

(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2019-130050
(P2019-130050A)

(43) 公開日 令和1年8月8日(2019.8.8)

(51) Int.Cl.
A61B 8/06 (2006.01)

F I
A61B 8/06

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2018-15216 (P2018-15216)
(22) 出願日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(74) 代理人 110001900
特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
(72) 発明者 進 泰彰
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
Fターム(参考) 4C601 DE04 EE09 HH14 HH31 JB24
JB26 JB30 JB41 KK02 KK18
KK24

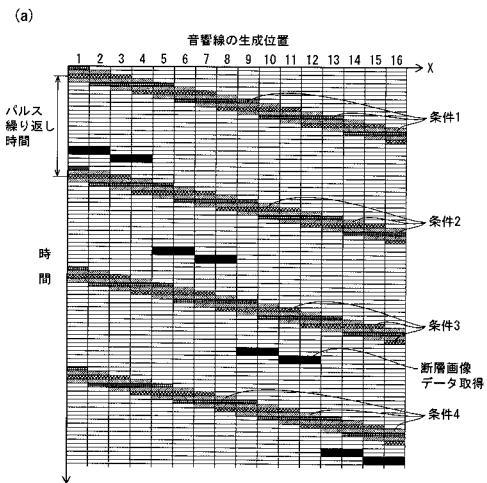
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置、超音波信号処理方法、および、超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】対象領域内のカラードプラ画像の品質のバラつきを防ぎ、対象領域全体のカラードプラ画像の品質を向上させる。

【解決手段】超音波プローブに列設された複数の振動子を駆動して被検体に対する超音波送受信を実行してカラーフローマッピング法による速度解析を行う超音波信号処理装置であって、2以上の送信条件を所定の順序で選択して選択した送信条件で規定された超音波を被検体内に送信する処理を、所定の時間間隔で繰り返し実行する送信部と、前記送信部による超音波の送信に同期して、前記振動子が受波した反射超音波に基づいて音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部と、前記音響線信号を直交検波して複素音響線信号を生成する直交検波部と、同一の送信条件に対応する複数の複素音響線信号をパケットとしてグループ化する処理を送信条件ごとに行い、パケット単位の解析を行って被検体内の速度情報を生成する速度算出部とを備える。

【選択図】図5



(b)

	周波数	送信角度	焦点深度	波数
条件1	5.0MHz	-15°	10mm	1.0
条件2	5.5MHz	-5°	20mm	1.5
条件3	6.0MHz	5°	30mm	2.0
条件4	6.5MHz	15°	40mm	2.5

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波プローブに列設された複数の振動子を駆動して被検体に対する超音波送受信を実行してカラーフローマッピング法による速度解析を行う超音波信号処理装置であって、

2以上の送信条件を所定の順序で選択して選択した送信条件で規定された超音波を被検体内に送信する処理を、所定の時間間隔で繰り返し実行する送信部と、

前記送信部による超音波の送信に同期して、前記振動子が受波した反射超音波に基づいて音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部と、

前記音響線信号を直交検波して複素音響線信号を生成する直交検波部と、

同一の送信条件に対応する複数の複素音響線信号をパケットとしてグループ化する処理を送信条件ごとに行い、パケット単位の解析を行って被検体内の速度情報を生成する速度算出部と

を備えることを特徴とする超音波信号処理装置。

【請求項 2】

前記速度情報は、被検体内の各観測点における、速度情報、パワー情報、分散情報のうち1つ以上を含む

請求項1に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 3】

送信条件のうちの1つは、他の送信条件に対し、超音波の周波数、振動子列に対する超音波の進行方向、超音波が集束する送信焦点の深さ、超音波の波数、のうち少なくとも1つが異なる

請求項1または2に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 4】

送信条件のうちの1つは、他の送信条件に対し、超音波の周波数、振動子列に対する超音波の進行方向、超音波が集束する送信焦点の深さ、超音波の波数、のうち少なくとも2つが異なる

請求項3に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 5】

前記受信ビームフォーマ部は、前記送信部による超音波の送信に同期して、2以上の直線状の領域に対して音響線信号を生成する

請求項1から4のいずれか1項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 6】

前記送信部は、超音波の送信を所定の回数行うごとに、超音波の送信に用いる送信振動子列を振動子の並ぶ方向に所定距離だけ移動させ、

前記受信ビームフォーマ部は、前記送信振動子列の位置に同期して、音響線信号を生成する対象となる被検体内の領域を、振動子の並ぶ方向に前記所定距離だけ移動させる

請求項1から5のいずれか1項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 7】

前記所定距離は、振動子の並ぶ方向における音響線信号を生成する対象となる被検体内の領域の幅以下である

請求項6に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 8】

前記所定距離は、振動子の並ぶ方向における音響線信号を生成する対象となる被検体内の領域の幅に対し、前記所定の回数を積算して送信条件の数で除した値以下である

請求項7に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 9】

前記速度算出部は、パケットごとに解析を行って生成した被検体内の速度情報を部分速度情報として算出し、複数の前記部分速度情報を合成して被検体内の速度情報を生成することを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記速度算出部は、複数の前記部分速度情報を重みづけ加算することで被検体内の速度情報を合成する

ことを特徴とする請求項 8 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 1 1】

送信条件のうちの 1 つは、他の送信条件に対し、振動子列に対する超音波の進行方向が異なり、

前記速度算出部は、被検体内の各観測点について、送信条件ごとに算出した被検体内の速度情報を前記超音波の進行方向と同じ向きのベクトルとし、前記ベクトルを合成して当該観測点の速度情報とする

ことを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の超音波信号処理装置。

10

【請求項 1 2】

前記超音波プローブが接続可能に構成された、

請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置を備えた超音波診断装置

【請求項 1 3】

超音波プローブに列設された複数の振動子を駆動して被検体に対する超音波送受信を実行してカラーフローマッピング法による速度解析を行う超音波信号処理方法であって、

2 以上の送信条件を所定の順序で選択して選択した送信条件で規定された超音波を被検体内に送信する処理を、所定の時間間隔で繰り返し実行し、

前記超音波を送信する処理に同期して、前記振動子が受波した反射超音波に基づいて音響線信号を生成し、

20

前記音響線信号を直交検波して複素音響線信号を生成し、

同一の送信条件に対応する複数の複素音響線信号をパケットとしてグループ化する処理を送信条件ごとに行い、パケット単位の解析を行って被検体内の速度情報を生成する

ことを特徴とする超音波信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超音波信号処理装置、超音波信号処理方法、および、それを備えた超音波診断装置に関し、特に、カラーフローマッピング法を用いる超音波信号処理装置における超音波の送受信方法、及び、カラーフローマッピング演算処理に関する。

30

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、超音波プローブ（以後、「プローブ」とする）により被検体内部に超音波を送信し、被検体組織の音響インピーダンスの差異により生じる超音波反射波（エコー）を受信する。さらに、この受信から得た電気信号に基づいて、被検体の内部組織の構造を示す画像を生成し、モニタ（以後、「表示部」とする）上に表示するものである。超音波診断装置は、被検体への侵襲が少なく、リアルタイムに体内組織の状態を断層画像などで観察できるため、生体の形態診断に広く用いられている。

【0003】

40

近年、多くの超音波診断装置には、カラーフローマッピング（CFM；Color Flow Mapping）法が具備されている。CFM法では、血流等の体内組織の動きによるエコーに発生するドブラシフト（周波数偏移）を検出し、速度情報を二次元画像として、二次元断層画像（Bモード断層画像）に重畳表示を行う。ドブラシフトの検出を行うためには、被検体内の同一の位置に繰り返し超音波を送受信する必要がある。以下、超音波が同一の位置に送受信される時間間隔を「パルス繰り返し時間」と表記する。

【0004】

近年、微細な血管等、低速の動きに対する検出精度の向上が望まれており、パルス繰り返し時間が大きくなる傾向にある。そのため、被検体内の同一の位置に連続して超音波を送信するのではなく、被検体内の対象領域全体に対する超音波走査を等間隔で行うシーケ

50

ンスが用いられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第6104749号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

C F M法において、得られる速度情報の精度は超音波の周波数や送信方向などの送信条件に依存するため、C F M法の精度向上には送信条件の最適化が望まれる。一方で、最適な送信条件は事前に知ることが困難であり、また、対象領域内で最適な送信条件が一定とは限らない、という課題がある。

10

【0007】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、対象領域内のカラードブラ画像の品質のバラつきを防ぎ、対象領域全体のカラードブラ画像の品質を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様に係る超音波信号処理装置は、超音波プローブに列設された複数の振動子を駆動して被検体に対する超音波送受信を実行してカラーフローマッピング法による速度解析を行う超音波信号処理装置であって、2以上の送信条件を所定の順序で選択して選択した送信条件で規定された超音波を被検体内に送信する処理を、所定の時間間隔で繰り返し実行する送信部と、前記送信部による超音波の送信に同期して、前記振動子が受波した反射超音波に基づいて音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部と、前記音響線信号を直交検波して複素音響線信号を生成する直交検波部と、同一の送信条件に対応する複数の複素音響線信号をパケットとしてグループ化する処理を送信条件ごとに行い、パケット単位の解析を行って被検体内の速度情報を生成する速度算出部とを備えることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0009】

本発明の一態様に係る超音波信号処理装置、超音波信号処理方法、及び、それを用いた超音波診断装置によれば、複数の送信条件を用いて、送信条件ごとに解析を行った速度情報に基づいて速度情報を生成することができる。したがって、観測点の位置によって最適な送信条件が異なることに起因する速度情報の精度のバラつきを抑え、対象領域全体のカラードブラ画像の品質を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態に係る超音波診断システム1000の機能ブロック図である。

【図2】実施の形態に係る受信ビームフォーマ部104の構成を示す機能ブロック図である。

40

【図3】(a)は実施の形態に係る送信ビームフォーマ部103による超音波送信波の伝播経路を示す模式図であり、(b)は受信ビームフォーマ部104による音響線対象領域Bxを示す模式図である。

【図4】実施の形態に係る、C F M処理部105、断層画像処理部106、画像生成部107の構成を示す機能ブロック図である。

【図5】(a)は実施の形態に係る、送受信イベントの実行時刻と超音波の送受信領域との関係を示すタイムチャートであり、(b)は送信条件の一例である。

【図6】実施の形態に係る、速度合成部1055の速度合成を示す概略図である。

【図7】実施の形態に係る超音波診断装置100の動作を示すフローチャートである。

【図8】実施の形態に係る、C F M処理部105におけるC F M処理を示すフローチャー

50

トである。

【図 9】変形例 1 に係る、送受信イベントの実行時刻と超音波の送受信領域との関係を示すタイムチャートの一例である。

【図 10】変形例 1 に係る、送受信イベントの実行時刻と超音波の送受信領域との関係を示すタイムチャートの一例である。

【図 11】変形例 2 に係る、速度合成部 1055 の速度合成を示す概略図である。

【図 12】従来の送受信イベントの実行時刻と超音波の送受信領域との関係を示すタイムチャートの一例である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

発明を実施するための形態に至った経緯

発明者は、カラードブラ画像を生成する超音波診断装置において、フレームレートを低下させずに対象領域全体の速度の検出精度を向上させるために各種の検討を行った。

【0012】

C F M法を行う超音波診断装置において、従来、例えば、図 12 に示すような、送受信イベントの実行時刻と超音波の送受信領域との関係を示すタイムチャートによる動作が行われている。図 12 の横軸（X 軸）は、送信フォーカス点 F の素子列方向（x 方向）の位置および音響線の生成位置を示す。なお、図 12 では、便宜上、振動子の数を 16 としている。

【0013】

図 12 に示すように、従来の超音波診断装置では、例えば、超音波送信に同期してその送信フォーカス点を通る直線状の領域に対して音響線信号の生成を行い、超音波の送受信を行うたびに送信フォーカス点と音響線信号の生成位置とを振動子 1 つ分だけ移動する、という動作を行う。これにより、対象領域内の 1 つの観測点においては、超音波の送受信の間隔であるパルス繰り返し時間を大きくとることができる。一方で、送信条件が異なっている音響線信号を混在させてドブラシフトの検出を行おうとすると速度の検出精度が低下するため、一連の超音波送受信の途上で送信条件を変更することができない。したがって、送信条件の最適化を行うためには、第 1 の送信条件による C F M法と第 2 の送信条件による C F M法とを相互に干渉しないように行う必要がある。しかしながら、第 1 の送信条件による C F M法と第 2 の送信条件による C F M法とを別々に行うと、それぞれで所要時間が発生するため、フレームレートが送信条件の数に反比例して低下する。そのため、従来、例えば、特許文献 1 に開示されているように、音響線信号の生成時に空間コンパウンドを行うことで、音響線信号の S / N 比を向上させる技術は存在している。しかしながら、この技術は、C F M法は 1 種類のみ行うものであり、第 1 の送信条件による C F M法と第 2 の送信条件による C F M法とを別々に行うものではない。

【0014】

そこで、発明者は、上記課題に鑑み、所要時間の殆どを共有しながら、第 1 の送信条件による C F M法と第 2 の送信条件による C F M法とを相互に干渉しないよう行うことに着目し、実施の形態に係る超音波信号処理方法及びそれを用いた超音波診断装置に想到するに至ったものである。

【0015】

以下、実施の形態に係る超音波画像処理方法及びそれを用いた超音波診断装置について図面を用いて詳細に説明する。

【0016】

実施の形態

<全体構成>

以下、実施の形態に係る超音波診断装置 100 について、図面を参照しながら説明する。

【0017】

図 1 は、実施の形態に係る超音波診断システム 1000 の機能ブロック図である。図 1

10

20

30

40

50

に示すように、超音波診断システム1000は、被検体に向けて超音波を送信しその反射波を受信する複数の振動子101aを有するプローブ101、プローブ101に超音波の送受信を行わせプローブ101からの出力信号に基づき超音波画像を生成する超音波診断装置100、超音波画像を画面上に表示する表示部108を有する。プローブ101、表示部108は、それぞれ、超音波診断装置100に各々接続可能に構成されている。図1は超音波診断装置100に、プローブ101、表示部108が接続された状態を示している。なお、プローブ101と、表示部108とは、超音波診断装置100の内部にあってもよい。

【0018】

< 超音波診断装置100の構成 >

超音波診断装置100は、プローブ101の複数ある振動子101aのうち、送信又は受信の際に用いる振動子を各々に選択し、選択された振動子に対する入出力を確保するマルチプレクサ部102、超音波の送信を行うためにプローブ101の各振動子101aに対する高電圧印加のタイミングを制御する送信ビームフォーマ部103と、プローブ101で受信した超音波の反射波に基づき、複数の振動子101aで得られた電気信号を増幅し、A/D変換し、受信ビームフォーミングして音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部104を有する。また、受信ビームフォーマ部104からの出力信号を周波数解析しカラーフロー情報を生成するCFM処理部105、受信ビームフォーマ部104からの出力信号に基づいて断層画像(Bモード画像)に対応するフレーム音響線信号を生成する断層画像処理部106、フレーム音響線信号をBモード断層画像に変換しカラーフロー情報を重畳してカラードプラ画像を生成、表示部108に表示させる画像生成部107、受信ビームフォーマ部104が出力する音響線信号、CFM処理部105が出力するフレームCFM信号、及び断層画像処理部106が出力するフレーム音響線信号を保存するデータ格納部109と、各構成要素を制御する制御部110を備える。

【0019】

このうち、マルチプレクサ部102、送信ビームフォーマ部103、受信ビームフォーマ部104、CFM処理部105、断層画像処理部106、画像生成部107は、超音波信号処理装置150を構成する。

【0020】

超音波診断装置100を構成する各要素、例えば、マルチプレクサ部102、送信ビームフォーマ部103、受信ビームフォーマ部104、CFM処理部105、断層画像処理部106、画像生成部107、制御部110は、それぞれ、例えば、FPGA(Field Programmable Gate Array)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)などのハードウェア回路により実現される。

【0021】

データ格納部109は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であり、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、MO、DVD、DVD-RAM、BD、半導体メモリ等を用いることができる。また、データ格納部109は、超音波診断装置100に外部から接続された記憶装置であってもよい。

【0022】

なお、本実施の形態に係る超音波診断装置100は、図1で示した構成の超音波診断装置に限定されない。例えば、マルチプレクサ部102がなく、送信ビームフォーマ部103と受信ビームフォーマ部104とが直接、プローブ101の各振動子101aに接続されていてもよい。また、プローブ101に送信ビームフォーマ部103や受信ビームフォーマ部104、またその一部などが内蔵される構成であってもよい。これは、本実施の形態に係る超音波診断装置100に限られず、後に説明する他の実施の形態や変形例に係る超音波診断装置でも同様である。

【0023】

< 各構成要素の説明 >

10

20

30

40

50

1. 送信ビームフォーマ部 103

送信ビームフォーマ部 103 は、マルチプレクサ部 102 を介してプローブ 101 と接続され、プローブ 101 から超音波の送信を行うためにプローブ 101 に存する複数の振動子 101 a の全てもしくは一部に当たる送信振動子列からなる送信開口 Tx に含まれる複数の振動子の各々に対する高電圧印加のタイミングを制御する。送信ビームフォーマ部 103 は送信部 1031 から構成される。

【0024】

送信部 1031 は、制御部 110 からの送信制御信号に基づき、プローブ 101 に存する複数の振動子 101 a 中、送信開口 Tx に含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるためのパルス状の送信信号を供給する送信処理を行う。具体的には、送信部 1031 は、例えば、クロック発生回路、パルス発生回路、遅延回路を備えている。クロック発生回路は、超音波ビームの送信タイミングを決定するクロック信号を発生させる回路である。パルス発生回路は、各振動子を駆動するパルス信号を発生させるための回路である。遅延回路は、超音波ビームの送信タイミングを振動子毎に遅延時間を設定し、遅延時間だけ超音波ビームの送信を遅延させて超音波ビームのフォーカスを行うための回路である。

10

【0025】

送信部 1031 は、1 回の超音波送信ごとに送信開口 Tx を列方向に、所定の移動ピッチ Mp だけ移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ 101 に存する全ての振動子 101 a から超音波送信を行う。このとき、送信部 1031 は、超音波送信ごとに送信条件を巡回的に変更する。送信条件とは、例えば、送信する超音波の周波数、超音波の送信方向、フォーカス点の深さ、超音波の波数などのパラメータで規定される条件であり、複数の送信条件は、少なくとも上述のパラメータの 1 つが相互に異なる。送信部 1031 は、例えば、送信条件が第 1 送信条件～第 4 送信条件の 4 種類を用いて、第 1 送信条件による送信後、移動ピッチ Mp だけ送信開口 Tx を列方向に移動させて第 2 送信条件による送信を行い、さらに移動ピッチ Mp だけ送信開口 Tx を列方向に移動させて第 3 送信条件による送信を行い、移動ピッチ Mp だけ送信開口 Tx を列方向に移動させて第 4 送信条件による送信を行う。そして、プローブ 101 に存する全ての振動子 101 a から超音波送信を行っていないければ、さらに移動ピッチ Mp だけ送信開口 Tx を列方向に移動させて第 1 送信条件の送信を行う。以後、送信開口 Tx が振動子 101 a の列の端に到達するまで、送信条件を第 1、第 2、第 3、第 4、第 1、第 2、第 3... の順に変更しながら、移動ピッチ Mp だけ送信開口 Tx を列方向に移動させて送信を行う。移動ピッチ Mp は、後述する音響線対象領域 Bx の列方向の幅を送信条件の数で除した値以上であることが好ましく、実施の形態では、振動子の列方向の幅と同一である。

20

30

【0026】

送信開口 Tx に含まれる振動子の位置を示す情報は制御部 110 を介してデータ格納部 109 に出力される。例えば、プローブ 101 に存する振動子 101 a 全数を 192 としたとき、送信開口 Tx を構成する振動子列の数として、例えば 20～100 を選択してもよく、超音波送信毎に移動ピッチ Mp だけ移動させる構成としてもよい。以後、送信部 1031 により送信開口 Tx が振動子列 101 a の一端から他端まで移動するまでの一連の超音波送信を「送受信シーケンス」と総称し、送受信シーケンスを構成する個々の超音波送信をそれぞれ「送受信イベント」と称呼する。

40

【0027】

図 3 (a) は、送信ビームフォーマ部 103 による超音波送信波の伝播経路を示す模式図である。ある送受信イベントにおいて、超音波送信に寄与するアレイ状に配列された振動子 101 a の列（送信振動子列）を送信開口 Tx として図示している。また、送信開口 Tx の列長を送信開口長と呼ぶ。また、超音波の送信方向は、送信開口 Tx の中心とフォーカス点 F とを結ぶ直線と、送信開口 Tx の中心における振動子列 101 a の法線方向とをなす角 θ で示す。なお、 θ の符号は送信方向が振動子列方向（x 方向）の正の方向と負の方向のどちらに傾いているかを指し、深くなるほど x の正の方向に進む（図面中で右下方向に進行する）場合を正、深くなるほど x の負の方向に進む（図面中で左下方向に進行

50

する)場合を負、とする。

【0028】

送信ビームフォーマ部103において、送信開口Txの中心に位置する振動子ほど送信タイミングを遅らせるように各振動子の送信タイミングを制御する。これにより、送信開口Tx内の振動子列から送信された超音波送信波は、被検体のある深度(Focal depth)において、波面がある一点、すなわち送信フォーカス点F(Focal point)で、フォーカスが合う(集束する)状態となる。送信フォーカス点Fの深さ(Focal depth)(以下、「送信フォーカス深さ」とする)は、任意に設定することができる。送信フォーカス点Fで合焦した波面は、再び拡散し、送信開口Txを底とし送信フォーカス点Fを節とする交差する2つの直線で区切られた砂時計型の空間内を超音波送信波が伝播する。すなわち、送信開口Txで放射された超音波は、次第にその空間上での幅(図中の横軸方向)を小さくし、送信フォーカス点Fでその幅を最小化し、それよりも深部(図中では上部)に進行するにしたがって、再び、その幅を大きくしながら拡散し、伝播することとなる。言い換えれば、砂時計型の領域は、フォーカス深さより遠い深さほど、その幅が大きくなる。この砂時計型の領域が超音波主照射領域Axである。

10

【0029】

2. 受信ビームフォーマ部104の構成

受信ビームフォーマ部104は、プローブ101で受波した超音波の反射波に基づき、複数の振動子101aで得られた電気信号からサブフレーム音響線信号を生成する。なお、「音響線信号」とは、ある観測点に対する、整相加算処理がされた後の信号である。整相加算処理については後述する。図2は、受信ビームフォーマ部104の構成を示す機能ブロック図である。図2に示すように、受信ビームフォーマ部104は、受信部1040、整相加算部1041を備える。

20

【0030】

以下、受信ビームフォーマ部104を構成する各部の構成について説明する。

【0031】

(1) 受信部1040

受信部1040は、マルチプレクサ部102を介してプローブ101と接続され、送受信イベントに同期してプローブ101での超音波反射波の受波から得た電気信号を増幅した後AD変換した受信信号(RF信号)を生成する回路である。送受信イベントの順に時系列に受信信号を生成しデータ格納部109に出力し、データ格納部109に受信信号を保存する。

30

【0032】

ここで、受信信号(RF信号)とは、各振動子にて受波された反射超音波から変換された電気信号を増幅してA/D変換したデジタル信号であり、各振動子にて受波された超音波の送信方向(被検体の深さ方向)に連なった信号の列を形成している。

【0033】

送受信イベントでは、上述のとおり、送信部1031は、プローブ101に存する複数の振動子101a中、送信開口Txに含まれる複数の振動子の各々に超音波ビームを送信させる。これに対し、受信部1040は、送受信イベントに同期してプローブ101に存する複数の振動子101aの一部又は全部にあたる振動子の各々が得た反射超音波に基づいて、各振動子に対する受波信号の列を生成する。ここで、反射超音波を受波する振動子を「受波振動子」と称呼する。受波振動子の数は、送信開口Txに含まれる振動子の数よりも多いことが好ましい。また、受波振動子の数はプローブ101に存する振動子101aの全数としてもよい。

40

【0034】

受信部1040は、送受信イベントに同期して各受波振動子に対する受信信号の列を生成し、生成された受信信号はデータ格納部109に保存される。

【0035】

(2) 整相加算部1041

50

整相加算部 1041 は、送受信イベントに同期して、被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成を行う。具体的には、図 3 (a) に示すように、送信フォーカス点 F および送信開口 T x の位置に依存して、直線状の音響線部分領域 B 1 ~ B 4 からなる音響線対象領域 B x を設定する。音響線部分領域 B k (k は整数) の数は、送信条件の数、またはその整数倍であることが好ましい。本実施の形態では、送信開口 T x の中心に最近接する 2 つの振動子とその振動子に隣接する 2 つの振動子からなる 4 つの連続した振動子から、超音波の伝搬向きに延伸した領域である音響線部分領域 B 1 ~ B 4 を設定する。すなわち、音響線対象領域 B x の列方向の幅は振動子の幅の 4 倍である。

【 0036 】

次に、整相加算部 1041 は、音響線対象領域 B x 上に存在する複数の観測点 P i j のそれぞれについて、観測点から書く受信振動子が受信した受信信号列を整相加算する。具体的には、図 3 (b) に示すように、観測点 P i j に対して受信開口 R x を設定する。受信開口 R x は、受信開口 R x の中心が観測点 P i j に空間的に最近接する振動子 X k となるように選択される。または、受信開口 R x は、受信開口 R x の中心と送信開口 T x の中心とが一致するように設定してもよい。そして、整相加算部 1041 は、超音波が送信開口 T x から観測点 P i j に到達する送信時間と、反射超音波が観測点 P i j から受信開口 R x に含まれる各振動子 R k に到達する振動子 R k ごとの受信時間に基づいて、振動子 R k ごとの遅延時間を算出する。そして、遅延時間を用いて受信信号列から観測点 P i j に対応する信号を同定し、それらを加算することで P i j に対応する音響線信号を生成する。

10

20

【 0037 】

受信部 1040 は、送受信イベントに同期して音響線対象領域 B x に対応する音響線信号を生成し、生成された音響線信号はデータ格納部 109 に保存される。

【 0038 】

3 . C F M 処理部 105 の構成

C F M 処理部 105 は、複数の送受信イベントのそれぞれで得た複数の音響線信号に基づき、周波数解析を行って、C F M 信号を生成する。なお、「C F M 信号」とは、ある観測点に対する、速度情報を示す信号である。速度情報については後述する。図 4 は、C F M 処理部 105、断層画像処理部 106、画像生成部 107 の構成を示す機能ブロック図である。図 4 に示すように、C F M 処理部 105 は、直交検波部 1051、フィルタ部 1052、速度算出部 1053 を備える。

30

【 0039 】

以下、C F M 処理部 105 を構成する各部の構成について説明する。

【 0040 】

(1) 直交検波部 1051

直交検波部 1051 は、送受信イベントに同期して生成される音響線信号のそれぞれに対して直交検波を行い、各観測点における受信信号の位相を示す複素音響線信号を生成する回路である。具体的には以下の処理が行われる。まず、送信超音波と周波数が同一である第 1 参照信号と、第 1 参照信号と周波数及び振幅が同一で位相のみ 90 ° 異なっている第 2 参照信号とを生成する。次に、音響線信号と第 1 参照信号を積算し、L P F により第 1 参照信号の約 2 倍の周波数を有する高周波成分を取り除き、第 1 成分とする。同様に、音響線信号と第 2 参照信号を積算し、L P F により第 2 参照信号の約 2 倍の周波数を有する高周波成分を取り除いて第 2 成分とする。最後に、第 1 成分を実部 (I 成分 ; I n P h a s e)、第 2 成分を虚部 (Q 成分 ; Q u a d r a t u r e P h a s e) として、複素音響線信号を生成する。

40

【 0041 】

(2) フィルタ部 1052

フィルタ部 1052 は、複素音響線信号からクラッタを取り除くフィルタ回路である。クラッタとは、組織の動きのうち、画像化の対象としない成分のことであり、具体的には、血管壁、筋肉、臓器などの組織の動きを示す情報である。クラッタは血流を示す信号よ

50

りパワーが大きい、組織の動きは血流に比べて遅いため、血流を示す信号より周波数が低い。そのため、クラッタのみを選択的に取り除くことが可能である。フィルタ部1052は、既知のいわゆる「ウォールフィルタ」、「MTI (Moving Target Indicator) フィルタ」を適用することができる。

【0042】

フィルタ部1052は、フィルタ後の複素音響線信号を送信条件ごとに複素音響線パケットとして、データ格納部109に格納する。

【0043】

(3) 速度算出部1053

速度算出部1053は、フィルタ処理された後の複素音響線信号から、各観測点に対応する被検体内の動き、具体的には血流を推定する回路である。速度算出部1053は、各観測点について、複数の送受信シーケンスに係る複数の送受信イベントに対応する各複素音響線信号から位相を推定し、位相の変化速度を算出する。速度算出部1053は、速度解析部1054と、速度合成部1055とを備える。

【0044】

速度解析部1054は、送信条件ごとに複素音響線信号を取得して速度解析を行う。具体的には、まず、速度解析部1054は、複数の送受信シーケンスに係る複素音響線信号から、第1の送信条件による送受信イベントで取得された複素音響線信号を第1の複素音響線パケットとして読み出し、これをアンサンプルデータとして、観測点 P_{ij} ごとの速度 v_1 を算出する。本実施の形態では、最新、1つ前、2つ前、3つ前の4つの送受信シーケンスに係る複素音響線信号のうち、第1の送信条件による送受信イベントに係る複素音響線信号を第1の複素音響線パケットとして読み出す。速度の算出方法としては、複素音響線信号の位相を特定して位相の変化速度を推定してもよいし、複素音響線信号の間で相関処理を行うことにより、位相の変化速度を推定するとしてもよい。速度解析部1054は、算出した速度 v_1 を、部分速度情報としてデータ格納部109に格納する。

【0045】

次に、速度解析部1054は、複数の送受信シーケンスに係る複素音響線信号から、第2の送信条件による送受信イベントで取得された複素音響線信号を第2の複素音響線パケットとして読み出し、これをアンサンプルデータとして、観測点 P_{ij} ごとの速度 v_2 を算出する。速度解析部1054は、算出した速度 v_2 を、部分速度情報としてデータ格納部109に格納する。

【0046】

同様に、速度解析部1054は、複数の送受信シーケンスに係る複素音響線信号から、第3の送信条件による送受信イベントで取得された複素音響線信号を第3の複素音響線パケットとして読み出し、これをアンサンプルデータとして、観測点 P_{ij} ごとの速度 v_3 を算出する。速度解析部1054は、算出した速度 v_3 を、部分速度情報としてデータ格納部109に格納する。

【0047】

さらに、速度解析部1054は、複数の送受信シーケンスに係る複素音響線信号から、第4の送信条件による送受信イベントで取得された複素音響線信号を第4の複素音響線パケットとして読み出し、これをアンサンプルデータとして、観測点 P_{ij} ごとの速度 v_4 を算出する。速度解析部1054は、算出した速度 v_4 を、部分速度情報としてデータ格納部109に格納する。

【0048】

速度合成部1055は、同一の送受信シーケンスに基づいて作成された複数の部分速度情報を取得し、観測点 P_{ij} の位置を指標として速度を合成する。具体的には、図6(a)に示すように、第1の送信条件に対応する部分速度情報201、第1の送信条件に対応する部分速度情報202、第3の送信条件に対応する部分速度情報203、第4の送信条件に対応する部分速度情報204、をデータ格納部109から読み出す。そして、被検体内の同一の場所に対応する観測点 P_{ij} に対して、以下の式に基づいて速度値 v を算出す

る。

【0049】

$$v = v_1 + v_2 + v_3 + v_4$$

ここで、 $v_1 + v_2 + v_3 + v_4 = 1$ である。重みづけ係数 w_1 、 w_2 、 w_3 、 w_4 のそれぞれは、観測点 P_{ij} の位置に係らず一定としてもよいし、観測点 P_{ij} の位置に依存して変化してもよい。重みづけ係数の一例としては、例えば、送信方向 θ の絶対値が小さい送信条件ほど重みづけ係数を大きくする。このようにすることで、検出を行いたい深さ方向（Y方向）の動きに対する感度を向上させつつ、空間コンパウンドの利益を得ることができる。

【0050】

また、例えば、超音波周波数の高い送信条件は観測点 P_{ij} の位置が浅いほど重みづけを大きくし、超音波周波数の低い送信条件は観測点 P_{ij} の位置が深いほど重みづけを大きくする。このようにすることで、分解能が高い反面、減衰の激しい高周波の超音波を用いて浅部の動きを高精度で取得し、高周波の超音波が十分に伝搬しない深部は低周波の超音波を用いて動きを検出することができる。また、例えば、観測点 P_{ij} の深さと送信フォーカス深度とが近いほど重みづけを大きくする。このようにすることで、送信フォーカス点近傍の S/N 比が高い音響線信号に基づいて速度算出を行うこともできる。

【0051】

速度合成部 1055 は、観測点 P_{ij} ごとの速度値 v を速度情報として、画像生成部 107 とデータ格納部 109 に出力する。なお、速度合成部 1055 は、合成後の速度値 v に基づいて、速度の分散値やパワーをさらに算出し、同様に画像生成部 107 とデータ格納部 109 に出力してもよい。

【0052】

4. 断層画像処理部 106 の構成

断層画像処理部 106 は、複数の送受信イベントで得た音響線信号を合成し、1フレームの合成された音響線信号であるフレーム音響線信号を生成する。断層画像処理部 106 は、フレーム音響線信号を画像生成部 107 とデータ格納部 109 に出力する。

【0053】

5. 画像生成部 107 の構成

画像生成部 107 は、断層画像処理部 106 が生成したフレーム音響線信号を B モード断層画像に変換し、CFM 処理部 105 が生成したフレーム CFM 信号を色調変換して重畳することでカラードブラ画像を生成するための回路である。図 6 に示すように、画像生成部 107 は、カラーフロー生成部 1071、断層画像生成部 1072、画像合成部 1073 を備える。

【0054】

(1) カラーフロー生成部 1071

カラーフロー生成部 1071 は、フレーム CFM 信号からカラードブラ画像を生成するための色調変換を行う回路である。具体的には、まず、フレーム CFM 信号の座標系を直交座標系に変換する。次に、各観測点の平均速度を色情報に変換してカラーフロー情報を生成する。このとき、例えば、(1) プローブに向かう向きは赤色、プローブから遠ざかる向きは青色、(2) 速度の絶対値が大きいほど彩度が高く、絶対値が小さいほど彩度が低い、のように変換を行う。より具体的には、プローブに向かう速度成分については速度の絶対値を赤色の輝度値に変換し、プローブから遠ざかる速度成分については速度の絶対値を青色の輝度値に変換する。

【0055】

なお、カラーフロー生成部 1071 は、CFM 処理部 105 から速度分散を示す信号をさらに受信し、分散の値を緑の輝度値に変換してもよい。このようにすることで、乱流の発生位置を示すことができる。

【0056】

カラーフロー生成部 1071 は、生成したカラーフロー情報を画像合成部 1073 に出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

(2) 断層画像生成部 1 0 7 2

断層画像生成部 1 0 7 2 は、フレーム音響線信号から B モード断層画像を生成する回路である。具体的には、まず、フレーム音響線信号の座標系を直交座標系に変換する。次に、各観測点の音響線信号の値を輝度に変換して B モード断層画像を生成する。具体的には、断層画像生成部 1 0 7 2 は、音響線信号の値に対して包絡線検波を行い、対数圧縮を行うことで、輝度に変換する。断層画像生成部 1 0 7 2 は、生成した B モード断層画像を画像合成部 1 0 7 3 に出力する。

【 0 0 5 8 】

(2) 画像合成部 1 0 7 3

画像合成部 1 0 7 3 は、断層画像生成部 1 0 7 2 が生成した B モード断層画像に、カラーフロー生成部 1 0 7 1 が生成したカラーフロー情報を重畳してカラードブラ画像を生成し、表示部 1 0 8 に出力する回路である。これにより、B モード断層画像上に血流の向きと速さ（速度の絶対値）を追加したカラードブラ画像が表示部 1 0 8 に表示される。

10

【 0 0 5 9 】

< 送信ビームフォーマ部 1 0 3 における送受信イベントの詳細 >

以下、送受信イベントの実行順序と送信条件について、詳細に説明する。

【 0 0 6 0 】

図 5 (a) は、送受信イベントの実行時刻と超音波の送受信領域との関係を示すタイムチャートである。図 5 (b) は、送信条件の一例を示す図である。なお、図 5 (b) では、送信条件のパラメータとして超音波周波数、送信方向、焦点深度、波数の 4 つを示しているが、任意の 2 つの送信条件間でパラメータの 1 つが異なっていればよく、4 パラメータ全てが異なっている必要はない。

20

【 0 0 6 1 】

図 5 (a) の横軸 (X 軸) は、送信フォーカス点 F の素子列方向 (x 方向) の位置および音響線の生成位置を示す。なお、図 5 (a) では、振動子の数を 1 6、送信条件の種類が 4、送受信イベントごとに生成する音響線の数を 4、としているが、これに限られない。

【 0 0 6 2 】

まず、最初の送受信シーケンスに対して説明する。送信ビームフォーマ部 1 0 3 は、最初の送受信イベントとして、1 番の振動子から振動子 1 . 5 個分左側の位置を送信開口 T x の中心として、第 1 の送信条件により超音波送信を行う。これに同期して、受信ビームフォーマ部 1 0 4 は、反射超音波に基づいて、1 番の振動子を通る直線上の領域に対して音響線を生成する。次に、送信ビームフォーマ部 1 0 3 は、最初の送受信イベントにおける超音波送信より第 1 の時間が経過した時刻において、1 番の振動子から振動子 0 . 5 個分左側の位置を送信開口 T x の中心として、第 2 の送信条件により超音波送信を行う。これに同期して、受信ビームフォーマ部 1 0 4 は、反射超音波に基づいて、1 番、2 番の振動子のそれぞれを通る直線上の領域に対して音響線を生成する。次に、送信ビームフォーマ部 1 0 3 は、2 番目の送受信イベントにおける超音波送信より第 1 の時間が経過した時刻において、1 番の振動子と 2 番の振動子の中間の位置を送信開口 T x の中心として、第 3 の送信条件により超音波送信を行う。これに同期して、受信ビームフォーマ部 1 0 4 は、反射超音波に基づいて、1 番、2 番、3 番の振動子のそれぞれを通る直線上の領域に対して音響線を生成する。送信ビームフォーマ部 1 0 3 は、3 番目の送受信イベントにおける超音波送信より第 1 の時間が経過した時刻において、2 番の振動子と 3 番の振動子の中間の位置を送信開口 T x の中心として、第 4 の送信条件により超音波送信を行う。これに同期して、受信ビームフォーマ部 1 0 4 は、反射超音波に基づいて、1 番、2 番、3 番、4 番の振動子のそれぞれを通る直線上の領域に対して音響線を生成する。送信ビームフォーマ部 1 0 3 は、4 番目の送受信イベントにおける超音波送信より第 1 の時間が経過した時刻において、3 番の振動子と 4 番の振動子の中間の位置を送信開口 T x の中心として、第 1 の送信条件により超音波送信を行う。これに同期して、受信ビーム

30

40

50

フォーマ部104は、反射超音波に基づいて、2番、3番、4番、5番の振動子のそれぞれを通過する直線上の領域に対して音響線を生成する。以下同様に、(1)超音波送信の間隔は規定の第1の時間である、(2)送信条件は、第1、第2、第3、第4、第1、第2...のように、決まった順序で巡回的に、超音波送信のたびに変更する、(3)送信開口Txの位置は、超音波送信が行われるごとに固定ピッチMp(本実施の形態では振動子1つ分)だけx方向に移動する、(4)音響線対象領域Bxは、送信開口Txの中心の位置に同期してx方向に移動する、の4条件を満たすように送受信イベントが行われる。なお、送信条件において送信方向がパラメータとして使用される場合、上述の(4)については、音響線対象領域Bxにおいて深さ0の部分が送信開口Txの中心の位置に同期してx方向に移動するとともに、音響線対象領域Bxの形状が送信方向に同期して変化することとなる。

10

【0063】

第4の送信条件を用いた16番目の送受信イベントが行われると、これにより、振動子の1つを通過する直線状の領域の全てにおいて、第1の送信条件に対応する音響線、第2の送信条件に対応する音響線、第3の送信条件に対応する音響線、第4の送信条件に対応する音響線、の全てが生成されることになる。これにより、最初の送受信シーケンスが終了する。

【0064】

そして、最初の送受信シーケンスが開始されてから第2の時間(パルス繰り返し時間)が経過した時刻に、第2の送受信シーケンスが開始される。

20

【0065】

なお、第1の送受信シーケンスが終了してから第2の送受信シーケンスが開始されるまでの間、断層画像を生成するための送受信シーケンスの1/4である部分送受信シーケンスが実施され、1番、2番、3番、4番の振動子のそれぞれを通過する直線上の領域に対して音響線を生成する。同様に、第2の送受信シーケンスが終了してから第3の送受信シーケンスが開始されるまでの間、断層画像を生成するための送受信シーケンスのうち続きの1/4である部分送受信シーケンスが実施され、5番、6番、7番、8番の振動子のそれぞれを通過する直線上の領域に対して音響線を生成する。第3の送受信シーケンスが終了してから第4の送受信シーケンスが開始されるまでの間、断層画像を生成するための送受信シーケンスのうち続きの1/4である部分送受信シーケンスが実施され、9番、10番、11番、12番の振動子のそれぞれを通過する直線上の領域に対して音響線を生成する。第4の送受信シーケンスが終了してから第5の送受信シーケンスが開始されるまでの間、断層画像を生成するための送受信シーケンスのうち続きの1/4である部分送受信シーケンスが実施され、13番、14番、15番、16番の振動子のそれぞれを通過する直線上の領域に対して音響線を生成する。なお、部分送受信シーケンスにおいては、送受信イベントごとに、送信開口Txの中心位置のx方向の移動とそれに同期した音響線対象領域Bxの移動のみが行われ、送信条件は一定である。

30

【0066】

以上の動作により、4回の部分送受信シーケンスにより1フレーム分の断層画像を生成することができる。これに対し、カラーフロー情報については、1回の送受信シーケンスにより1フレーム分の断層画像を生成することができる。これは、第4の送受信シーケンスが終了した時点では第1、第2、第3、第4の送受信シーケンスに基づきカラーフロー情報を生成し、第5の送受信シーケンスが終了した時点では第2、第3、第4、第5の送受信シーケンスに基づきカラーフロー情報を生成することができるためである。

40

【0067】

また、各送受信シーケンスにおいて、第1の送信条件に対応する音響線、第2の送信条件に対応する音響線、第3の送信条件に対応する音響線、第4の送信条件に対応する音響線、のそれぞれにおいて、音響対象領域Bx内の観測点のx方向の空間密度は同一であり、かつ、全ての送信を同一の送信条件で行った場合とも一致する。これに対し、送受信シーケンスの所要時間は、(送信条件の数-1)×1回の送受信イベントの所要時間しか増

50

加しない。すなわち、送受信シーケンスの所要時間を大きく増加させることなく、かつ、音響対象領域 $B \times$ 内の観測点の x 方向の空間密度を低下させることなく、多種の送信条件に対応する音響線信号を取得することができる。

【0068】

<動作>

以上の構成からなる超音波診断装置100の動作について説明する。

【0069】

図7は、超音波診断装置100の動作を示すフローチャートである。

【0070】

まず、ステップS101において、送信プロファイルの作成を行う。送信プロファイルとは、2以上の送信条件と、送受信イベントごとの送信開口 T_x の移動ピッチ M_p および音響線の数、部分送受信シーケンスの数を規定する情報である。 10

【0071】

次に、送受信シーケンスのカウンタ q を1に初期化し(ステップS201)、1回目の送受信シーケンスを開始する。

【0072】

次に、送受信イベントのカウンタ p を1に初期化し(ステップS202)、 p 番目の送受信イベントにおける超音波送信(ステップS203)とそれに同期した受信ビームフォーミング(ステップS204)を実行する。

【0073】

次に、ステップS205において、送受信イベントのカウンタ p が、送受信シーケンス中の送受信イベント数 p_{max} に到達したか否かを判定する。送受信イベントのカウンタ p が p_{max} より小さいときは、 p をインクリメントして(ステップS206)、次の送受信イベントを実施する。次の送受信イベントでは、送信条件、送信開口 T_x の位置、音響線の生成位置が変更される。これにより、1の送受信シーケンスに含まれる全ての送受信イベントが順に実施される。1の送受信シーケンスに含まれる全ての送受信イベントが実行されると、送受信イベントのカウンタ p が p_{max} と一致するため、ステップS300に進む。 20

【0074】

次に、ステップS300において、CFM処理を実行する。 30

【0075】

ここで、ステップS300におけるCFM処理について説明する。図8は、CFM処理部105におけるCFM処理を示すフローチャートである。

【0076】

まず、ステップS301において、直交検波部1051は、音響線信号のそれぞれを直交検波して複素音響線信号を生成する。

【0077】

次に、ステップS202において、フィルタ部1052は、複素音響線信号からクラッタ成分を除外又は低減する。

【0078】

次に、ステップS303において、送信条件のカウンタ r を1に初期化する。ステップS304では、速度解析部1054は、 r 番目の送信条件に対応する複素音響線信号を複数の送受信シーケンスに跨って取得し、これをパケットとして取得する。そして、ステップS305において、速度解析部1054は、パケットに含まれる同一の観測点 P に係る複数の複素音響線信号で相関処理を行い、位相の変化速度を推定して速度を算出して部分速度情報としてデータ格納部109に出力する。 40

【0079】

次に、ステップS306において、送信条件のカウンタの r が、送信条件の数 r_{max} に到達したか否かを判定する。送信条件のカウンタ r が r_{max} より小さいときは、 r をインクリメントして(ステップS307)、次の送信条件について、速度を算出して部分速度 50

情報としてデータ格納部 109 に出力する。これにより、送信条件ごとに、観測点 P ごと
の速度が算出される。全ての送信条件に対して速度の算出が実行されると、送信条件のカ
ウンタ r が r_{max} と一致するため、ステップ S 309 に進む。

【0080】

次に、ステップ S 309 において、速度合成部 1055 は、観測点の位置を指標に複数の
部分速度情報を合成し、速度情報を生成する。画像生成部 107 は、生成された速度情
報に基づき、カラーフロー情報を更新表示する。

【0081】

図 7 に戻って説明を続ける。送受信シーケンスの実行とそれに続く CFM 処理のあと、
超音波診断装置 100 は、断層画像に係る q 番目の部分送受信シーケンスを実施し（ステ
ップ S 401）、これに同期して受信ビームフォーミングを行う（ステップ S 402）。 10

【0082】

次に、ステップ S 403 において、送受信シーケンスのカウンタ q が、部分送受信シー
ケンスの数 q_{max} に到達したか否かを判定する。送受信イベントのカウンタ q が q_{max} より
小さいときは、 q をインクリメントして（ステップ S 404）、次の送受信シーケンスを
実施する。次の送受信シーケンスにおいては、部分送受信シーケンスにおける送信開口 T
 x の位置、音響線の生成位置が変更される。全ての部分送受信シーケンスが実行されると
、送受信シーケンスのカウンタ q が q_{max} と一致するため、ステップ S 405 に進む。

【0083】

次に、ステップ S 405 において、断層画像生成処理が行われる。断層画像生成部 10
72 は、全ての部分送受信シーケンスに係る音響線信号からフレーム音響線信号を生成す
る。画像生成部 107 は、生成されたフレーム音響線信号に基づき、断層画像を更新表示
する。 20

【0084】

最後に、超音波診断装置 100 は、次のフレームに処理を続行するかを判断し（ステッ
プ S 501）、続行する場合はステップ S 201 に戻る。

【0085】

<まとめ>

以上、説明したように本実施の形態に係る超音波診断装置 100 によれば、同一の送信
条件の送受信イベントにより生成された同一位置にある観測点 P についての複数の音響線
信号に基づいて速度解析が行われ、複数の送信条件で得られた複数の解析結果を合成して
速度情報を得る。これにより、各観測点について、それぞれ適した送信条件に基づいた速
度解析結果を得ることができ、対象領域全体の解析精度を向上させることができる。 30

【0086】

また、超音波診断装置 100 では、1 回の送受信シーケンスにおいて、送信条件を順次
変更しながら送信開口 T_x と音響線対象領域 B_x を移動させることで、(1) 同一の送信
条件で行われる送受信イベントの時間間隔が一定、かつ、(2) 送信条件間で音響線の素
子列方向 (x 方向) の密度が一定、としている。したがって、いずれの観測点 P につい
ても、パルス繰り返し時間が一定となり、対象領域内で低速の動きに対する感知精度にバラ
つきが生じない。また、音響線の素子列方向 (x 方向) の密度低下を招くことなく、かつ
、1 回の送受信シーケンスの所要時間をほとんど伸ばすことなく複数の送信条件を用いた
CFM 処理が行われるため、空間解像度やフレームレートを低下させることなく、対象領
域全体の解析精度を向上させることができる。 40

【0087】

変形例 1

実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 では、図 5 のタイムチャートに示したように
、送受信イベントごとに送信条件、送信開口 T_x の中心位置、音響線対象領域 B_x の全て
を変更する構成とした。しかしながら、送信開口 T_x の中心位置と音響線対象領域 B_x に
ついては、以下に示すように、適宜変更してよい。

【0088】

10

20

30

40

50

図9のタイムチャートは、送受信イベントの実行時刻と超音波の送受信領域との関係を示す第1の例である。実施の形態1では送受信イベントごとに送信開口Txの中心位置を変更し、これに同期して音響線対象領域Bxを変更する構成であったが、第1の例では、送信開口Txの中心位置と音響線対象領域Bxは、送受信イベントが2回行われる毎に行う。すなわち、第1の送受信イベントと第2の送受信イベントとでは、送信条件のみが異なり送信開口Txの中心位置と音響線対象領域Bxは同一である。また、同様に、第3の送受信イベントと第4の送受信イベントとでは、送信条件のみが異なり送信開口Txの中心位置と音響線対象領域Bxは同一である。その一方で、第2の送受信イベントと第3の送受信イベントとでは、送信開口Txの中心位置は振動子2個分移動する。つまり、移動ピッチMpは、後述する音響線対象領域Bxの列方向の幅を送信条件の数で除した値の2倍以上である。

10

【0089】

図10のタイムチャートは、送受信イベントの実行時刻と超音波の送受信領域との関係を示す第2の例である。第2の例では、送信開口Txの中心位置と音響線対象領域Bxは、送受信イベントが4回行われる毎に行う。すなわち、第1～第4の送受信イベントでは、送信条件のみが異なり送信開口Txの中心位置と音響線対象領域Bxは同一である。また、同様に、第5～第8の送受信イベントでは、送信条件のみが異なり送信開口Txの中心位置と音響線対象領域Bxは同一である。その一方で、第4の送受信イベントと第5の送受信イベントとでは、送信開口Txの中心位置は振動子4個分移動する。つまり、移動ピッチMpは、後述する音響線対象領域Bxの列方向の幅を送信条件の数で除した値の4倍以上である。

20

【0090】

上述したような動作においても、(1)超音波送信の間隔は規定の第1の時間である、(2)送信条件は、第1、第2、第3、第4、第1、第2...のように、決まった順序で巡回的に、超音波送信のたびに変更する、は実施の形態1と同じである。これにより、全ての振動子を通過する直線状の領域において、第1の送信条件に対応する音響線、第2の送信条件に対応する音響線、第3の送信条件に対応する音響線、第4の送信条件に対応する音響線、の全てが生成されることになる。

【0091】

変形例2

30

実施の形態1に係る超音波診断装置100では、被検体内の全てのPijに対して、以下の式に基づいて速度値vを算出する、とした。

【0092】

$$v = v_1 + v_2 + v_3 + v_4$$

しかしながら、重みづけ係数、 w_1 、 w_2 、 w_3 、 w_4 の1以上が0であってもよい。例えば、送信条件として送信方向を用いる場合において、送信方向の符号が正である送受信イベントでは音響線対象領域Bxは深さが大きくなるほどxが正の方向に移動する(図面上では下側が右側に傾く)ため、深い領域ではx座標が小さい領域(図面上において左下の領域)の音響線信号が取得できない。このような場合において、例えば、速度値を算出していない送信条件に係る重みづけ係数を0としてもよい。また、例えば、送信条件として送信フォーカス点の深さをを用いる場合に、図11(a)に示すように対象領域を深さに応じて4つの領域221、222、223、224に分割し、領域221は $w_1 = 1$ 、 $w_2 = 0$ 、 $w_3 = 0$ 、 $w_4 = 0$ 、領域222は $w_1 = 0$ 、 $w_2 = 1$ 、 $w_3 = 0$ 、 $w_4 = 0$ 、領域223は $w_1 = 0$ 、 $w_2 = 0$ 、 $w_3 = 1$ 、 $w_4 = 0$ 、領域224は $w_1 = 0$ 、 $w_2 = 0$ 、 $w_3 = 0$ 、 $w_4 = 1$ 、としてもよい。このようにすることで、速度合成の演算を行わずに送信条件の最適化を図ることができる。

40

【0093】

また、実施の形態1に係る超音波診断装置100では、速度値の合成において、速度値を深さ方向の1次元ベクトルとして演算を行っているが、図11(b)に示すように、2次元ベクトル演算を行ってもよい。すなわち、送信条件として送信方向を用いる場合に、

50

第 1 の送信条件に対応する観測点 P_{ij} の速度値を、第 1 の送信条件における超音波の伝搬方向の向きを持つベクトル v_1 であるとする。ここで、超音波の伝搬方向の向きとは、送信開口 T_x の中心から送信フォーカス点 F に向かうベクトルと平行な向きである。同様に、第 2 の送信条件に対応する速度値もベクトル v_2 、第 3 の送信条件に対応する速度値もベクトル v_3 、第 4 の送信条件に対応する速度値もベクトル v_4 、として、ベクトル合成により速度ベクトル v を算出する。このようにすることで、深さ方向とは平行でない動きについても正確に速度値が算出できる。また、動きのエネルギー値を示すパワードブラモードにおいては、深さ方向と直交する水平方向の動きに起因するエネルギーについても検出及び表示が可能となるため、微細な血管の存在をより正確に描画することが可能となる。なお、このベクトル合成においても、重みづけ加算を行ってよい。

10

【0094】

実施の形態に係るその他の変形例

(1) 実施の形態および各変形例では、送信条件の数を 4 であるとしたが、送信条件の数は 2 以上の任意の数であってよい。但し、送信条件の数を n (n は 3 以上の整数) とした場合、送受信シーケンスは、第 1 の送信条件による送受信イベント、第 2 の送信条件による送受信イベント、...、第 n の送信条件による送受信イベント、第 1 の送信条件による送受信イベント、... の順であることが好ましい。これにより、どの観測点についてもパルス繰り返し時間が同一になるとともに、送受信イベントを m 回 (m は 1 以上の整数) 行うごとに送信開口 T_x の中心位置と音響線対象領域 B_x を固定ピッチ M_p だけ移動させるという簡易な動作により、送信条件間の音響線密度のバラつきを抑止することができる。また、音響線対象領域 B_x の x 方向の幅を M_p / m 以上とすることで、パケットにおいて音響線密度が低い領域が発生することを抑止することができる。

20

【0095】

また同様に、断層画像に係る部分送受信シーケンスの数も 4 に限らず、任意の数であってよい。

【0096】

(2) 実施の形態および各変形例では、カラーフロー生成部 1071 が各観測点の平均速度を色情報に変換することでカラードブラ画像を生成するとしたが、本発明は必ずしもこの場合に限定されない。例えば、速度算出部 1053 が、各観測点のパワースペクトルからパワーを算出してフレームパワー信号を生成し、カラーフロー生成部 1071 がパワー値を黄色の輝度値に変換することで、パワードブラ画像を生成するとしてもよい。

30

【0097】

(3) なお、本発明を上記実施の形態に基づいて説明してきたが、本発明は、上記の実施の形態に限定されず、以下のような場合も本発明に含まれる。

【0098】

例えば、本発明は、マイクロプロセッサとメモリを備えたコンピュータシステムであって、上記メモリは、上記コンピュータプログラムを記憶しており、上記マイクロプロセッサは、上記コンピュータプログラムにしたがって動作するとしてもよい。例えば、本発明の超音波診断装置の診断方法のコンピュータプログラムを有しており、このプログラムに従って動作する (又は接続された各部位に動作を指示する) コンピュータシステムであってよい。

40

【0099】

また、上記超音波診断装置の全部、もしくは一部、またビームフォーミング部の全部又は一部を、マイクロプロセッサ、ROM、RAM 等の記録媒体、ハードディスクユニットなどから構成されるコンピュータシステムで構成した場合も本発明に含まれる。上記 RAM 又はハードディスクユニットには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、各装置はその機能を達成する。

【0100】

また、上記の各装置を構成する構成要素の一部又は全部は、1 つのシステム LSI (L

50

arge Scale Integration (大規模集積回路))から構成されているとしてもよい。システムLSIは、複数の構成部を1個のチップ上に集積して製造された超多機能LSIであり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどを含んで構成されるコンピュータシステムである。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。なお、LSIは、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。上記RAMには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、システムLSIは、その機能を達成する。例えば、本発明のビームフォーミング方法がLSIのプログラムとして格納されており、このLSIがコンピュータ内に挿入され、所定のプログラム(ビームフォーミング方法)を実施する場合も本発明に含まれる。 10

【0101】

なお、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリプログラマブル・プロセッサ(Reconfigurable Processor)を利用してもよい。

【0102】

さらには、半導体技術の進歩または派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。 20

【0103】

また、各実施の形態に係る、超音波診断装置の機能の一部又は全てを、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。上記超音波診断装置の診断方法や、ビームフォーミング方法を実施させるプログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。プログラムや信号を記録媒体に記録して移送することにより、プログラムを独立した他のコンピュータシステムにより実施してもよい、また、上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

【0104】

また、上記実施形態に係る超音波診断装置の各構成要素は、CPU(Central Processing Unit)やGPU(Graphics Processing Unit)やプロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される構成であってもよい。後者の構成は、いわゆるGPGPU(General-Purpose computing on Graphics Processing Unit)である。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。また、複数の構成要素を組合せて一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。 30

【0105】

上記実施形態に係る超音波診断装置では、記憶装置であるデータ格納部を超音波診断装置内に含む構成としたが、記憶装置はこれに限定されず、半導体メモリ、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、磁気記憶装置、等が、超音波診断装置に外部から接続される構成であってもよい。 40

【0106】

また、ブロック図における機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数に分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロックの機能を単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

【0107】

また、上記のステップが実行される順序は、本発明を具体的に説明するために例示する 50

ためのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記ステップの一部が、他のステップと同時（並列）に実行されてもよい。

【0108】

また、超音波診断装置には、プローブ及び表示部が外部から接続される構成としたが、これらは、超音波診断装置内に一体的に具備されている構成としてもよい。

【0109】

また、上記実施の形態においては、プローブは、複数の圧電素子が一次元方向に配列されたプローブ構成を示した。しかしながら、プローブの構成は、これに限定されるものではなく、例えば、複数の圧電変換素子を二次元方向に配列した二次元配列振動子や、一次元方向に配列された複数の振動子を機械的に揺動させて三次元の断層画像を取得する揺動型プローブを用いてもよく、測定に応じて適宜使い分けることができる。例えば、二次元に配列されたプローブを用いた場合、圧電変換素子に電圧を与えるタイミングや電圧の値を個々に変化させることによって、送信する超音波ビームの照射位置や方向を制御することができる。

10

【0110】

また、プローブは、送受信部の一部の機能をプローブに含んでいてもよい。例えば、送受信部から出力された送信電気信号を生成するための制御信号に基づき、プローブ内で送信電気信号を生成し、この送信電気信号を超音波に変換する。併せて、受信した反射超音波を受信電気信号に変換し、プローブ内で受信電気信号に基づき受信信号を生成する構成を採ることができる。

20

【0111】

また、各実施の形態に係る超音波診断装置、及びその変形例の機能のうち少なくとも一部を組み合わせてもよい。更に上記で用いた数字は、全て本発明を具体的に説明するために例示するものであり、本発明は例示された数字に制限されない。

【0112】

さらに、本実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本発明に含まれる。

【0113】

まとめ

(1) 実施の形態に係る超音波信号処理装置は、超音波プローブに列設された複数の振動子を駆動して被検体に対する超音波送受信を実行してカラーフローマッピング法による速度解析を行う超音波信号処理装置であって、2以上の送信条件を所定の順序で選択して選択した送信条件で規定された超音波を被検体内に送信する処理を、所定の時間間隔で繰り返し実行する送信部と、前記送信部による超音波の送信に同期して、前記振動子が受波した反射超音波に基づいて音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部と、前記音響線信号を直交検波して複素音響線信号を生成する直交検波部と、同一の送信条件に対応する複数の複素音響線信号をパケットとしてグループ化する処理を送信条件ごとに行い、パケット単位の解析を行って被検体内の速度情報を生成する速度算出部とを備えることを特徴とする。

30

【0114】

また、実施の形態に係る超音波信号処理方法は、超音波プローブに列設された複数の振動子を駆動して被検体に対する超音波送受信を実行してカラーフローマッピング法による速度解析を行う超音波信号処理方法であって、2以上の送信条件を所定の順序で選択して選択した送信条件で規定された超音波を被検体内に送信する処理を、所定の時間間隔で繰り返し実行し、前記超音波を送信する処理に同期して、前記振動子が受波した反射超音波に基づいて音響線信号を生成し、前記音響線信号を直交検波して複素音響線信号を生成し、同一の送信条件に対応する複数の複素音響線信号をパケットとしてグループ化する処理を送信条件ごとに行い、パケット単位の解析を行って被検体内の速度情報を生成することを特徴とする。

40

【0115】

50

本発明の一形態に係る超音波信号処理装置、超音波信号処理方法、及び、それを用いた超音波診断装置によれば、複数の送信条件を用いて、送信条件ごとに解析を行った速度情報に基づいて速度情報を生成することができる。したがって、観測点の位置によって最適な送信条件が異なることに起因する速度情報の精度のバラつきを抑え、対象領域全体のカラードブラ画像の品質を向上させることができる。

【0116】

(2)また、上記(1)の超音波信号処理装置は、前記速度情報は、被検体内の各観測点における、速度情報、パワー情報、分散情報のうち1つ以上を含む、としてもよい。

【0117】

上記構成により、カラードブラ画像、パワードブラ画像、などのカラーフロー情報を作成することができ、ユーザは速度分布をカラーイメージとして確認することができる。

10

【0118】

(3)また、上記(1)または(2)の超音波信号処理装置は、送信条件のうち1つは、他の送信条件に対し、超音波の周波数、振動子列に対する超音波の進行方向、超音波が集束する送信焦点の深さ、超音波の波数、のうち少なくとも1つが異なる、としてもよい。

【0119】

上記構成により、いずれの観測点に対しても、適した送信条件による超音波の送受信が可能となり、観測点間の速度情報の精度のバラつきを抑え、対象領域全体のカラードブラ画像の品質を向上させることができる。

20

【0120】

(4)また、上記(3)の超音波信号処理装置は、送信条件のうち1つは、他の送信条件に対し、超音波の周波数、振動子列に対する超音波の進行方向、超音波が集束する送信焦点の深さ、超音波の波数、のうち少なくとも2つが異なる、としてもよい。

【0121】

上記構成により、送信条件について観測点の位置のそれぞれに適したパラメータの組み合わせを用いることができるため、送信条件の数を大きく増加させることなく送信条件の違いによる精度向上を図ることができる。

【0122】

(5)また、上記(1)から(4)の超音波信号処理装置は、前記受信ビームフォーマ部は、前記送信部による超音波の送信に同期して、2以上の直線状の領域に対して音響線信号を生成する、としてもよい。

30

【0123】

上記構成により、音響線信号が取得される領域の空間密度を向上させることができる。

【0124】

(6)また、上記(1)から(5)の超音波信号処理装置は、前記送信部は、超音波の送信ごとに、超音波の送信に用いる送信振動子列を振動子の並ぶ方向に所定距離だけ移動させ、前記受信ビームフォーマ部は、前記送信部による超音波の送信に同期して、音響線信号を生成する対象となる被検体内の領域を、振動子の並ぶ方向に前記所定距離だけ移動させる、としてもよい。

40

【0125】

上記構成により、送信された超音波が主として通過する領域からの反射超音波に基づいて音響線信号が生成できるため、音響線信号のS/N比や空間解像度を向上させることができる。

【0126】

(7)また、上記(6)の超音波信号処理装置は、前記所定距離は、振動子の並ぶ方向における音響線信号を生成する対象となる被検体内の領域の幅以下である、としてもよい。

【0127】

上記構成により、速度算出がなされた観測点の密度が不均質となることを抑止すること

50

ができる。

【0128】

(8) また、上記(7)の超音波信号処理装置は、前記所定距離は、振動子の並ぶ方向における音響線信号を生成する対象となる被検体内の領域の幅に対し、前記所定の回数を積算して送信条件の数で除した値以下である、としてもよい。

【0129】

上記構成により、送信条件間で、速度算出がなされる観測点の、振動子の並ぶ方向における密度が一定となるため、観測点間で速度の検出精度にむらが生じるのを抑止することができる。

【0130】

(9) また、上記(1)から(8)の超音波信号処理装置は、前記速度算出部は、パケットごとに解析を行って生成した被検体内の速度情報を部分速度情報として算出し、複数の前記部分速度情報を合成して被検体内の速度情報を生成する、としてもよい。

【0131】

上記構成により、送信条件が異なる音響線信号をアンサンブルとして使用することによる精度低下を抑止しつつ、送信条件が異なることによるコンパウンド効果を楽しむことができる。

【0132】

(10) また、上記(9)の超音波信号処理装置は、前記速度算出部は、複数の前記部分速度情報を重みづけ加算することで被検体内の速度情報を合成する、としてもよい。

【0133】

上記構成により、観測点に適した送信条件に係る部分速度情報に基づいた速度情報の取得が可能となる。

【0134】

(11) また、上記(9)または(10)の超音波信号処理装置は、送信条件のうちの1つは、他の送信条件に対し、振動子列に対する超音波の進行方向が異なり、前記速度算出部は、被検体内の各観測点について、送信条件ごとに算出した被検体内の速度情報を前記超音波の進行方向と同じ向きベクトルとし、前記ベクトルを合成して当該観測点の速度情報とする、としてもよい。

【0135】

上記構成により、送信条件間で超音波の進行方向が異なる場合について、観測点における速度をより高精度に算出することができる。

【0136】

(12) また、実施の形態に係る超音波診断装置は、上記(1)～(11)の超音波信号処理装置を備える、としてもよい。

【0137】

このようにすることで、上記の特徴を備えた超音波診断装置を実現できる。

【産業上の利用可能性】

【0138】

本開示にかかる超音波信号処理装置、超音波信号処理方法、超音波診断装置は、従来の超音波診断装置の性能向上、特にフレームレートの低下を抑止しつつ、速度の精度を対象領域全域でムラなく向上させたカラードプラ画像生成装置、パワードプラ画像生成装置として有用である。

【符号の説明】

【0139】

- 100 超音波診断装置
- 101 プローブ
- 101a 振動子
- 102 マルチプレクサ部
- 103 送信ビームフォーマ部

10

20

30

40

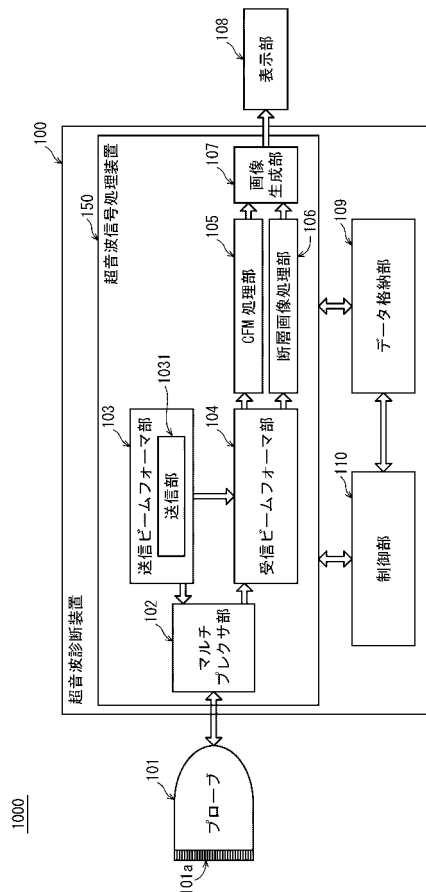
50

- 1 0 3 1 送信部
- 1 0 4 受信ビームフォーマ部
- 1 0 4 0 受信部
- 1 0 4 1 整相加算部
- 1 0 5 C F M 処理部
- 1 0 5 1 直交検波部
- 1 0 5 2 フィルタ部
- 1 0 5 3 速度算出部
- 1 0 5 4 速度解析部
- 1 0 5 5 速度合成部
- 1 0 6 断層画像処理部
- 1 0 7 画像生成部
- 1 0 7 1 カラーフロー生成部
- 1 0 7 2 断層画像生成部
- 1 0 7 3 画像合成部
- 1 0 8 表示部
- 1 0 9 データ格納部
- 1 1 0 制御部
- 1 5 0 超音波信号処理装置
- 1 0 0 0 超音波診断システム

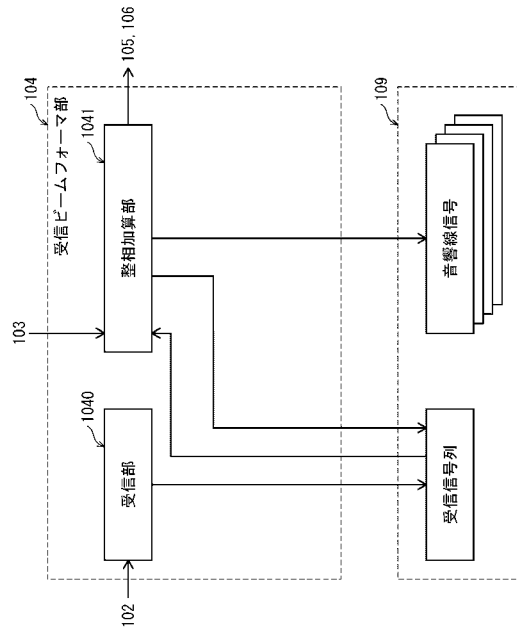
10

20

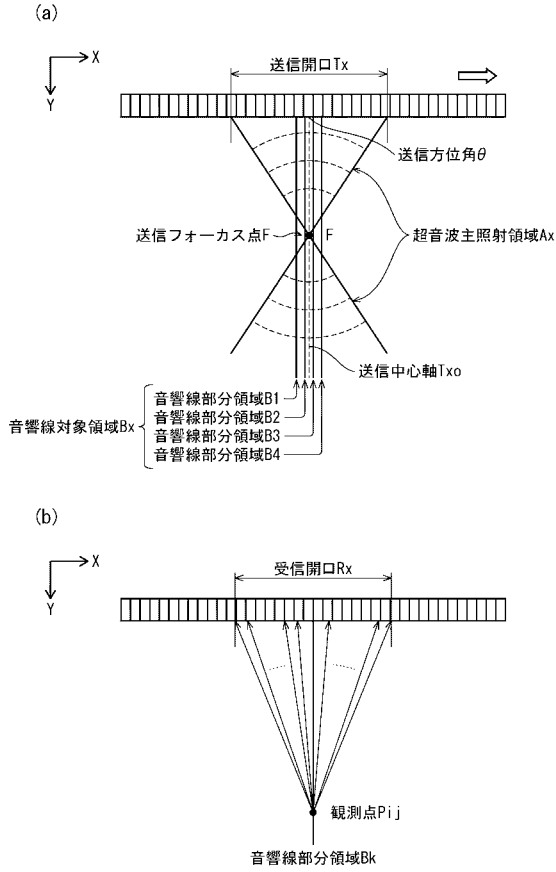
【 図 1 】



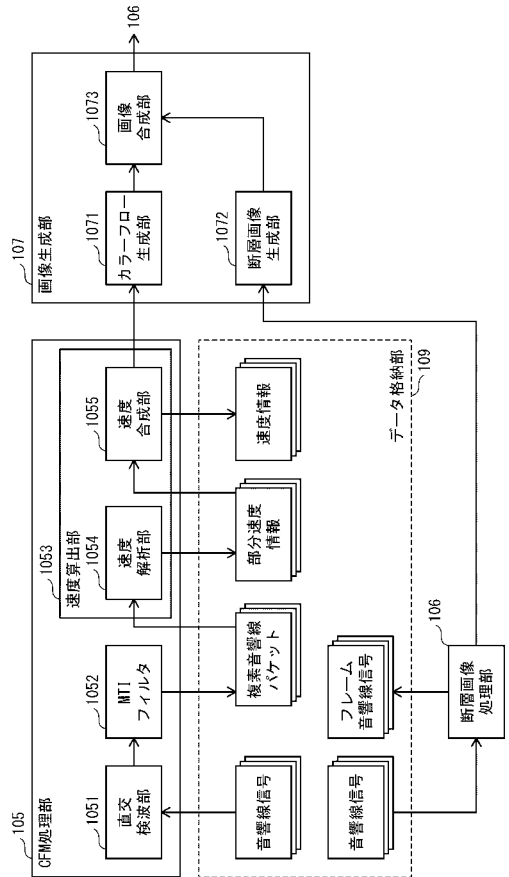
【 図 2 】



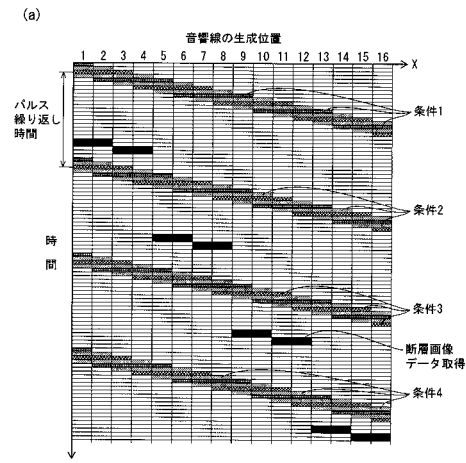
【図3】



【図4】



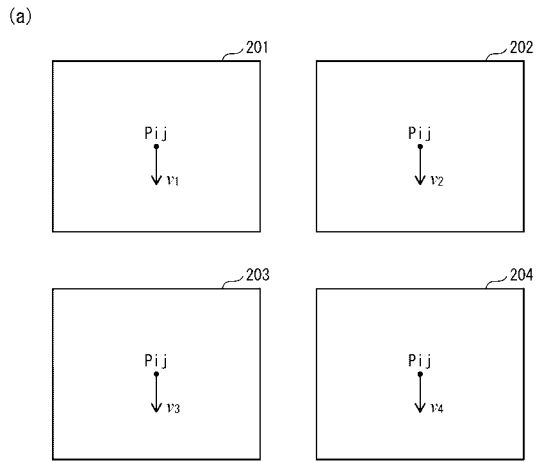
【図5】



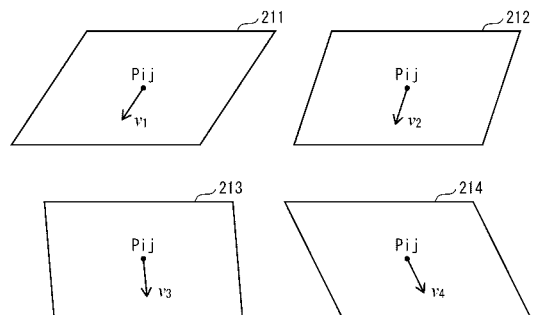
(b)

条件	周波数	送信角度	焦点深度	波数
条件1	5.0MHz	-15°	10mm	1.0
条件2	5.5MHz	-5°	20mm	1.5
条件3	6.0MHz	5°	30mm	2.0
条件4	6.5MHz	15°	40mm	2.5

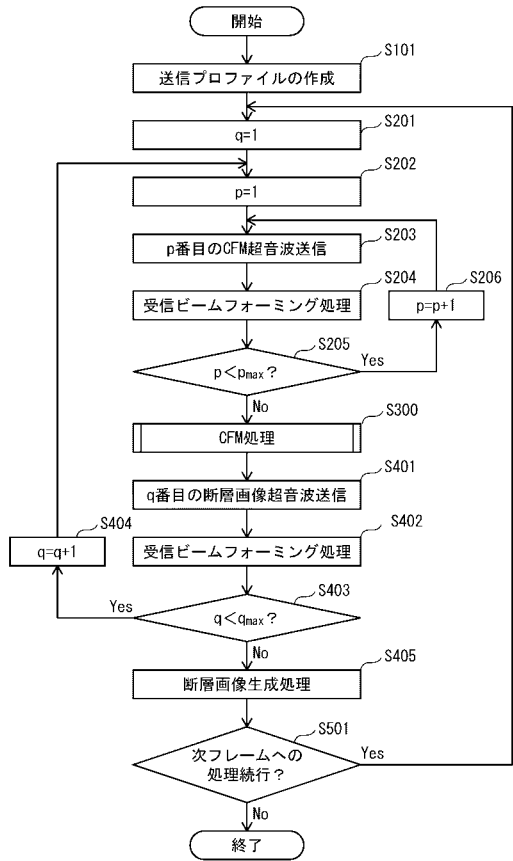
【図6】



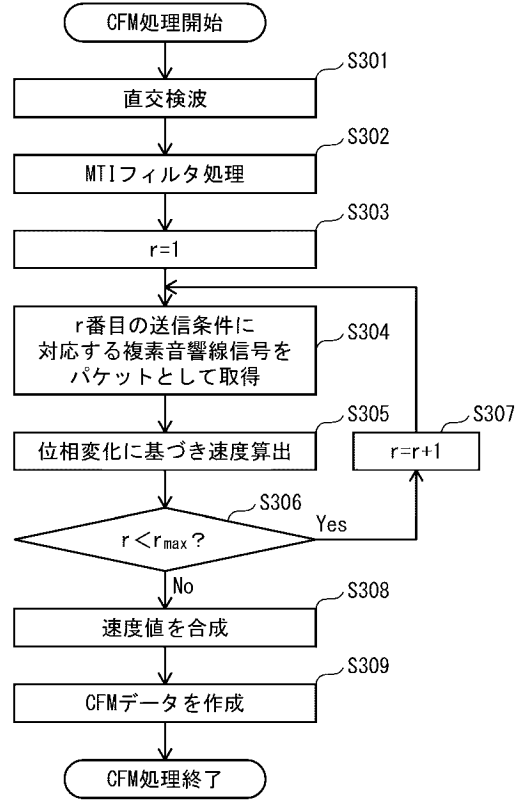
(b)



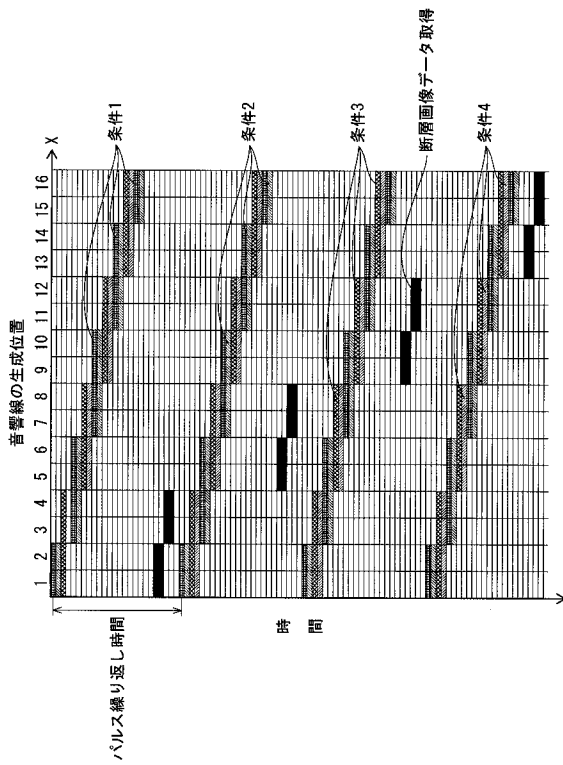
【 図 7 】



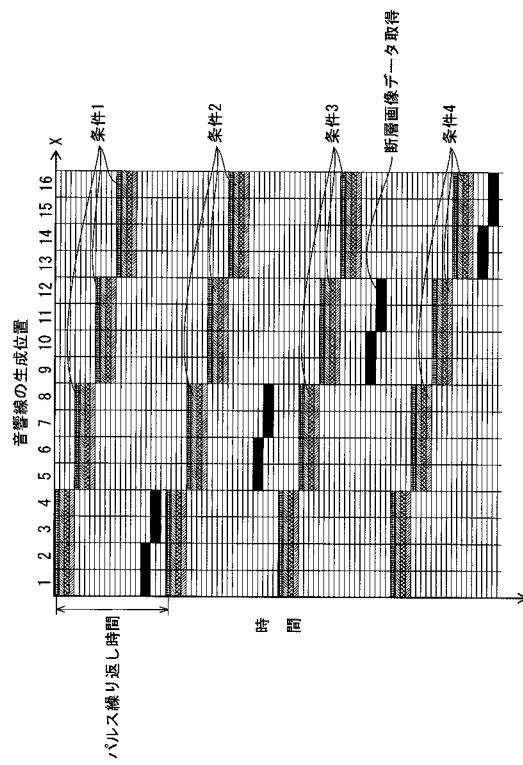
【 図 8 】



【 図 9 】

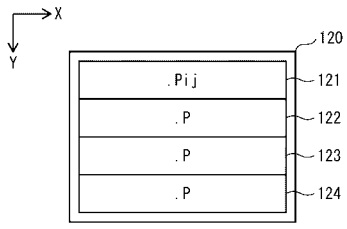


【 図 10 】

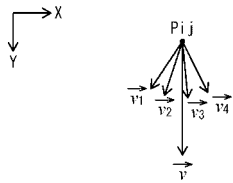


【図 1 1】

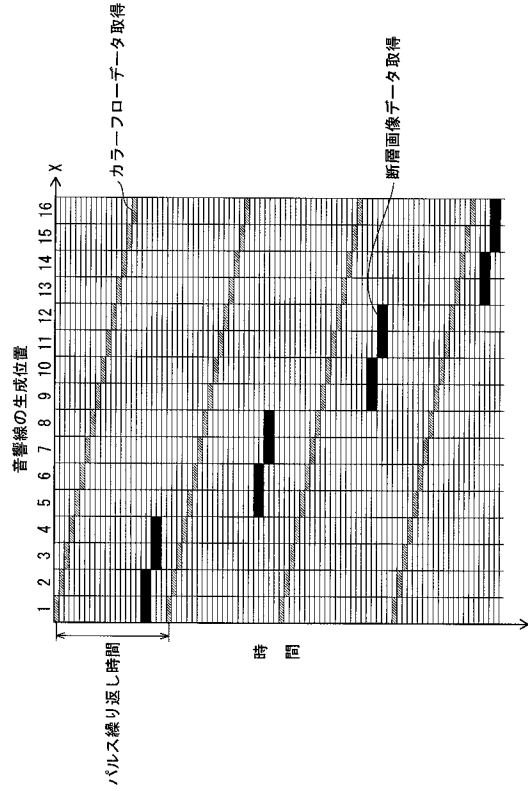
(a)



(b)



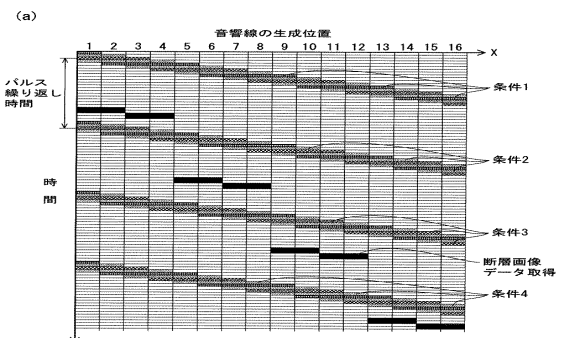
【図 1 2】



专利名称(译)	超声波信号处理装置，超声波信号处理方法以及超声波诊断装置		
公开(公告)号	JP2019130050A	公开(公告)日	2019-08-08
申请号	JP2018015216	申请日	2018-01-31
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	進泰彰		
发明人	進 泰彰		
IPC分类号	A61B8/06		
CPC分类号	A61B8/06 A61B8/488 A61B8/5207 A61B8/54 G01S7/5202 G01S7/52085 G01S15/8979 A61B8/4488		
FI分类号	A61B8/06		
F-TERM分类号	4C601/DE04 4C601/EE09 4C601/HH14 4C601/HH31 4C601/JB24 4C601/JB26 4C601/JB30 4C601/JB41 4C601/KK02 4C601/KK18 4C601/KK24		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

通过防止对象区域中的彩色多普勒图像的质量变化来提高整个对象区域的彩色多普勒图像的质量。解决方案：一种超声信号处理装置，用于通过驱动多个血流图来通过色流映射方法执行速度分析。连续设置在超声波探头上并对被检体进行超声波发送/接收的振动器包括：发送单元，用于执行将由通过选择两个或更多个发送条件而选择的发送条件所定义的超声波发送到被检体内部的处理。在预定时间间隔内以预定顺序重复；接收波束形成器单元，用于基于由振动器接收的反射超声波，与发送单元的超声波发送同步地产生声线信号；正交检测单元，用于正交检测声线信号并生成复声线信号；速度计算单元，用于对与每个分组相同的传输条件对应的多个复声线信号进行分组处理，针对每个传输条件进行分组分析，生成被摄体中的速度信息。



(b)

	周波数	送信角度	焦点深度	波数
条件1	5.0MHz	-15°	10mm	1.0
条件2	5.5MHz	-5°	20mm	1.5
条件3	6.0MHz	5°	30mm	2.0
条件4	6.5MHz	15°	40mm	2.5