot a$  になる状態は発生することがなく、図 12 に示した従来例に比べて、アーチファクトを低減することが可能となる。

30

なお、2 つのフレームの受信データを取得する毎に、超音波画像の合成を行うため、1 フレームの受信データを取得する毎にフレーム画像を合成する図 12 に示した従来例に比べると、コンパウンド画像の更新レートが  $1/2$  となるが、合成の対象となる 3 フレームの受信データを取得する毎に超音波画像を合成する図 14 に示した従来例のように画像更新レートを  $1/3$  にまで低下させることはなく、操作性の低下を抑制しつつアーチファクトを低減することができる。

**【 0 0 3 2 】**

次に、実施の形態 1 の動作について説明する。

まず、操作者により操作部 9 から空間コンパウンドを実行する旨の指令が入力されると、図 3 に示したように、第 1 番目のフレーム画像 A に対応する受信データと、第 2 番目のフレーム画像 B に対応する受信データと、第 3 番目のフレーム画像 C に対応する受信データを順次取得した後、さらに、第 2 番目のフレーム画像 B と同じステア角度で第 4 番目のフレーム画像 B に対応する受信データを取得し、これら 4 つのフレーム画像の受信データをこの順序で順次繰り返して取得するように、装置制御部 8 から送受信制御部 7 に指令信号が出力される。

40

**【 0 0 3 3 】**

これにより、まず、送信部 2 によりアレイトランスデューサ 1 からステア角度 0 度の方向に超音波ビームが送信され、被検体による超音波エコーを受信したアレイトランスデューサ 1 から出力される受信信号が受信部 3 で処理されて第 1 番目のフレーム画像の受信デ

50

ータが取得される。この受信データは、更新画像生成部4の信号処理部21に伝送され、ステア角度0度の方向に受信フォーカスが行われるように、受信データにそれぞれの遅延補正が施されることにより遅延補正データが生成され、これら遅延補正データを加算することで音線信号が生成される。さらに、この音線信号に対し、超音波の反射位置の深度に応じた減衰の補正を施した後、包絡線検波処理およびlog圧縮が行われてフレーム画像AのBモード画像信号が生成され、データメモリ25に格納される。

【0034】

また、第1番目のフレーム画像の受信データの取得に引き続き、送信部2によりアレイトランスデューサ1からステア角度 $-a$ の方向に超音波ビームが送信されて受信部3により第2番目のフレーム画像の受信データが取得され、同様にして、更新画像生成部4の信号処理部21で超音波画像BのBモード画像信号が生成され、データメモリ25に格納される。

10

さらに、第2番目のフレーム画像の受信データの取得に続いて、送信部2によりアレイトランスデューサ1からステア角度 $+a$ の方向に超音波ビームが送信されて受信部3により第3番目のフレーム画像の受信データが取得され、同様にして、更新画像生成部4の信号処理部21で超音波画像CのBモード画像信号が生成され、データメモリ25に格納される。

【0035】

このようにして、第1番目～第3番目のフレーム画像の受信データが順次取得され、更新画像生成部4の信号処理部21で超音波画像A～Cの3つのBモード画像信号が生成されてデータメモリ25に格納されると、装置制御部8からの指令信号に基づき、画像合成部22は、データメモリ25に格納された3フレーム分の超音波画像A～Cを互いに合成して空間コンパウンド画像信号を生成する。この空間コンパウンド画像信号は、画像処理部23で階調処理等の画像処理が施され、さらにDSC24でラスタ変換された後に表示制御部5に出力され、表示制御部5により表示部6に表示される。

20

【0036】

また、第3番目のフレーム画像の受信データの取得に引き続き、第2番目のフレーム画像と同様に、送信部2によりアレイトランスデューサ1からステア角度 $-a$ の方向に超音波ビームが送信されて受信部3により第4番目のフレーム画像の受信データが取得され、更新画像生成部4の信号処理部21で超音波画像BのBモード画像信号が生成され、データメモリ25に格納される。

30

これにより、第1番目～第4番目のフレーム画像の受信データを取得する1つのデータ取得周期が終了し、続いて、送信部2によりアレイトランスデューサ1からステア角度0度の方向に超音波ビームが送信され、受信部3により次のデータ取得周期における第1番目のフレーム画像の受信データが取得されて、更新画像生成部4の信号処理部21で超音波画像AのBモード画像信号が生成され、データメモリ25に格納される。

【0037】

このようにして、直前のデータ取得周期の第4番目のフレーム画像と次のデータ取得周期の第1番目のフレーム画像を含む2つのフレーム画像の受信データを取得すると、画像合成部22は、それまでに順次取得された3フレーム分の受信データに基づく3つのフレーム画像、すなわち、直前のデータ取得周期の第3番目のフレーム画像Cと第4番目のフレーム画像Bと次のデータ取得周期の第1番目のフレーム画像Aを互いに合成して空間コンパウンド画像信号を生成する。この空間コンパウンド画像信号は、画像合成部22から画像処理部23およびDSC24を経た後、表示制御部5により表示部6に表示され、空間コンパウンド画像が更新される。

40

【0038】

同様にして、2つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された3フレーム分の受信データに基づく3つのフレーム画像が更新画像生成部4の信号処理部21により生成され、画像合成部22により順次更新された空間コンパウンド画像が生成される。このとき、空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像の

50

うち、第1番目のフレームF1および第3番目のフレームF3の一方にはフレーム画像Aが、他方にはフレーム画像Cがそれぞれ割り当てられるので、受信データの取得が時間的に最も離れた2つのフレームF1とフレームF3の間のステア角度の角度差は、常に「a」となり、3種類のフレーム画像A～Cのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot a$ よりも小さくなる。このため、フレームレートを速くしなくても、アーチファクトを低減した空間コンパウンド画像を生成することが可能となる。

#### 【0039】

なお、この実施の形態1では、フレーム画像A、B、CおよびBに対応する受信データを4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、2つのフレーム画像BおよびCの受信データあるいは2つのフレーム画像BおよびAの受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された直前の3フレーム分の受信データに基づいて順次生成された3つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成したが、これに限るものではない。

空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第3番目のフレームF3にそれぞれフレーム画像BとCが割り当てられてステア角度の最大角度差 $2 \cdot a$ が形成されるような組み合わせでなければよい。

#### 【0040】

例えば、フレーム画像A、C、BおよびCの受信データを4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、2つのフレーム画像CおよびBの受信データあるいは2つのフレーム画像CおよびAの受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された3フレーム分の受信データに基づいて順次生成された3つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成することもできる。このようにしても、空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第3番目のフレームF3の間のステア角度の角度差は、常に「a」となり、3種類のフレーム画像A～Cのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot a$ よりも小さくなるので、アーチファクトを低減することができる。

#### 【0041】

上記の実施の形態1では、ステア角度0度のフレーム画像Aとステア角度 $-a$ のフレーム画像Bとステア角度 $+a$ のフレーム画像Cを含む、3種類のステア角度に対応するフレーム画像を生成したが、これに限るものではなく、互いに異なる任意のステア角度を有する3種類のフレーム画像を生成して空間コンパウンド画像を生成することもできる。

このとき、4フレームのデータ取得周期の第2番目に受信データを取得するフレーム画像および第4番目に受信データを取得するフレーム画像として、3種類のフレーム画像のうち、最大のステア角度を有するフレーム画像を割り当てることで、空間コンパウンド画像の生成に用いられる3つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第3番目のフレームF3の間のステア角度の角度差を、3種類のフレーム画像のうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差よりも小さくすることができる。

#### 【0042】

##### 実施の形態2

上記の実施の形態1では、3つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成したが、実施の形態2に係る超音波診断装置は、5つのフレーム画像を互いに合成することにより、スペックルノイズの低減効果を高めた高画質の空間コンパウンド画像を生成するようにしたものである。この実施の形態2に係る超音波診断装置の構成は、図1に示した実施の形態1の超音波診断装置と同様である。

#### 【0043】

この実施の形態2においては、図5に示されるように、アレイトランスデューサ1を構成する複数の超音波トランスデューサ1aの配列方向に対して垂直な方向すなわちステア

10

20

30

40

50

角度 0 度の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像 A と、ステア角度  $-a$  の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像 B と、ステア角度  $+a$  の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像 C と、ステア角度  $-b$  の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像 D と、ステア角度  $+b$  の方向に超音波ビームを送受信して取得した受信データに基づくフレーム画像 E を含む、5 種類のステア角度に対応するフレーム画像がそれぞれ生成される。ここで、フレーム画像 D および E のステア角度の絶対値  $b$  は、フレーム画像 B および C のステア角度の絶対値  $a$  よりも大きく、角度「 $b - a$ 」は、角度  $a$  よりも小さいものとする。

【0044】

図 5 からわかるように、フレーム画像 D とフレーム画像 E との間に、5 種類のフレーム画像 A ~ E のうちの 2 つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差  $2 \cdot b$  が形成され、フレーム画像 B とフレーム画像 D との間およびフレーム画像 C とフレーム画像 E との間に、それぞれステア角度の最小角度差「 $b - a$ 」が形成される。

【0045】

そして、図 6 に示されるように、ステア角度 0 度の第 1 番目のフレーム画像 A に対応する受信データと、ステア角度  $-a$  の第 2 番目のフレーム画像 B に対応する受信データと、ステア角度  $+b$  の第 3 番目のフレーム画像 E に対応する受信データと、ステア角度  $-b$  の第 4 番目のフレーム画像 D に対応する受信データと、ステア角度  $+a$  の第 5 番目のフレーム画像 C に対応する受信データを順次取得した後、これら第 1 番目 ~ 第 5 番目のフレーム画像の中央に序列された第 3 番目のフレーム画像と同じステア角度  $+b$  のフレーム画像 E に対応する受信データを取得して新たな第 6 番目のフレーム画像を形成し、これら 6 個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得するように、送受信制御部 7 が送信部 2 および受信部 3 の動作を制御する。すなわち、フレーム画像 A、B、E、D、C および E に対応する受信データが 6 フレームのデータ取得周期で繰り返し取得される。

【0046】

さらに、3 つのフレーム画像 E、D および C の受信データあるいは 3 つのフレーム画像 E、A および B の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された 5 フレーム分の受信データに基づいて更新画像生成部 4 の信号処理部 21 で順次生成された 5 つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成するように、装置制御部 8 が画像合成部 22 の動作を制御する。

【0047】

例えば、6 個のフレーム画像の受信データを順次取得する 1 つのデータ取得周期において第 5 番目のフレーム画像の受信データを取得すると、この受信データに基づいて生成されたフレーム画像 C に直前の 4 つのフレーム画像 A、B、E および D を併せた 5 つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成し、その後、第 6 番目のフレーム画像 E に対応する受信データおよび次のデータ取得周期における第 1 番目のフレーム画像 A の受信データを取得したときには画像の合成を行わず、続く第 2 番目のフレーム画像の受信データを取得したときに、この受信データに基づいて生成されたフレーム画像 B に直前の 4 つのフレーム画像、すなわち、直前のデータ取得周期における第 4 番目のフレーム画像 D と第 5 番目のフレーム画像 C と第 6 番目のフレーム画像 E および続くデータ取得周期における第 1 番目のフレーム画像 A を併せた 5 つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成する。

【0048】

このようにして、3 つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された 5 フレーム分の受信データに基づく 5 つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成することにより、空間コンパウンド画像の生成に用いられる 5 つのフレーム画像のうち、時系列的に中間に位置するフレーム F3 として常にフレーム画像 E が割り当てられ、時間的に最も離れた第 1 番目のフレーム F1 および第 5 番目のフレーム F5 には、フレーム画像 A と C、あるいは、フレーム画像 D と B がそれぞれ割り当てられ

10

20

30

40

50

る。

【0049】

すなわち、図7に示されるように、空間コンパウンド画像を生成するために互いに合成される5つのフレーム画像のうち、最も早い時刻 $t_1$ に取得される第1番目のフレームF1と最も遅い時刻 $t_5$ に取得される第5番目のフレームF5の組み合わせは、ステア角度0度のフレーム画像Aとステア角度 $+a$ のフレーム画像C、あるいは、ステア角度 $-b$ のフレーム画像Dとステア角度 $-a$ のフレーム画像Bとなり、フレームF1とフレームF5の間のステア角度の角度差 $\theta_1$ は「 $a$ 」または「 $b - a$ 」となって、常に、5種類のフレーム画像A～Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot b$ よりも小さな値となる。

10

【0050】

また、5つのフレーム画像のうち、2番目の時刻 $t_2$ に取得される第2番目のフレームF2と4番目の時刻 $t_4$ に取得される第4番目のフレームF4の組み合わせは、ステア角度 $-a$ のフレーム画像Bとステア角度 $-b$ のフレーム画像D、あるいは、ステア角度 $+a$ のフレーム画像Cとステア角度0度のフレーム画像Aとなり、これらフレームF2とフレームF4の間のステア角度の角度差 $\theta_2$ も「 $b - a$ 」または「 $a$ 」となって、常に、5種類のフレーム画像A～Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot b$ よりも小さくなる。

【0051】

このため、アレイトランスデューサ1を被検体の体表に沿って移動させながら、5つずつフレーム画像を合成して空間コンパウンドを実行しても、空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像のうち、アレイトランスデューサ1の移動距離が最も大きくなる第1番目のフレームF1と第5番目のフレームF5との間のステア角度の角度差 $\theta_1$ 並びに第2番目のフレームF2と第4番目のフレームF4との間のステア角度の角度差 $\theta_2$ が最大値 $2 \cdot b$ になる状態は発生することがなく、アーチファクトの低減を図ることが可能となる。

20

さらに、第1番目のフレームF1と第4番目のフレームF4との間のステア角度の角度差並びに第2番目のフレームF2と第5番目のフレームF5との間のステア角度の角度差も、最大角度差 $2 \cdot b$ より小さくなる。

【0052】

このように、3つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された5フレーム分の受信データに基づく5つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成しても、空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1と第5番目のフレームF5との間のステア角度の角度差 $\theta_1$ だけでなく、第2番目のフレームF2と第4番目のフレームF4との間のステア角度の角度差 $\theta_2$ 、第1番目のフレームF1と第4番目のフレームF4との間のステア角度の角度差並びに第2番目のフレームF2と第5番目のフレームF5との間のステア角度の角度差も、5種類のフレーム画像A～Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot b$ より小さくなるため、フレームレートを速くしなくても、アーチファクトを低減した空間コンパウンド画像を生成することが可能となる。

30

40

【0053】

なお、3つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、フレーム画像の合成を行うため、1フレームの受信データを取得する毎にフレーム画像を合成する図12に示した従来例に比べると、空間コンパウンド画像の更新レートが $1/3$ となるが、空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像の受信データを取得する毎にフレーム画像を合成しようとする、画像更新レートが $1/5$ にまで低下してしまい、これに比べて操作性の低下を抑制しつつアーチファクトを低減することができる。

【0054】

この実施の形態2では、フレーム画像A、B、E、D、CおよびEに対応する受信デー

50

タを6フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、3つのフレーム画像E、DおよびCの受信データあるいは3つのフレーム画像E、AおよびBの受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された5フレーム分の受信データに基づいて順次生成された5つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成したが、これに限るものではない。

空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第5番目のフレームF5にそれぞれフレーム画像DとEが割り当てられてステア角度の最大角度差 $2 \cdot b$ が形成されるような組み合わせでなければよい。

#### 【0055】

例えば、フレーム画像A、C、D、E、BおよびDの受信データを6フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、3つのフレーム画像D、EおよびBの受信データあるいは3つのフレーム画像D、AおよびCの受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された5フレーム分の受信データに基づいて生成された5つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成することもできる。この場合、空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第5番目のフレームF5の組み合わせは、ステア角度0度のフレーム画像Aとステア角度 $-a$ のフレーム画像B、あるいは、ステア角度 $+b$ のフレーム画像Eとステア角度 $+a$ のフレーム画像Cとなり、これらのフレームF1とフレームF5との間のステア角度の角度差 $\theta_1$ は、「 $a$ 」または「 $b - a$ 」となって、常に、5種類のステア角度間の最大角度差 $2 \cdot b$ よりも小さくなるので、アーチファクトを低減することができる。

#### 【0056】

なお、6フレームのデータ取得周期の第3番目に受信データを取得するフレーム画像および第6番目に受信データを取得するフレーム画像として、最大のステア角度を有するフレーム画像、この場合には、ステア角度 $-b$ のフレーム画像Dおよびステア角度 $+b$ のフレーム画像Eのいずれかを割り当てることが効果的である。このようにすれば、1つのデータ取得周期において第1番目～第5番目に受信データを取得した5つのフレーム画像を空間コンパウンド画像の生成に用いるときも、1つのデータ取得周期の第4番目～第6番目および次のデータ取得周期の第1番目～第2番目に受信データを取得した5つのフレーム画像を空間コンパウンド画像の生成に用いるときも、データ取得周期の第3番目および第6番目に受信データを取得した最大のステア角度を有するフレーム画像が、空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第5番目のフレームF5のいずれにも割り当てられることがなく、これらのフレームF1およびF5の間のステア角度の角度差 $\theta_1$ を、5種類のフレーム画像A～Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot b$ より小さくすることが容易となる。

#### 【0057】

また、空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第5番目のフレームF5の間のステア角度の角度差 $\theta_1$ を、5種類のフレーム画像A～Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最小の角度差とすることにより、アーチファクトの低減効果を最大にすることができる。

この実施の形態2では、図7に示したように、空間コンパウンド画像を生成するために合成される5つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第5番目のフレームF5の間のステア角度の角度差 $\theta_1$ が、5種類のフレーム画像A～Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最小角度差「 $b - a$ 」、または、最小角度差に準ずる「 $a$ 」となっており、効果的にアーチファクトの低減がなされている。

#### 【0058】

10

20

30

40

50

上記の実施の形態 2 においては、5 つのフレーム画像を合成した空間コンパウンド画像を生成するために、第 1 番目～第 5 番目のフレーム画像の受信データの取得に続いて、第 3 番目のフレーム画像と同じステア角度の受信データを取得して新たな第 6 番目のフレーム画像を形成し、3 つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された 5 フレーム分の受信データに基づいて順次生成された 5 つのフレーム画像の合成を行ったが、これに限るものではない。

【0059】

図 8 に示されるように、フレーム画像 A、B、D、C および E に対応する受信データを 5 フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、1 つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された 5 フレーム分の受信データに基づいて生成された 5 つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成することもできる。

ただし、空間コンパウンド画像の生成に用いられる 5 つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第 1 番目のフレーム F 1 と第 5 番目のフレーム F 5 との間のステア角度の角度差  $\theta_1$  が、常に、5 種類のフレーム画像 A～E のうちの 2 つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差  $2 \cdot b$  より小さくなるように、それぞれのデータ取得周期における 5 種類のステア角度のフレーム画像の順序を設定する必要がある。

【0060】

このためには、5 種類のフレーム画像 A～E のうち最大のステア角度を有する 2 つのフレーム画像 D および E が、5 フレームのデータ取得周期における第 1 番目と第 5 番目のフレーム画像としてそれぞれ割り当てられないように、あるいは、データ取得周期内で連続するフレーム画像として割り当てられないようにすればよい。このようにすれば、1 つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに生成された 5 つのフレーム画像を合成しても、常に、空間コンパウンド画像の生成に用いられる 5 つのフレーム画像のうち、第 1 番目のフレーム F 1 および第 5 番目のフレーム F 5 の双方に最大のステア角度を有するフレーム画像 D および E が割り当てられることがなく、アーチファクトの低減を図ることができる。

【0061】

また、1 つのフレーム画像の受信データを取得する毎ではなく、フレーム画像 A、B、D、C および E に対応する受信データを 5 フレームのデータ取得周期で繰り返し取得しながら、2 つ以上で且つ 4 つ以下のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された 5 フレーム分の受信データに基づいて生成された 5 つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成してもよい。ただし、図 8 に示したように、1 つのフレーム画像の受信データを取得する毎に 5 つのフレーム画像の合成を行う方が、空間コンパウンド画像の更新レートが向上し、超音波診断装置としての操作性が高まるため、好ましい。

【0062】

なお、フレーム画像 D および E のステア角度の絶対値  $b$  がフレーム画像 B および C のステア角度の絶対値  $a$  より大きく、角度「 $b - a$ 」が角度  $a$  より小さいものとしたが、これに限るものではない。空間コンパウンド画像の生成に用いられる 5 つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第 1 番目のフレーム F 1 と第 5 番目のフレーム F 5 との間のステア角度の角度差  $\theta_1$  が 5 種類のフレーム画像 A～E のうちの 2 つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差より小さくなればよく、例えば、角度「 $b - a$ 」が角度  $a$  より大きくなるように設定することもできる。

【0063】

また、上記の実施の形態 2 では、ステア角度 0 度のフレーム画像 A とステア角度  $-a$  のフレーム画像 B とステア角度  $+a$  のフレーム画像 C とステア角度  $-b$  のフレーム画像 D とステア角度  $+b$  のフレーム画像 E を含む、5 種類のステア角度に対応するフレーム画像を生成したが、これに限るものではなく、互いに異なる任意のステア角度を有する 5 種類のフレーム画像を生成して空間コンパウンド画像を生成することもできる。

10

20

30

40

50

このとき、6フレームのデータ取得周期の第3番目に受信データを取得するフレーム画像および第6番目に受信データを取得するフレーム画像として、5種類のフレーム画像のうち、最大のステア角度を有するフレーム画像を割り当てることで、空間コンパウンド画像の生成に用いられる5つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第5番目のフレームF5の間のステア角度の角度差を、5種類のフレーム画像のうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差よりも小さくすることができる。

#### 【0064】

##### 実施の形態3

上記の実施の形態1および2では、それぞれ奇数個のフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成したが、実施の形態3に係る超音波診断装置は、4つのフレーム画像を互いに合成することにより、空間コンパウンド画像を生成するようにしたものである。この実施の形態3に係る超音波診断装置の構成は、図1に示した実施の形態1の超音波診断装置と同様である。

#### 【0065】

この実施の形態3においては、実施の形態2に関連して図5に示した5種類のステア角度に対応するフレーム画像A~Eからステア角度0度のフレーム画像Aを除いた4種類のステア角度に対応するフレーム画像B~Eがそれぞれ生成される。

図5からわかるように、フレーム画像Dとフレーム画像Eとの間に、4種類のフレーム画像A~Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot b$ が形成され、フレーム画像Bとフレーム画像Dとの間およびフレーム画像Cとフレーム画像Eとの間に、それぞれステア角度の最小角度差「 $b - a$ 」が形成される。

#### 【0066】

そして、図9に示されるように、ステア角度 $-a$ の第2番目のフレーム画像Bに対応する受信データと、ステア角度 $+b$ の第3番目のフレーム画像Eに対応する受信データと、ステア角度 $+a$ の第5番目のフレーム画像Cに対応する受信データと、ステア角度 $-b$ の第4番目のフレーム画像Dに対応する受信データを順次繰り返して取得するように、送受信制御部7が送信部2および受信部3の動作を制御する。すなわち、フレーム画像B、E、CおよびDに対応する受信データが4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得される。

#### 【0067】

さらに、2個のフレーム画像CおよびDの受信データあるいは2個のフレーム画像BおよびEの受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された4フレーム分の受信データに基づいて更新画像生成部4の信号処理部21で順次生成された4つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成するように、装置制御部8が画像合成部22の動作を制御する。

#### 【0068】

例えば、4つのフレーム画像の受信データを順次取得する1つのデータ取得周期において第4番目のフレーム画像の受信データを取得すると、この受信データに基づいて生成されたフレーム画像Dに直前の3つのフレーム画像B、EおよびCを併せた4つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成し、その後、次のデータ取得周期における第1番目のフレーム画像に対応する受信データを取得したときには画像の合成を行わず、続く第2番目のフレーム画像の受信データを取得したときに、この受信データに基づいて生成されたフレーム画像Eに直前の4つのフレーム画像、すなわち、直前のデータ取得周期における第3番目のフレーム画像Cと第4番目のフレーム画像Dと続くデータ取得周期における第1番目のフレーム画像Bを併せた4つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成する。

#### 【0069】

このようにして、2個のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された4フレーム分の受信データに基づく4つのフレーム画像を互いに合成して空間コ

10

20

30

40

50

ンパウンド画像を生成することにより、空間コンパウンド画像の生成に用いられる4つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第4番目のフレームF4には、フレーム画像BとD、あるいは、フレーム画像CとEがそれぞれ割り当てられる。

【0070】

すなわち、図10に示されるように、空間コンパウンド画像を生成するために互いに合成される4つのフレーム画像のうち、最も早い時刻 $t_1$ に取得される第1番目のフレームF1と最も遅い時刻 $t_4$ に取得される第4番目のフレームF4の組み合わせは、ステア角度 $-a$ のフレーム画像Bとステア角度 $-b$ のフレーム画像D、あるいは、ステア角度 $+a$ のフレーム画像Cとステア角度 $+b$ のフレーム画像Eとなり、フレームF1とフレームF4の間のステア角度の角度差は、常に、4種類のフレーム画像B~Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最小の角度差「 $b - a$ 」となり、最大の角度差 $2 \cdot b$ よりも小さな値となる。

10

【0071】

このため、アレイトランスデューサ1を被検体の体表に沿って移動させながら、4つずつフレーム画像を合成して空間コンパウンドを実行しても、空間コンパウンド画像の生成に用いられる4つのフレーム画像のうち、アレイトランスデューサ1の移動距離が最も大きくなる第1番目のフレームF1と第4番目のフレームF4との間のステア角度の角度差が最大値 $2 \cdot b$ になる状態は発生することがなく、アーチファクトの低減を図ることが可能となる。

20

【0072】

このように、2個のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された4フレーム分の受信データに基づく4つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成しても、空間コンパウンド画像の生成に用いられる4つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1と第4番目のフレームF4との間のステア角度の角度差は、4種類のフレーム画像B~Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot b$ より小さくなるため、フレームレートを速くしなくても、アーチファクトを低減した空間コンパウンド画像を生成することが可能となる。

30

【0073】

この実施の形態3では、フレーム画像B、E、CおよびDに対応する受信データを4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、2個のフレーム画像CおよびDの受信データあるいは2個のフレーム画像BおよびEの受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された4フレーム分の受信データに基づいて順次生成された4つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成したが、これに限るものではない。

空間コンパウンド画像の生成に用いられる4つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第4番目のフレームF4にそれぞれフレーム画像DとEが割り当てられてステア角度の最大角度差 $2 \cdot b$ が形成されるような組み合わせでなければよい。

40

【0074】

例えば、フレーム画像B、D、CおよびEの受信データを4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、2個のフレーム画像CおよびEの受信データあるいは2個のフレーム画像BおよびDの受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された4フレーム分の受信データに基づいて生成された4つのフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成することもできる。この場合、空間コンパウンド画像の生成に用いられる4つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1および第4番目のフレームF4の組み合わせは、ステア角度 $-a$ のフレーム画像Bとステア角度 $+b$ のフレーム画像E、あるいは、ステア角度 $+a$ のフレーム画像Cとステア角度 $-b$ のフレーム画像Dとなり、これらのフレームF1とフレームF4との間のステア角度の角度差は、「 $a + b$ 」となっており、常に、4種類のステア角度間の最大角度差 $2 \cdot b$

50

よりも小さくなるので、アーチファクトを低減することができる。

【0075】

ただし、図9に示したフレーム画像B、E、CおよびDの順番のデータ取得周期の方が、フレームF1とフレームF4との間のステア角度の角度差が、4種類のフレーム画像B～Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最小の角度差「 $b - a$ 」となるため、アーチファクトをより効果的に低減することが可能となる。

【0076】

上記の実施の形態3においては、4つのフレーム画像を合成した空間コンパウンド画像を生成するために、4つのフレーム画像の受信データを4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、2個のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された4フレーム分の受信データに基づいて順次生成された4つのフレーム画像の合成を行ったが、これに限るものではない。

【0077】

図11に示されるように、フレーム画像B、E、CおよびDに対応する受信データを4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得し、1つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された4フレーム分の受信データに基づいて生成された4つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成することもできる。

ただし、空間コンパウンド画像の生成に用いられる4つのフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた第1番目のフレームF1と第4番目のフレームF4との間のステア角度の角度差が、常に、4種類のフレーム画像B～Eのうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差 $2 \cdot b$ より小さくなるように、それぞれのデータ取得周期における4種類のステア角度のフレーム画像の順序を設定する必要がある。

【0078】

このためには、4種類のフレーム画像B～Eのうち最大のステア角度を有する2つのフレーム画像DおよびEが、4フレームのデータ取得周期における第1番目と第4番目のフレーム画像としてそれぞれ割り当てられないように、あるいは、データ取得周期内で連続するフレーム画像として割り当てられないようにすればよい。このようにすれば、1つのフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに生成された4つのフレーム画像を合成しても、常に、空間コンパウンド画像の生成に用いられる4つのフレーム画像のうち、第1番目のフレームF1および第4番目のフレームF4の双方に最大のステア角度を有するフレーム画像DおよびEが割り当てられることがなく、アーチファクトの低減を図ることができる。

【0079】

また、1つのフレーム画像の受信データを取得する毎ではなく、フレーム画像B、E、CおよびDに対応する受信データを4フレームのデータ取得周期で繰り返し取得しながら、2つ以上で且つ3つ以下のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに順次取得された4フレーム分の受信データに基づいて生成された4つのフレーム画像を合成して空間コンパウンド画像を生成してもよい。ただし、図11に示したように、1つのフレーム画像の受信データを取得する毎に4つのフレーム画像の合成を行う方が、空間コンパウンド画像の更新レートが向上し、超音波診断装置としての操作性が高まるため、好ましい。

【0080】

上記の実施の形態3では、ステア角度 $-a$ のフレーム画像Bとステア角度 $+a$ のフレーム画像Cとステア角度 $-b$ のフレーム画像Dとステア角度 $+b$ のフレーム画像Eを含む、4種類のステア角度に対応するフレーム画像を生成したが、これに限るものではなく、互いに異なる任意のステア角度を有する4種類のフレーム画像を生成して空間コンパウンド画像を生成することもできる。

【0081】

なお、上記の実施の形態1では、3つのフレーム画像を互いに合成し、実施の形態2で

10

20

30

40

50

は、5つのフレーム画像を互いに合成し、実施の形態3では、4つのフレーム画像を互いに合成して、それぞれ空間コンパウンド画像を生成したが、7個以上の奇数n個のフレーム画像をそれぞれ合成して空間コンパウンド画像を生成する場合にも、同様にして、この発明を適用することができる。

【0082】

この場合、互いにステア角度が異なるn種類のフレーム画像の中の中央に序列されたk番目 ( $k = (n + 1) / 2$ ) の特定のフレーム画像と超音波ビームのステア角度が等しい新たなフレーム画像を、n + 1番目のフレーム画像としてn個のフレーム画像に加えたn + 1個のフレーム画像の受信データを順次繰り返して取得し、k個のフレーム画像の受信データを取得する毎に、それまでに受信データが順次取得された直前のn個分のフレーム画像を互いに合成して空間コンパウンド画像を生成することができる。このとき、k番目の特定のフレーム画像として、n種類のフレーム画像のうち、最大のステア角度を有するフレーム画像を用いることで、空間コンパウンド画像の生成に用いられるn個のフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた2つのフレーム間のステア角度の角度差を、n種類のフレーム画像のうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差よりも小さくすることができる。

10

【0083】

また、6個以上の偶数個のフレーム画像をそれぞれ合成して空間コンパウンド画像を生成する場合であっても、同様にして、この発明を適用し、空間コンパウンド画像の生成に用いられる偶数個のフレーム画像のうち、受信データの取得が時間的に最も離れた2つのフレーム間のステア角度の角度差を、偶数個のフレーム画像のうちの2つのフレーム画像間のステア角度の角度差の中での最大の角度差よりも小さくすることで、画質の低下および画像更新レートの低下を抑制しつつアーチファクトを低減することが可能となる。

20

【0084】

また、上記の実施の形態1～3では、更新画像生成部4の画像合成部22が、信号処理部21で生成された複数のフレームのBモード画像信号を互いに合成したが、これに限るものではなく、例えば、信号処理部21内で受信フォーカス処理が行われて生成された複数のフレームの音線信号を互いに合成し、合成された音線信号に基づいてBモード画像信号を形成することで空間コンパウンド画像を生成することもできる。

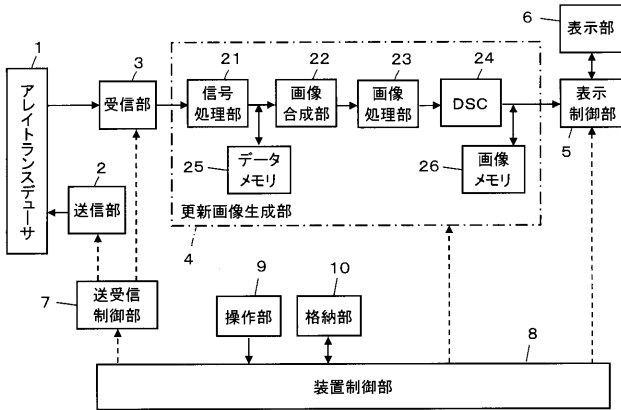
30

【符号の説明】

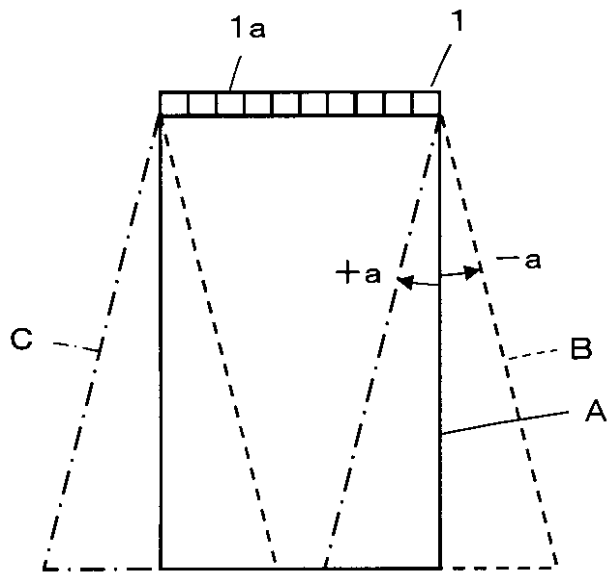
【0085】

1 アレイトランスデューサ、1a 超音波トランスデューサ、2 送信部、3 受信部、4 更新画像生成部、5 表示制御部、6 表示部、7 送受信制御部、8 装置制御部、9 操作部、10 格納部、21 信号処理部、22 画像合成部、23 画像処理部、24 DSC、25 データメモリ、26 画像メモリ、a, b ステア角度、A～E フレーム画像、F1～F5 フレーム。

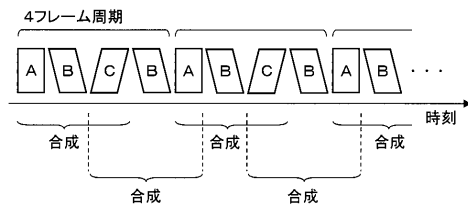
【図1】



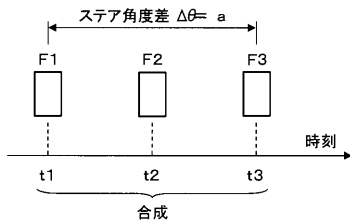
【図2】



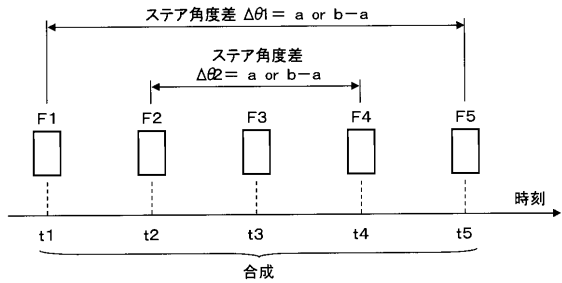
【図3】



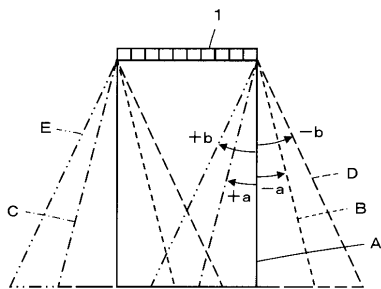
【図4】



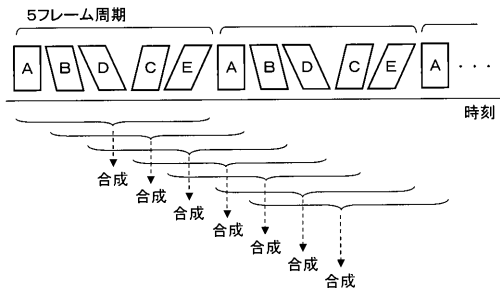
【図7】



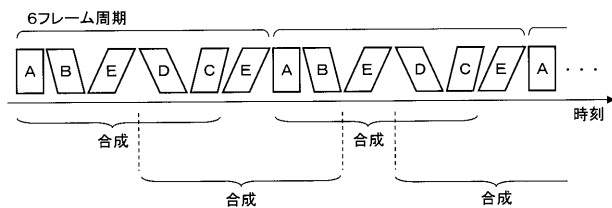
【図5】



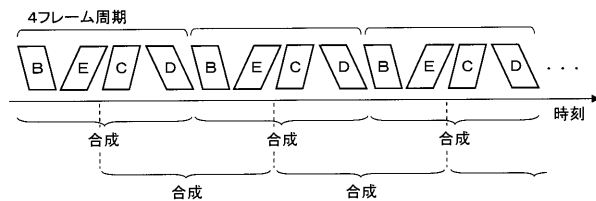
【図8】



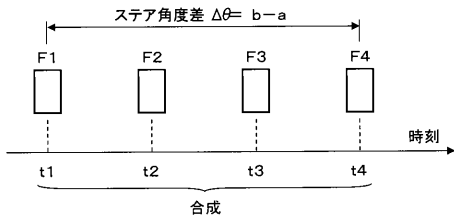
【図6】



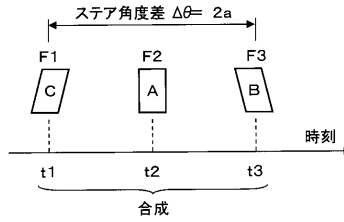
【図9】



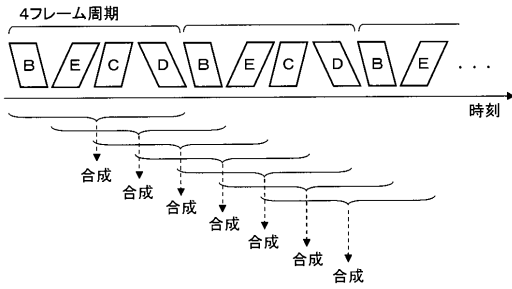
【図 10】



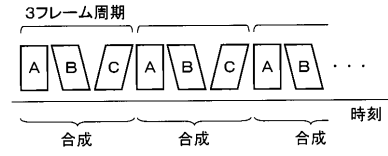
【図 13】



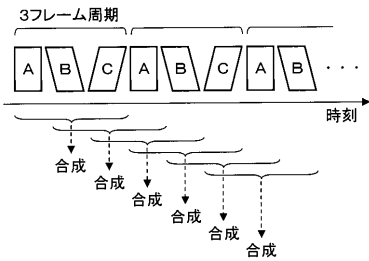
【図 11】



【図 14】



【図 12】



专利名称(译)	超声诊断设备和超声图像产生方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP2015134028A</a>	公开(公告)日	2015-07-27
申请号	JP2014006088	申请日	2014-01-16
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	野口雅史		
发明人	野口 雅史		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/145 A61B8/4494 A61B8/5253 A61B8/5269 A61B8/54 G01S15/8915 G01S15/8995		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14.ZDM		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/HH14 4C601/HH16 4C601/JC04 4C601/JC21		
代理人(译)	伊藤英明		
其他公开文献	JP5919311B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种能够产生伪影减少的空间复合图像的超声诊断设备。 解决方案：在用于生成空间复合图像的三帧图像中，就及时获取接收数据而言最远的两个帧之间的转向角差异是三个不同的转向角。 将帧图像A，B，C和B的接收数据设置为4帧数据获取周期，以使其变得小于帧图像A至C的两个帧图像之间的转向角差的最大值。 每次获取两个帧图像C和B的接收数据或两个帧图像C和A的接收数据时，都会根据到该点为止获取的三个帧的接收数据顺序生成。 通过将三个生成的帧图像彼此合成来生成空间复合图像。 [选择图]图3

(21) 出願番号	特願2014-6088 (P2014-6088)	(71) 出願人	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成26年1月16日 (2014.1.16)	(74) 代理人	100080159 弁理士 渡辺 望悠
		(74) 代理人	100090217 弁理士 三和 晴子
		(74) 代理人	100152984 弁理士 伊藤 秀明
		(74) 代理人	100148080 弁理士 三橋 史生
		(72) 発明者	野口 雅史 神奈川県足柄上郡開成町官台798番地 富士フイルム株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 EE04 HH14 HH16 JC04 JC21