

(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2007-222253

(P2007-222253A)

(43) 公開日 平成19年9月6日(2007.9.6)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/06 (2006.01)

F I

A 6 1 B 8/06

テーマコード (参考)

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2006-44650 (P2006-44650)
 (22) 出願日 平成18年2月22日 (2006.2.22)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (72) 発明者 吉川 秀樹
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内
 (72) 発明者 東 隆
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内
 Fターム(参考) 4C601 BB02 BB03 DD03 DE04 EE09
 HH14 JB43 JB51 JC16 JC25
 JC37 KK12 KK19 KK20 KK21
 LL04

(54) 【発明の名称】 血流画像表示装置

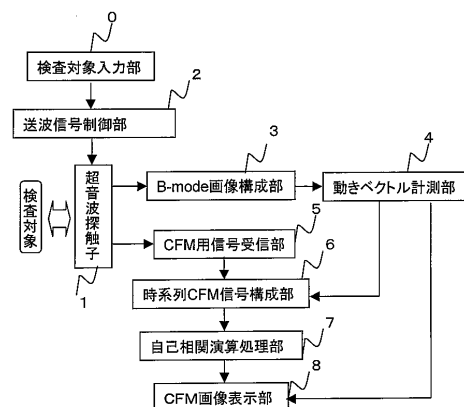
(57) 【要約】

【課題】 撮像中の対象部位における組織の動きの影響を受けない、もしくは低減したCFM画像を表示する血流画像表示装置を提供する。

【解決手段】 検査対象の動きの速さに基づいてB-mode用信号とCFM用信号の送信トリガを制御する送波信号トリガ制御部と、検査対象に対して超音波を送受信する圧電素子がアレイ状に配列された超音波探触子と、受信信号によりB-mode画像を構成するB-mode画像構成部と、B-mode画像を用いて検査対象の動きベクトルを計測するための動きベクトル計測部と、超音波探触子からのCFM用信号を受信するCFM用信号受信部と、動きベクトル計測部において計測された動きベクトルに基づいて、前記検査対象の同一部位に位置するCFM計測領域を選択し時系列にメモリに記憶させる時系列CFM用信号蓄積部と、時系列CFM用信号を用いて自己相関演算処理を行なう自己相関演算処理部とを有する。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検査対象についての情報を入力し前記検査対象の血流速のおおよその値を装置に入力する検査対象入力部と、送波シーケンスの制御を行う送波信号制御部と、前記送波シーケンスに従って超音波の送受信を行なう超音波探触子と、受信した超音波二次元画像用信号を用いて超音波二次元画像を構成する超音波二次元画像構成部と、前記超音波二次元画像を用いて動きベクトルを計測する動きベクトル計測部と、血流画像用信号の受信及び血流計測領域を設定する血流画像用信号受信部と、前記動きベクトル計測部で計測する前記動きベクトルに基づき、前記検査対象の同一部位に設置されている血流計測領域を、受信した複数の血流画像用信号から選択し時系列血流画像用信号として保持する時系列血流画像用信号構成部と、前記時系列血流画像用信号を用いて自己相関演算処理を行ない、概領域の血流速および分散値を計測する自己相関演算部と、血流速及びその方向によって色分けした血流画像を構成し表示する血流画像表示部とを有する血流画像表示装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の血流画像表示装置において、超音波二次元画像用信号及び血流画像用信号の送波シーケンスは、前記検査対象の動く速さ及び血流速によって決定することを特徴とする血流画像表示装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の血流画像表示装置において、前記動きベクトルの計測は二枚以上の超音波二次元画像を用いて二次元で行なわれ、前記検査対象の同一部位に設置されている前記血流計測領域の選択は、前期動きベクトルの計測結果に基づいて深さ方向及びラスタ方向の双方で行なわれることを特徴とする血流画像表示装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 に記載の血流画像表示装置において、前記血流画像用信号の取得時間は検査対象の動く速さによって決まることを特徴とする血流画像表示装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の血流画像表示装置において、前記検査対象の動く速さが変化するとき、動きベクトルの計測結果に基づいて送波シーケンスが変更されることを特徴とする血流画像表示装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の血流画像表示装置を用いる画像表示装置であって、前記検査対象のラスタ方向の位置が異なる、動きの影響を除いた複数の二次元血流画像を保持するための二次元血流画像構成部と、前記二次元血流画像を用いて、超音波二次元画像による前記動きベクトル計測の結果に基づく動き補正及び画像再構成処理によって、三次元血流画像を構成するための三次元血流画像構成部を有し、超音波二次元画像による動きベクトルの計測結果に基づいて、三次元血流画像を再構成することを特徴とする三次元血流画像表示装置。

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載の三次元血流画像表示装置において、複数の二次元血流画像の間に生じる動きベクトルの計測は、二次元血流画像を構成する際に取得した超音波二次元画像を用いて行ない、また前記超音波二次元画像上に自己相関演算を行なうために設ける血流計測領域と同程度の領域を基準領域として設定し、前記基準領域によって行なうことを特徴とする三次元血流画像表示装置。

40

【請求項 8】

請求項 1 に記載の血流画像表示装置において、動きベクトル計測結果に基づき、ラスタ位置の移動が行なわれることを特徴とする血流画像表示装置。

【請求項 9】

検査対象の複数の計測領域を設定する計測領域設定部と、
前記計測領域で超音波信号を送受信するための探触子と、
前記計測領域設定部で設定した計測領域内の前記検査対象の動きを検出する体動計測部

50

と、

1 の前記計測領域からの超音波受信信号と他の前記計測領域からの超音波受信信号とを比較し、前記体動計測部で検出結果に基づき、前記検査対象の同一部位についての経時的な信号群を選択する信号選択手段と、

前記信号群についてずれを検出し、前記同一部位の動きを検出を行う信号処理手段と、

前記信号処理手段の検出結果に基づいて構成される前記検査対象の血流画像を表示するための表示部とを有する画像診断装置。

【請求項 10】

前記信号選択手段は前記検査対象の血管の同一部位についての経時的な信号群を選択することを特徴とする請求項 9 に記載の画像診断装置。

10

【請求項 11】

前記計測領域からの超音波受信信号と他の前記計測領域からの超音波受信信号とは、各々経時的な複数の信号の群であることを特徴とする請求項 9 に記載の画像診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波探触子により送受信した複数の超音波信号を用いて検査対象の平均血流速を計測し、血流分布を示す二次元画像を構成する際に、超音波画像を用いて計測する検査対象の動きを補正し、動きの影響を除いた高精度の血流画像を表示する装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

超音波を用いた血流の可視化技術(CFM(Color Flow Mapping))は、血管の分布や血流動態を非侵襲にかつ実時間で画像化できるため、診断や治療用のモニタリングツールとして医療現場で不可欠な技術となっている。

【0003】

超音波による血流計測は、検査対象の着目領域に対して超音波の送受信を複数回行ない、血流によって生じるドプラ周波数を自己相関演算処理によって計測することで行なう。計測したドプラ周波数からは、当該領域の平均血流速や血流方向の計測が可能である。超音波送受信を二次元で行ない、得られた各領域の血流情報を用いて画像を構成することにより、血流速や血流方向によって色分けされた二次元CFM画像が表示される。

30

【0004】

組織の動きの影響を除し、血流内を流れる造影剤からの信号のみを抽出する方法として、組織からの強い反射エコーを利用して、着目領域からの複数の受信信号に含まれる組織の動きを補正する方法が提案されている(特許文献1)。造影剤からの反射エコーに含まれる高調波成分を抽出し画像化することを目的とした特許文献1に記載の技術は、CFMとは目的、手法共に異なるが、組織の動きを除する課題は共通である。この技術は、高い感度で高調波成分を画像化するパルスインバージョン法(特許文献2)に関する。以下に、パルスインバージョン法について簡単に説明する。まず、互いに位相が180度ずれた二波を検査対象に向けて送信し、各々の基本波成分と第二高調波成分を含む合計四つの反射エコーを受信する。受信した基本波成分同士及び第二高調波成分同士を加算処理することにより、基本成分は位相が反転しているため互いに打ち消し合い、一方で、第二高調波成分は送波信号に含まれた180度の位相差が二倍の360度になるため二倍に強調される。この第二高調波成分を画像化することにより、高い感度で血管の画像化が可能である。パルスインバージョン法では検査対象の同一領域からの信号を正確に加算処理することが前提にあり、組織の動きがある場合には、基本波成分の消し残しや第二高調波成分がずれて加算される問題が生じる。特許文献1に記載の手法は、組織からの反射エコーが血流からのそれと比べて非常に強いことを利用したものである。受信した二つの反射エコーに対して、相関演算等の手法により、組織からの強いエコー信号を基準にした組織の動きの補正を行なった後、加算処理を行なう。この手法により、血流からの高調波成分を正確に抽

40

50

出し、高い感度で血流を画像化できる。

【0005】

【特許文献1】特開第2001-286472号公報

【0006】

【特許文献2】米国特許第6095980号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

着目領域の血流情報を正確に計測するには、自己相関演算処理に用いる複数の受信信号がいずれも検査対象の同一領域からの反射信号である必要がある。しかし、生体内部の組織は呼吸や心拍の影響で必ず動いているため、複数回の送受信によって得られた時系列信号が検査対象の同一領域からの反射信号である保障はない。 10

【0008】

また、検査対象が動いている場合には、計測されるドプラ周波数には血流によるものと組織の動きによるものの両方が含まれる。通常、組織の動きは血流に比べて非常に遅く低周波であるため、低域遮断フィルタに代表される周波数フィルタ処理によって、血流による情報のみを抽出している。しかし、周波数フィルタ処理では、組織の動きと同程度の低速血流の情報も欠落するため、計測精度が低下する問題を残している。

【0009】

特許文献1に記載の動き補正方法を血流像撮像に適用して、動き補正された血流像を得るには、異なる時相の血流像同士で相関演算を行い動きを推定、補正する方法や、血流信号でなく、血流信号の計算の元になる受信RF信号間で相関演算を行い組織の動きを推定し、血流像に反映させる方法などがありうる。前者は動脈の血流など、断続的にしか信号が生じない場合には適用が難しいのに対し、後者の方法は断続的にしか血流が生じない状況でも、組織からのRF信号は常に存在しているので適用可能である。しかし、血流像撮像におけるRF信号を用いた、動き補正された血流像を得るには以下の課題がある。 20

【0010】

血球からの反射信号は生体組織からの反射信号に比べると小さいため、血流像撮像においては、送波エネルギーを大きくしている。生体への安全性の観点から、超音波断層像撮像においては、振幅が制限されているので、送波エネルギーを増やすために、空間分解能より感度を優先して、送波波形を時間軸方向に長く取っている。このことにより、深さ方向の空間分解能が劣化し、動きの推定の精度が悪い。また、血流像撮像においては、一箇所信号を取得するために複数回の送受波を行なうことによるフレームレートの低下を防ぐため、走査線の間隔を荒く取っている。そのため、血流像信号から動きを推定するには、横方向への精度も悪い。仮に精度があっても、走査線が荒いので、変形後の対応する位置の情報が欠落するので、従来公知の体動補正法もしくはそこから類推される範囲の体動補正法を行っても、体動補正積算型の血流像撮像は困難である。 30

【0011】

本発明の目的は、検査対象の変形や動きの影響を補正し、低速血流から高速血流まで正確に映し出した血流分布画像を表示する、血流画像表示装置を提供することにある。 40

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の血流画像表示装置では、超音波画像を動き計測領域に細分化して各動き計測領域内の動きベクトルを計測し、前記動きベクトルに基づいて、複数回受信する血流計測用信号(CFM用信号)から検査対象の同一領域からの信号のみを選択して時系列CFM信号を構成し、前記時系列CFM信号を自己相関演算処理することにより、着目領域の平均血流速及び血流の方向によって色分けした二次元画像を構成し、これを細分化した全ての計測領域に対して行ない、得られた二次元画像を再構成することにより、組織の動きの影響を除いた血流分布画像を表示する。特に、動き推定のために、CFM撮像の途中に動き推定用断層像撮像を行うことが精度向上のために重要である。 50

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の血流画像表示装置の代表的な構成例について記す。

【 0 0 1 4 】

(1) 検査対象についての情報を入力する検査対象入力部と、検査対象に対して超音波を送受信するための超音波探触子と、B-mode (超音波二次元画像) 用信号とCFM (血流画像) 用信号の送信トリガを制御するための送波信号トリガ制御部と、受信信号からB-mode画像を構成するためのB-mode画像構成部と、B-mode画像を複数の動き計測領域に細分化し、各動き計測領域内にて検査対象の動きベクトルを計測するための動きベクトル計測部と、受信した複数のCFM用信号を保持するためのCFM用信号受信部と、保持しているCFM用信号にCFM計測領域を設定し、複数のCFM用信号から前記CFM計測領域と同一部分に相当するCFM用信号を、動きベクトル計測部で計測した動きベクトルに基づいて選択し、自己相関演算処理に用いる時系列CFM信号を構成するための時系列CFM信号構成部と、自己相関演算処理により平均血流速と血流の方向を計測するための自己相関演算部と、血流の速さと方向で色分けした血流分布画像を構成し、表示するためのCFM画像表示部とを有する。

【 0 0 1 5 】

(2) 前記 (1) の血流画像表示装置において、超音波探触子からのB-mode用信号とCFM用信号の送波シーケンスは、検査対象の動きの速さ及び計測する血流速の最大値によって決定されることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

(3) 前記 (1) の血流画像表示装置において、自己相関演算処理を行なう時系列CFM信号は、動きベクトル計測部で計測される動きベクトルに基づいて選択されたCFM用信号により構成されることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

(4) 検査対象の動きの速さ及び血流速によって送波シーケンスを決定する手段と、CFM計測領域と同一部分に相当するCFM用信号を、動きベクトルの計測結果に基づいて、複数のCFM用信号から選択して時系列CFM信号を構成する手段と、前記時系列CFM信号によって自己相関演算処理を行ない、血流分布画像を表示するCFM画像表示部とを具備してなることを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明の血流画像表示装置によれば、検査対象の動きの影響を受けない血流計測が可能であり、組織の動きに近い低流速血流を含む高精度な血流分布画像を表示できる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 9 】

本発明の血流画像表示装置では、B-mode画像を用いて検査対象の動きベクトルを計測し、その計測結果に基づいて、CFM計測領域と同一部分に相当するCFM用信号を複数のCFM用信号から選択して時系列CFM信号を構成し、前記時系列CFM信号を用いて自己相関演算処理をし、血流分布画像を表示する。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 0 】

まずCFMの撮像原理に関して図 1 3 を用いて説明する。図の右側は、時刻 1 から 8 における一つの血球の動きを示す。この血球の動きを捉えるために、パケット送受信と呼ばれる、同一部位に対して信号を複数回セット (この例では 8 回) で送受信を行う。図左側に、時刻 1 から 8 において、超音波をパケット送受信した場合の、各パケット内の受波エコー信号を示す。対象物の動きによって、対象物までの距離が変わるので、受波パルス信号が時間軸上でずれる。図中の点線で示すように、時間軸上のある一点で考えると、図 (1 b) に示すように、パケット内で位相が回転している。この位相回転量から、各位置における対象物動きの速度を推定し、画像化するのが、CFM撮像である。対象物の動きの早さによって、パケット内での最適繰り返し周波数が異なり、速い動きを対象にする場合は高い周波数が必要であり、遅い動きを対象にする場合は低い周波数が必要となる。1パケッ

10

20

30

40

50

ト分の情報を取得し終わると、隣の走査線（ラスタ）に移り、同じ操作を行い、一画面分の情報を取得、断層像を表示する。通常の超音波断層像撮像に比べ、同一部位に複数回送受波を行うため、1パケットの送受波回数の分だけフレームレートが低下するので、通常は、CFM撮像においては、Bモード撮像の場合に比べラスタの数を減らして撮像を行い、ラスタ間の補間により画像を作成している。

【0021】

図1は、実施例1の血流画像表示装置の構成を示すブロック図である。

本実施例の血流画像表示装置では、検査対象の動きの速さ及び血流速に応じてB-mode用信号およびCFM用信号の送波シーケンスを決定し、前記送波シーケンスに従ってCFM用信号及びB-mode用信号の送受信を行ない、CFM用信号の前後に取得したB-mode画像を用いて検査対象の動きベクトルをB-mode画像上に設定する動き計測領域毎に計測し、動きベクトルの計測結果に基づいて、最初に受信したCFM用信号上に設定するCFM計測領域と同一部位に相当するCFM用信号を、複数のCFM用信号から選択して時系列CFM用信号を構成し、前記時系列CFM用信号を用いた自己相関演算処理により平均血流速及び血流の方向を計測し、血流の速さと方向によって色分けしたCFM画像を随時表示する。

10

【0022】

最初に、検査対象への超音波信号の送受信から、検査対象の動きを除いたCFM画像表示に至るまでの装置の構成について、図1のブロック図を用いて説明する。

【0023】

検査対象入力部0で術者が検査する対象を選択すると、対象部位に対応した、予め設定されている測定速度範囲が選択される。速度範囲の上限は、計測を行う上限となる血流速度である。上限だけでなく下限も設定する必要がある。これは動きのある生体組織からの反射エコー強度は血流からのエコー強度に比べ大きいため、ある閾値以下の低速成分はカットしないと、血流信号が生体からの信号に覆い隠されて見えなくなってしまうからである。入力された速度範囲は送波信号トリガ制御部2に送られて、B-mode用信号の撮像時間 t_B とCFM用信号の撮像時間 t_{CFM} が計算され、 t_B 及び t_{CFM} が繰り返してなる送波シーケンスが決定される。前記送波シーケンスに従って、超音波探触子1（以下、探触子）から検査対象に向けて超音波が照射される。探触子1は複数の圧電素子が一次元または二次元に配列された構造を持つ。送波信号トリガ制御部2からB-mode用信号ないしCFM用信号の送信トリガが入ると、探触子1の各素子には、所定の深度で集束するのに必要な時間遅延が電子的にかけられた送波信号が、ここには図示しないA/D変換器を介して入力される。送波信号は検査対象内部の反射体によりエコー信号として反射され、探触子1の各圧電素子で受信される。B-mode用信号として送信された超音波のエコー信号は、受信後にB-mode画像構成部3に送られ、焦点距離に応じたゲイン補正と、焦点距離に応じて各素子の間に生じる時間遅延の補正がなされた後に加算処理され、ラスタ信号と呼ばれる深さ方向に沿った一次元信号が構成される。集束超音波を二次元走査させて得られた複数のラスタ信号に包絡線検波および走査線間の補間を加えることで、検査対象の超音波に対する反射率を反映したB-mode画像が構成される。B-mode画像は動きベクトル計測部4で複数の動き計測領域に区分され、各動き計測領域で検査対象の動きベクトルが計測される。動きベクトルは、二枚のB-mode画像上の同一部分に設定された動き計測領域同士による相互相関演算処理によって求められる。各計測領域で求めた動きベクトルは、時系列CFM信号構成部6に送られる。

20

30

40

【0024】

次に、送波信号トリガ制御部2からCFM用信号トリガが入力されると、探触子1によりCFM用信号の送受信が行なわれ、CFM用信号受信部5に取り込まれる。CFM用信号の送受信は、B-mode用信号と異なり、各ラスタで複数回行なわれる。時系列CFM信号構成部6では、各ラスタで最初に取り込まれたCFM用信号上にCFM計測領域が設定され、設定された領域と同一部位に相当するCFM用信号が、二回目以降に取り込まれたCFM用信号から、計測した動きベクトルに基づいて選択されて時系列CFM信号が構成される。前記時系列CFM信号は、自己相関演算部7で、自己相関演算処理がなされ、血流の平均速度および分散値が計算

50

される。自己相関演算処理がなされたCFM計測領域は、血流の速さや方向に基づいて色分けされた二次元画像データに変換され、CFM画像表示部8に送られる。CFM画像表示部8では、複数のCFM計測領域から構成された二次元画像データが、検査対象全体を映す一枚のCFM二次元画像に再構成され、画面上に表示される。

【0025】

次に、CFM用信号の送受信、検査対象の動き補正処理、時系列CFM信号の作成を経てCFM画像を構成するまでの工程を、図6に示すフローチャートおよび図14に示す送波シーケンスを用いて説明する。図14(a)はB-mode撮像ONとOFFのタイミング、図14(b)はCFM撮像ONとOFFのタイミングを表す。 f_1, f_2 は動きベクトル計測に用いるB-mode画像を示す。 S は各ラスタのCFM用信号を表し、上付き文字と下付き文字は各々ラスタ番号(最大 m 番)と、各ラスタにおける信号の送受信回数(最大 n 回)を表す。また、 P は、CFMの動き補正ブロックを表す。 P の左側上付き文字は深さ方向に沿って(探触子に近い領域から順に)付けられたブロック番号である。 P の右側の上付きおよび下付き文字はCFM用信号 S の時と同様で、各々ラスタ番号(最大 m 番)と、各ラスタにおける信号の送受信回数(最大 n 回)を表す。

【0026】

最初に、動きベクトルを計測するためのB-mode画像 f_1 を構成する(工程1)。次に、CFM用送波信号トリガが入力されCFM撮像モードに入り、各ラスタにてパケット内1番目のCFM信号($S^1_1 - S^m_1$)が取り込まれる(工程2)。取り込まれた各ラスタ信号は j 個のCFM動き補正ブロック($S^1_1 = {}^1P^1_1 - {}^jP^1_1$)に区分される(工程3)。各ラスタ上に設定されるCFM動き補正ブロックの数 j は、CFM画像の視野にもよるが8個から12個である。続いて、B-mode画像 f_2 が取り込まれ(工程4)、 $f_1 - f_2$ 間に生じた動きベクトルを最小二乗法または相互相関演算によって計測する(工程5)。動きベクトルの計測は、B-mode画像上に設置された複数の動き計測領域毎で行なわれる。次に再び、CFM用送波信号トリガが入力されCFM撮像モードに入り、各ラスタにてパケット内2番目のCFM信号($S^1_2 - S^m_2$)が取り込まれる(工程6)。取り込まれた各ラスタ信号は j 個のCFM動き補正ブロック($S^1_2 = {}^1P^1_2 - {}^jP^1_2$)に区分される(工程7)。

【0027】

動きベクトルの計測結果に基づいて、ラスタ上に設定されたCFM動き補正ブロックと同一部位に相当するCFM用信号が、取り込んだ全てのラスタ信号から選択され(工程8)、時系列CFM信号がメモリに格納される(工程9)。メモリに格納された時系列CFM信号は、自己相関演算処理され、平均血流速度および分散値が計算される(工程10)。自己相関演算処理を用いた血流の平均血流速及び分散値の計算は、一般の超音波診断装置で広く使われている処理であるため、詳しい説明は省略する。全てCFM計測領域において構成された二次元画像データをビデオ信号に再構成することにより、検査対象全体の血流分布画像(CFM画像)が構成され、画面に表示される(工程11)。

【0028】

次に、動きベクトル計測の結果に基づく、パケット内動き補正型のCFM信号の構成方法について説明する。

【0029】

具体的な構成方法について図7を用いて説明する。説明を簡略化するため、ここではラスタ数を3本、各ラスタ上に設定するCFM計測領域の数を7個、ラスタ方向への超音波走査を3回繰り返して得たCFM用信号を想定し、CFM動き補正ブロック ${}^1P^1_1$ に関する時系列CFM信号の構成について説明する。401a、401b、401cは、それぞれ1回目、2回目、3回目のCFM信号用をラスタ方向に走査した時のB-mode画像(f_1, f_2, f_3)を表し、402a、402b、402cは、画像401a、画像401b、画像401cの中にある検査対象を示す。つまり、CFM用信号を3回走査させる間に、検査対象は402aから402bの位置を経て402cの位置に移動したことを表す。ラスタ信号 S^1_1 はCFM動き補正ブロック ${}^1P^1_1$ から ${}^7P^1_1$ に分割され、以下 S^2_1 、 S^3_1 および二回目、三回目のCFM用信号の走査で得られる S^1_2 、 S^2_2 、 S^3_2 および S^1_3 、 S^2_3 、 S^3_3 も同様に各々7個のCFM動き補正ブロックに分割される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

今、401a上のCFM動き補正ブロック 1P_1 に着目し、402a、402cから検査対象の動きを考慮せずに時系列CFM信号を構成した場合、 1P_2 、 1P_3 が選択される。 1P_3 を選択する段階で、実際には検査対象は402cの位置まで移動しているため、選択された時系列CFM信号では正確な血流計測はできない。したがって、動きベクトル計測部で計測された動きベクトルを用いて、検査対象の同一部位に対応するCFM動き補正ブロックを選択する必要がある。403は、 1P_1 が設置された領域の動きベクトルを示す。この動きベクトル403を用いて、 1P_1 と同一部位に相当するCFM動き補正ブロック 2P_2 が、二回目に走査されたCFM用信号群(S_2^1, S_2^2, S_2^3)から選択される。CFM動き補正ブロック 1P_1 に対応した、動き計測領域における動きベクトルの計測結果が(x,y)のとき、動きベクトル403、404は(x/3,y/3)と推定される。同様にして、動きベクトル404(x/3,y/3)を用いて、CFM計測領域 3P_3 が三回目に走査されたCFM用信号群(S_3^1, S_3^2, S_3^3)から選択される。

【 0 0 3 1 】

以上の処理を全てのCFM計測領域に対して行うことで、検査対象の同一部位毎に纏められた時系列CFM信号がメモリに格納され、自己相関演算処理、血流分布画像の構成がなされる。この説明では、CFM計測領域は互いに重なり合わない説明を行ったが、実際にはCFM計測領域は重なり合っている方が精度を向上するには望ましい。動き補正ブロックが互いに重ならないと、血流信号検出用の自己相関窓が動き補正ブロックの境界をまたいでいる場所において、相関演算に誤差が出やすくなる。

【 0 0 3 2 】

B-mode画像に設定される動き計測領域とCFM用信号に設定されるCFM計測領域が同じである場合は、各CFM計測領域における動きベクトルが直接に計測されるため、時系列CFM信号を構成する際の領域選択は計測した動きベクトルに従えばよい。動き計測領域がCFM計測領域よりも大きい場合には、動きベクトルを計測した後に、動き計測領域をCFM計測領域と同じ大きさに再度領域分割し、分割した領域の動きベクトルを再計算する。図12の121は4つの動き計測領域を示し、各領域での動きベクトルをV1、V2、V3、V4、とする。CFM計測領域の大きさに合わせるために、動き計測領域121の各領域を4分割し(122)、分割された領域123における動きベクトルV5を考える。分割前の各動き計測領域の中心を124、分割後の領域123の中心を125とし、V5は領域123の中心から周辺領域までの距離に応じた重み付けをして求められる。今、(V1、V2、V3、V4)に対する距離の比が(x_1, x_2, x_3, x_4)($x_1 < x_2 = x_3 < x_4$)であった場合、 $V5 = (x_4 \cdot V1 + x_2 \cdot V2 + x_3 \cdot V3 + x_1 \cdot V4) / (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$ と計算される。

【 0 0 3 3 】

上述の体動補正方法では、基準となるCFM計測領域が時系列CFM信号群の中で最初に取得した信号(1P_1)となっているが、動きベクトル計測部4で計測される動きベクトルを反転することにより、体動補正の基準を最後に取得したCFM用信号にすることが可能である。それにより、表示されるCFM画像は、実際の検査対象の状態をより正確に反映した画像となる。

【 0 0 3 4 】

ここまでで、まずパケット内での動き補正に関して記述したが、本方法をフレーム間での動き補正に適用することも可能である。図1に示すように、動きベクトル計測部4での計測結果を時系列CFM信号構成部6に反映するパケット内動き補正に加え、フレーム間での体動補正を、CFM表示部8で行い、動きの影響を受けないパーステンスを行うことが可能になる。フレーム間動き補正に関しては、パケット内にBモード撮像が行われていない方法にも適用可能である。

【 0 0 3 5 】

次に、B-mode用信号及びCFM用信号の送波時間(t_B 、 t_{CFM})からなる送波シーケンスの決定プロセスについて説明する。

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

50

B-mode用信号およびCFM用信号の撮像時間 (t_B 、 t_{CFM}) は、対象としている血流速と検査対象の動く速さ及び視野の広さによって決まる。血流計測に関しては、CFM用信号はパルスで送信されるため、パルスの繰返し周期によって計測可能な血流の速さが制限される。また、検査対象の動き計測に関しては、超音波ビームの大きさによって制限がある。以上の制限を考慮した撮像時間 (t_B 、 t_{CFM}) の設定方法を、以下に説明する。

【0037】

血流速の計測限界は、各ラスタースタートでのパルスの繰返し周期を T 、血流によって生じるドプラ周波数を f_d とすると、 $T < 1/(2f_d)$ となる。高速血流になるほど f_d は大きくなるため、パルスの繰返し周期 T は小さくなり、計測範囲が体表近くの浅い部分に限られる。また、低速血流では繰返し周期 T が大きくなるため、CFM画像を構成するのに必要な信号の取得時間が長くなり、フレームレートが低下する。このような特性を持つ T 、視野の深度 d 、超音波の速度 c および、各ラスタースタートにおける繰返し送受信回数 n 、ラスタースタート本数 m を用いて、CFM用信号撮像時間 t_{CFM} は、 $(n \times (T + (2d/c))) \times m$ (式1)と表される。(ただし、 $T \gg 2d/c$ の場合は、同じラスタースタート位置で T の時間が経過するのを待つ間に、異なるラスタースタートの信号の取得を行うことにより、撮像時間の短縮を図ることが出来る。)

一方、B-mode画像を用いた動きベクトルの計測限界は、探触子の口径と、探触子から集束点までの深さと、送波信号の空間周波数によって決まる、スライス方向(撮像面の法線方向)の受波ビームの大きさ(Point Spread Function)に依存する。スライス方法の動きベクトルの大きさが受波ビームの大きさの20%以下であれば、動きベクトルの計測に必要な輝度情報が撮像面内に残り、二次元相関演算処理によるB-mode画像面内の動きベクトルの計測が可能である。よって、B-mode画像を取得する時間間隔、つまり t_{CFM} は、受波ビームの大きさを D 、検査対象の動く速さを V とした場合、 $V \cdot t_{CFM} \leq 0.2D$ (条件1)を満たさなければならない。例えば、探触子のスライス方向の口径が4mm、焦点距離30mm、超音波周波数が10MHzの場合には、ビームのスライス方向の幅 D は約2mmになる。検査対象の動く速さは部位によって異なるが、およそ1-40mm/secであるため、(条件1)から決まるCFM用信号の取り込み時間 t_{CFM} は $t_{CFM} < 0.02 \sim 0.8$ の範囲で設定される。(式1)と(条件1)から、繰返し周期 T と検査対象の動く速さ V の間には、 $n(T + 2d/c) \times m \leq 0.2D/V$ (条件2)の関係が導かれる。

(式1)および(条件1)を満たす撮像時間 (t_B 、 t_{CFM}) を組み合わせて、B-mode用信号およびCFM用信号の送波シーケンスが決定される。図2には、送波シーケンスの概略が示されている。B-mode用信号トリガとCFM用信号トリガが交互に入力されるのに応じて、B-mode画像(f_1, f_2, \dots)およびCFM信号($S_{CFM1}, S_{CFM2}, \dots$)が取り込まれる。CFM用信号取得時間 t_{CFM} は可能な限り長く設定され、 t_{CFM} の間に取り込むCFM信号の量や取り込み方は、血流速(時間 T)によって決定される。

【0038】

関心速度域に応じた、具体的な送波シーケンスについて図3、図4、図5を用いて説明する。各図中の(a)はhighがB-modeの撮像ON、lowが撮像OFF、(b)も同様にCFMの撮像時間ONとOFFを表す。 f は動きベクトル計測に用いるB-mode画像を示す。 S は各ラスタースタートのCFM用信号を表し、上付き文字と下付き文字は各々ラスタースタート番号(最大 m 番)と、パケット内の何回目か(最大 n 回)を表す。

【0039】

図3は、検査対象の動く速さが速く(t_{CFM} 短)、血流速が速い(T 短)場合の送波シーケンスの例で、B-mode画像と1ラスタースタート分のCFM用信号(n 回送受信)を交互に繰返し取り込み、CFM画像の構成に必要な全てのラスタースタート信号を受信する。

【0040】

図4は、検査対象の動く速さが比較的速く(t_{CFM} 短)、血流速が遅い(T 長)場合に有効な送波シーケンスの例で、複数のラスタースタートを一纏めとし、各々のラスタースタートにおけるCFM用信号を受信した後にB-mode画像を取り込む。図4ではラスタースタート3本を一纏めとした時の例である。最初にB-mode画像を取り込み、続いて1ラスタースタート目から3ラスタースタート目までの超音波走査を n 回繰返し、3ラスタースタート分のCFM用信号を取り込む。血流速が速く、1パケット

10

20

30

40

50

送受信の間に他ラスタの信号を取っている時間が無い場合には、ラスタ毎に超音波送受信をしてもよい(図4)。以上の超音波送受信を繰り返し、全てのラスタのCFM用信号を取り込む。

【0041】

図5は、検査対象の動く速さが遅く(t_{CFM} 長)、血流速が速い(T短)場合の送波シーケンスの例で、全てのラスタ信号を、途中でB-mode画像を取り込むことなく連続して送受信する。最初にB-mode画像を取り込み、続いて1ラスタ毎にn回のCFM用信号の送受信を行ない、これを全てのラスタ(m本)に渡って行なう。

【0042】

図5-2は、検査対象の動く速さが遅く(t_{CFM} 長)、血流速が遅い(T長)場合の送波シーケンスの例で、最初にB-mode画像を取り込み、続いてラスタ方向への超音波走査をn回繰り返してCFM用信号を送受信する方法である。

10

【0043】

検査対象の動く速さが遅く(t_{CFM} 長)、血流速が遅いが、全ラスタ(m本)を超音波走査させるほどの時間Tが確保できない場合には、複数のラスタ(m以下)を一纏りにしてラスタ群を形成し、各ラスタ群においてラスタ方向への超音波走査をn回繰り返す送受信方法により、全てのラスタ信号を取得する方法(図5)が考えられる。

【0044】

検査対象の動く速さが遅く、 t_{CFM} がCFM用信号を全ラスタにおいて取り込める場合には、CFM用信号を取り込んでいる途中に適宜B-mode画像を取り込む方がよい。検査対象の動きを補正するCFM用信号の量に対して、B-mode画像が多いほど、動きの補正精度が向上するためである。

20

【0045】

図3、図4、図5に示すいずれの送波シーケンスにおいても、B-mode画像の取得に要する時間 t_B は可能な限り短い方がよい。 t_B を短くする手段として、B-mode画像のラスタ数をCFM用信号のラスタに合わせて減らす方法が考えられる。

【0046】

図1に示すブロック図に従う血流画像表示装置では、術者が画面に表示される検査対象を選択することにより検査対象の動く速さ及び血流速が決定され、それによりB-mode用信号及びCFM用信号の送波シーケンスが決定されるシステムである。図8に示すブロック図に従う血流画像表示装置では、送波シーケンスの最初に二枚以上のB-mode画像及び血流計測のための信号を取り込み、検査対象の体動及び血流速を計測する。この計測結果に基づいてB-mode用信号及びCFM用信号の送波シーケンスを決定するシステムである。このシステムの場合、動きベクトル計測部4で計測した検査対象の動く速さの情報が送波信号トリガ制御部2に送られるため、術者が操作中に検査対象の動く速さが変化しても自動的に最適な送波シーケンスで血流画像を表示することが可能である。

30

【0047】

以上に説明した血流画像表示装置ではCFM画像について述べられているが、パワードップラ画像を用いた場合でも、自己相関演算処理以外は同様の装置構成及び信号処理のフローチャートにより、体動の影響を除いたパワードップラ画像の表示が可能である。パワードップラでは自己相関演算処理の代わりに、得られたCFM用信号を用いてドプラ周波数の強度演算が行なわれる。血流方向の情報は得られないが、血流によって生じた周波数偏移の全信号強度を画像化するため、CFM画像に比べて高い感度で血管を画像化できる。

40

【実施例2】

【0048】

以下、実施例1の血流画像表示装置を利用した、三次元血流画像表示装置について図10のブロック図を用いて説明する。

【0049】

検査対象の三次元情報を取り込むために、使用する超音波探触子1の構成及び撮像方法は複数考えられる。超音波探触子1が一次元アレイの場合、三次元情報を取り込むために

50

、前記超音波探触子をスライス方向に機械的に走査させる必要がある。走査方法は、術者が手動で走査させてもよく、また、モーター制御で自動的に走査させてもよい。超音波探触子 1 が二次元アレイの場合、前記超音波探触子を機械的に動かすことなく任意撮像面を取り込むことが可能であるため、スライス方向に自動的に撮像面を走査させて、検査対象の三次元情報を容易に取り込むことが可能である。

【0050】

超音波探触子 1 による超音波の送受信から検査対象の動きを除した二次元CFM画像を構成するまでの装置の構成及び信号処理の工程は、実施例 1 と同じである。自己相関演算処理された信号は、二次元CFM画像構成部 9 で検査対象の動きの影響を除した二次元CFM画像に構成され、メモリに保持される。図 11 の 111 は保持された二次元CFM画像を示す。次に、スライス方向に僅かにずれた二次元CFM画像を取得するための超音波送受信が、送波信号トリガ制御部 2 からの送波シーケンスに従って行なわれ、新たな二次元CFM画像が二次元CFM画像構成部 9 でメモリに保持される（図 11 の 112）。次に、二枚の二次元CFM画像 111 と 112 は三次元CFM画像構成部 10 に送られ、検査対象の動きを補正した三次元CFM画像に構成される。

10

【0051】

次に、検査対象の動きの補正方法について図 11 を用いて説明する。二次元CFM画像を構成するための超音波信号の送波シーケンスについては実施例 1 で説明した。そこでは、CFM用信号から検査対象の動きの影響を除するために、CFM用信号の送信開始前、及び二次元CFM画像を構成するための最後のCFM用信号の受信後に、必ずB-mode画像を取得する。したがって、実施例 2 では、二次元CFM画像 111 を取得した直後のB-mode画像 115 と二次元CFM画像 112 を取得した直後のB-mode画像 116 を動きベクトル計測部 4 に保持し、前記二枚のB-mode画像（115，116）によりCFM画像 111 とCFM画像 112 の間に生じる動きを補正する。取得した各二次元CFM画像は動きの補正が成された画像であるため、CFM画像 111 とCFM画像 112 の間の動き補正は、B-mode画像 115 上に設ける基準領域 114 を用いて行なえば、自動的に二次元画像内全体の動きの補正がなされる。体動補正の方法は、二次元CFM画像を構成する際に行なった方法と同じである。基準領域 114 と最も整合が取れる領域を、相互相関演算または最小二乗法によって、B-mode画像 116 から探索する。探索の結果得られる領域と基準領域とが重なるように二次元CFM画像 111 と 112 を再構成することにより、検査対象の動きの影響を除した三次元CFM画像が構成される。

20

30

【0052】

新たに取り込まれる二次元CFM画像 113 に関する動き補正についても同様であり、二次元CFM画像 112 および 113 を取得した後に取り込まれるB-mode画像（116、117）を用いて、B-mode画像上に新たに設置される基準領域を基にして、三次元CFM画像構成の際の動きの補正がなされる。検査対象全体の二次元CFM画像について、動きの補正および画像再構成を行なうことにより、動きの影響を除した三次元CFM画像が構成される。

【実施例 3】

【0053】

実施例 1 においては、Bモード撮像における動き推定の結果を、既に取得済みのCFMデータの中から同一部位に対応するデータを選択するのに用いている。この 3 番目の実施例では、Bモード撮像における動き推定の結果を用いて、次の送受波を行うラスタ位置の補正に用い、より小さな動きの補正を行うものである。すなわちラスタ位置を空間に対して定めるのではなく、動きに対してトラッキングを行うことで、対象臓器中の各組織に対応させたラスタを定義する。特に体動と血流の速さが同じような、抹消血管における低速血流を綺麗に描出するには、本実施例は有効である。従来は体動を除去するのに速度の違いを用いていたので、低速血流の描出は困難であった。本実施例では、パケット内の各送受信の間にBモード撮像による動き推定を行い、図 17（a）に示すように次のCFM用送受信のラスタ位置に反映させる。ここで実線 201 がパケット内で一番目の送受信におけるラスタであり、破線 202 がパケット内で二番目の送受信におけるラスタ、一点

40

50

鎖線 203 がパケット内で三番目の送受信でのラスタである。撮像シーケンスとしては、図 18 に示すように、着目する（ここでは N 番目とする）ラスタと ±1 本隣のラスタの計三本で B モード撮像を行い（工程 21）、ラスタ N 番目での CFM 撮像（工程 22）、再 N 及び N ± 1 のラスタ三本で B モード撮像を行い（工程 23）、方位方向の移動量推定（工程 24）、この推定結果に基づいて、CFM 用の二回目の送受信を行う（工程 25）この操作を 1 パケット分繰り返す。これが終了すると、CFM 用着目ラスタを移動し、N を N + J に変更。B モードでのラスタ間隔より、CFM のラスタ間隔の方が通常は荒いので、J > 1 である。この操作を繰り返すことで一画面分の撮像が完了する。

【0054】

また B モード撮像において、受信複ビームや、RF データのラスタ間補間によって、撮像時間を増やすことなく、ラスタ数を増やすことによって、ラスタ方向の動き補正精度を向上させておくと、ラスタ位置のトラッキングを行うには有効である。従来のアナログ超音波診断装置のリニア走査やコンベックス走査においては、ラスタの間隔は一定で、送受信のビームフォーミングのための各素子の遅延時間パターンは口径移動に対して不変である必要があったので、ラスタ位置のトラッキングは現実的ではない場合もあったが、近年のデジタル超音波装置では各ラスタ毎に異なる遅延時間を適用可能であるので、組織が歪みを伴って変形するような、ラスタ間隔が一定でなくなるような動きに対しても本方法が適用可能である。特に、低速血流の抽出に主眼を置いた場合は図 17（b）に示すように、深さ方向に何段階かに分けて、信号を取り込み、ラスタ位置トラッキングを深さ毎に別々に行うことで、深さ方向に一樣でない動きに対しても高精度に追跡出

10

20

【0055】

従来は動く対象に対して、撮像時間を短縮することで追従してきたが、逆に低速でも位置を補正しながら追従することで、低速血流の推定には適した画像化を行うことが可能になった。

【0056】

動き推定方法は実施例 1 に記述した方法と同様に行っても実現可能であるが、回路規模を小さくするために、ラスタのトラッキングでは横方向に移動量だけ推定し、ビームフォーミングに反映、後半の処理では深さ方向の動き補正だけ行う方法もある。横方向だけ推定するのは、例えば B モード画像データを深さ方向に積算し、深さ方向に圧縮された 1 次元データにして、1 次元相関演算を行う方法や、ベクトルドップラと呼ばれる横方向の動きに感度を持つ口径重みを使った信号取得方法がある。深さ方向に完全に動きが一樣とみなせない場合は、この処理を複数列もっておくことも、精度向上に有効である。このようにラスタのトラッキング処理に特化した部分を分離して回路規模を小さく出来ると、装置に実装する上では、実装する ASIC の選択の自由度が増えるので極めて有利である。

30

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図 1】本発明の実施例 1 になる血流画像表示装置の構成を示すブロック図。

【図 2】CFM 撮像の原理を説明する図。

【図 3】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode 用信号及び CFM 用信号の送受信から CFM 画像表示に至る信号処理工程を説明するフローチャート。

40

【図 4】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode 用信号および CFM 用信号の送波シーケンスの一例を表す図。

【図 5】実施例 1 の血流画像表示装置において、体動計測結果に基づいて、検査対象の同一部位に設置されたパケットを取得したラスタ信号から選択する方法を表す図。

【図 6】実施例 1 の血流画像表示装置において、動き計測領域よりも小さい CFM 計測領域における動きベクトルの推定方法を示す図。

【図 7】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode 用信号および CFM 用信号の送波シーケンスの一例を表す図。

【図 8】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode 用信号および CFM 用信号の送波シ

50

ーケンスの一例を表す図。

【図 9】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode用信号およびCFM用信号の送波シーケンスの一例を表す図。

【図 10】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode用信号およびCFM用信号の送波シーケンスの一例を表す図。

【図 11】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode用信号およびCFM用信号の送波シーケンスの一例を表す図。

【図 12】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode用信号およびCFM用信号の送波シーケンスの一例を表す図。

【図 13】実施例 1 の血流画像表示装置において、B-mode用信号およびCFM用信号の送波シーケンスの一例を表す図。

10

【図 14】本発明の実施例 2 になる血流画像表示装置の構成を示すブロック図。

【図 15】実施例 2 の三次元血流画像表示装置の構成を表すブロック図。

【図 16】実施例 2 の三次元血流画像表示装置において、三次元画像を構成するための二次元CFM画像と体動補正に用いるB-mode画像を示す図。

【図 17】実施例 3 の血流画像表示装置におけるラスタ位置の説明図。

【図 18】実施例 3 の血流画像表示装置において、B-mode撮像及びCFM撮像の信号処理工程を説明するフローチャート。

【符号の説明】

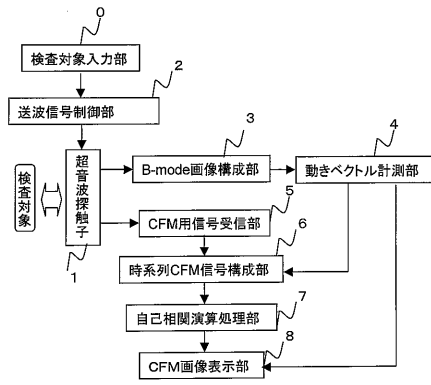
【0058】

20

0 ... 検査対象入力部、1 ... 超音波探触子、2 ... 送波信号制御部、3 ... Bモード画像構成部、4 ... 動きベクトル計測部、5 ... CFM信号受信部、6 ... 時系列CFM信号構成部、7 ... 自己相関演算処理部、8 ... CFM画像表示部、9 ... 二次元CFM画像構成部、10 ... 三次元CFM画像構成部、111 ... CFM断層像、114 ... Bモード画像内の関心領域、115 ... Bモード断層像、121 ... 動き計測領域、122 ... 分割領域、123 ... 分割領域、124 ... 分割前の各動き計測領域の中心、125 ... 分割後の領域123の中心、201 ... 一回目の送受信におけるラスタ、202 ... 二回目の送受信におけるラスタ、203 ... 三回目の送受信におけるラスタ、401 ... 1回目、2回目、3回目のCFM信号用をラスタ方向に走査した時のB-mode画像、402 ... 検査対象、403 ... 動きベクトル。

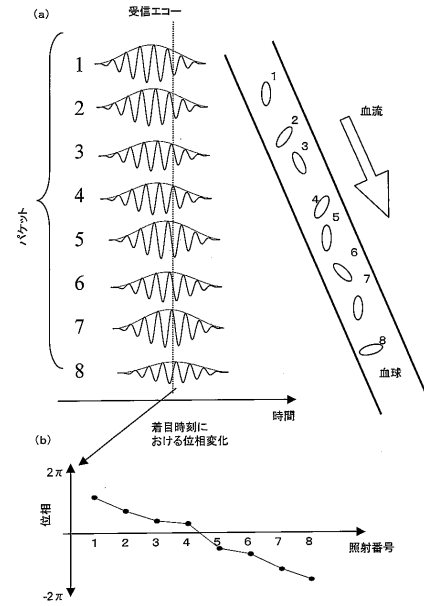
【図 1】

図1



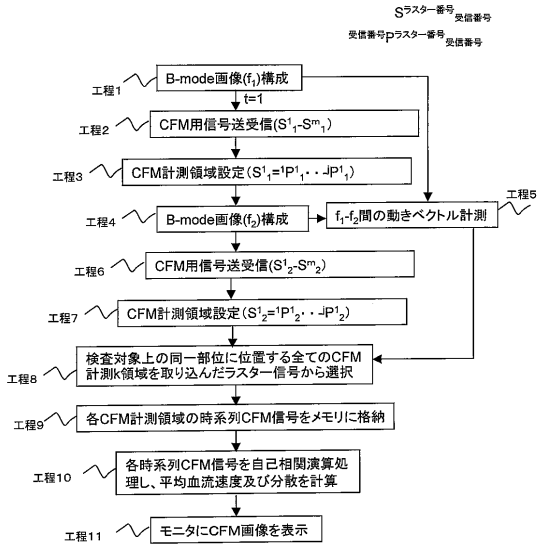
【図 2】

図2



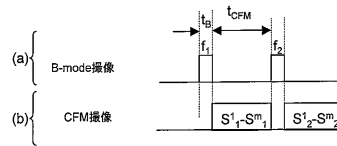
【図 3】

図3



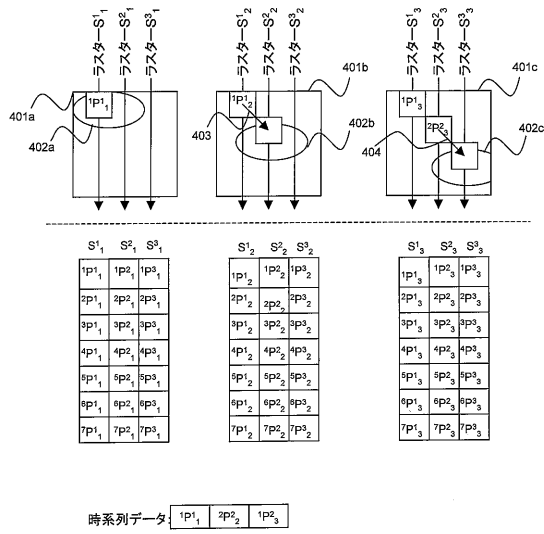
【図 4】

図4



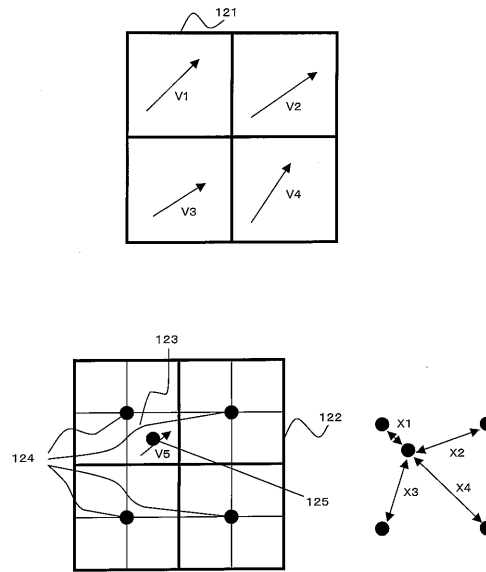
【 図 5 】

図5



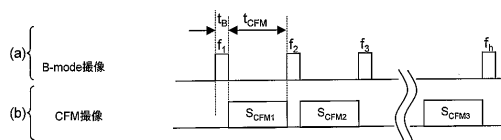
【 図 6 】

図6



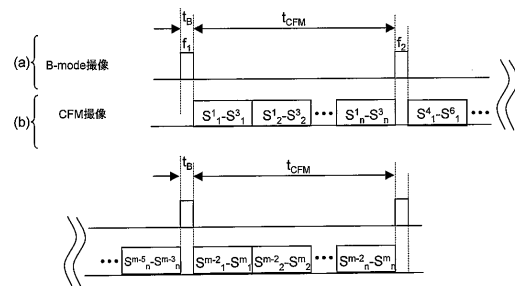
【 図 7 】

図7



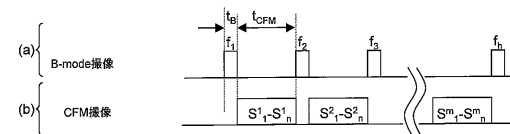
【 図 9 】

図9



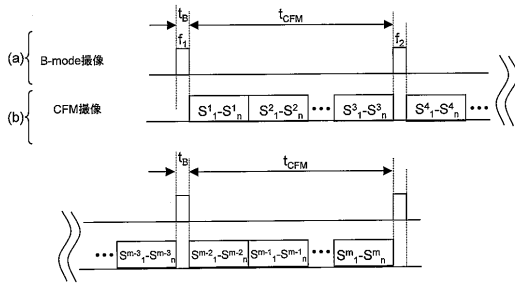
【 図 8 】

図8



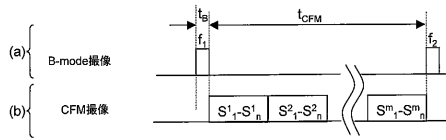
【図 10】

図10



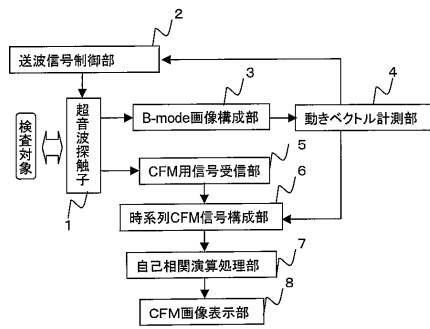
【図 11】

図11



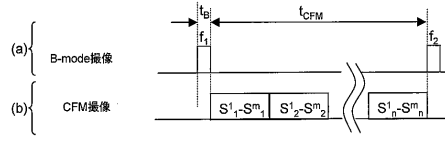
【図 14】

図14



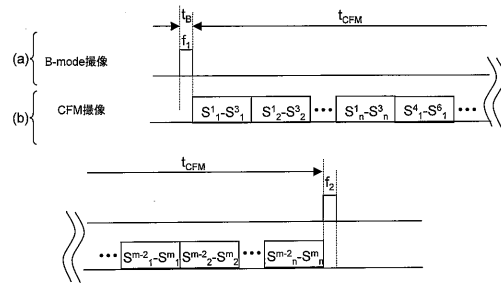
【図 12】

図12



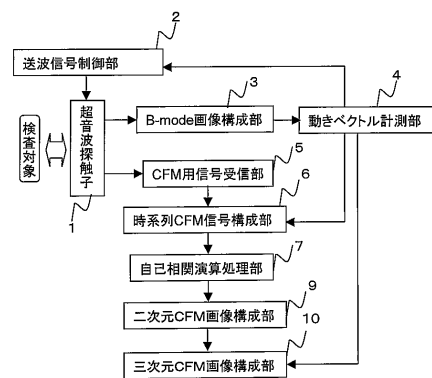
【図 13】

図13



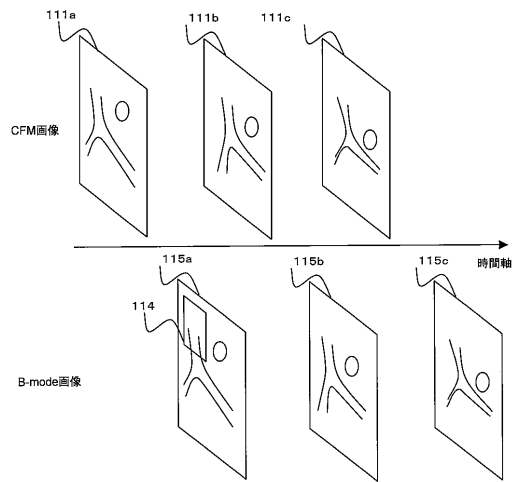
【図 15】

図15



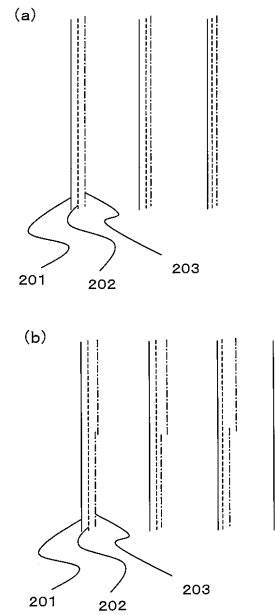
【図 16】

図16



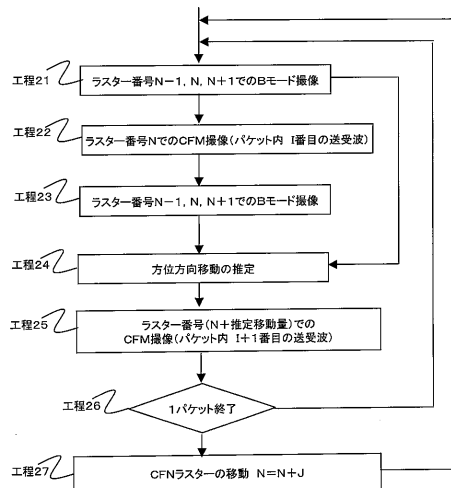
【図 17】

図17



【図 18】

図18



【手続補正書】

【提出日】平成19年3月14日(2007.3.14)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

まずCFMの撮像原理に関して図2を用いて説明する。図の右側は、時刻1から8における一つの血球の動きを示す。この血球の動きを捉えるために、パケット送受信と呼ばれる、同一部位に対して信号を複数回セット（この例では8回）で送受信を行う。図左側に、時刻1から8において、超音波をパケット送受信した場合の、各パケット内の受波エコー信号を示す。対象物の動きによって、対象物までの距離が変わるので、受波パルス信号が時間軸上でずれる。図中の点線で示すように、時間軸上のある一点で考えると、図2(b)に示すように、パケット内で位相が回転している。この位相回転量から、各位置における対象物動きの速度を推定し、画像化するのが、CFM撮像である。対象物の動きの早さによって、パケット内での最適繰り返し周波数が異なり、速い動きを対象にする場合は高い周波数が必要であり、遅い動きを対象にする場合は低い周波数が必要となる。1パケット分の情報を取得し終わると、隣の走査線（ラスタ）に移り、同じ操作を行い、一画面分の情報を取得、断層像を表示する。通常の超音波断層像撮像に比べ、同一部位に複数回送受信を行うため、1パケットの送受信回数の分だけフレームレートが低下するので、通常は、CFM撮像においては、Bモード撮像の場合に比べラスタの数を減らして撮像を行い、ラスタ間の補間により画像を作成している。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

次に、CFM用信号の送受信、検査対象の動き補正処理、時系列CFM信号の作成を経てCFM画像を構成するまでの工程を、図3に示すフローチャートおよび4に示す送波シーケンスを用いて説明する。図4(a)はB-mode撮像ONとOFFのタイミング、図4(b)はCFM撮像ONとOFFのタイミングを表す。 f_1, f_2 は動きベクトル計測に用いるB-mode画像を示す。Sは各ラスタのCFM用信号を表し、上付き文字と下付き文字は各々ラスタ番号（最大m番）と、各ラスタにおける信号の送受信回数（最大n回）を表す。また、Pは、CFMの動き補正ブロックを表す。Pの左側上付き文字は深さ方向に沿って（探触子に近い領域から順に）付けられたブロック番号である。Pの右側の上付きおよび下付き文字はCFM用信号Sの時と同様で、各々ラスタ番号（最大m番）と、各ラスタにおける信号の送受信回数（最大n回）を表す。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

具体的な構成方法について図5を用いて説明する。説明を簡略化するため、ここではラスタ数を3本、各ラスタ上に設定するCFM計測領域の数を7個、ラスタ方向への超音波走査を3回繰り返して得たCFM用信号を想定し、CFM動き補正ブロック $1P_1$ に関する時系列CFM信号の構成について説明する。401a、401b、401cは、それぞれ1回目、2回目、3回目のCFM信号用をラスタ方向に走査した時のB-mode画像（ f_1, f_2, f_3 ）を表し、402a、402

b、402cは、画像401a、画像401b、画像401cの中にある検査対象を示す。つまり、CFM用信号を3回走査させる間に、検査対象は402aから402bの位置を経て402cの位置に移動したことを表す。ラスタースignal S^1_1 はCFM動き補正ブロック P^1_1 から P^1_1 に分割され、以下 S^2_1 、 S^3_1 および二回目、三回目のCFM用信号の走査で得られる S^1_2 、 S^2_2 、 S^3_2 および S^1_3 、 S^2_3 、 S^3_3 も同様に各々7個のCFM動き補正ブロックに分割される。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0032】

B-mode画像に設定される動き計測領域とCFM用信号に設定されるCFM計測領域が同じである場合は、各CFM計測領域における動きベクトルが直接に計測されるため、時系列CFM信号を構成する際の領域選択は計測した動きベクトルに従えばよい。動き計測領域がCFM計測領域よりも大きい場合には、動きベクトルを計測した後に、動き計測領域をCFM計測領域と同じ大きさに再度領域分割し、分割した領域の動きベクトルを再計算する。図6の121は4つの動き計測領域を示し、各領域での動きベクトルをV1、V2、V3、V4、とする。CFM計測領域の大きさに合わせるために、動き計測領域121の各領域を4分割し(122)、分割された領域123における動きベクトルV5を考える。分割前の各動き計測領域の中心を124、分割後の領域123の中心を125とし、V5は領域123の中心から周辺領域までの距離に応じた重み付けをして求められる。今、(V1、V2、V3、V4)に対する距離の比が(x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4)($x_1 < x_2 = x_3 < x_4$)であった場合、 $V5 = (x_4 \cdot V1 + x_2 \cdot V2 + x_3 \cdot V3 + x_1 \cdot V4) / (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$ と計算される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0037】

血流速の計測限界は、各ラスタースタートでのパルスの繰り返し周期をT、血流によって生じるドブラ周波数を f_d とすると、 $T < 1/(2f_d)$ となる。高速血流になるほど f_d は大きくなるため、パルスの繰り返し周期Tは小さくなり、計測範囲が体表近くの浅い部分に限られる。また、低速血流では繰り返し周期Tが大きくなるため、CFM画像を構成するのに必要な信号の取得時間が長くなり、フレームレートが低下する。このような特性を持つT、視野の深度d、超音波の速度cおよび、各ラスタースタートにおける繰り返し送受信回数n、ラスタースタート本数mを用いて、CFM用信号撮像時間 t_{CFM} は、 $(n \times (T + (2d/c))) \times m$ (式1)と表される。(ただし、

$T \gg 2d/c$ の場合は、同じラスタースタート位置でTの時間が経過するのを待つ間に、異なるラスタースタートの信号の取得を行うことにより、撮像時間の短縮を図ることが出来る。)

一方、B-mode画像を用いた動きベクトルの計測限界は、探触子の口径と、探触子から集束点までの深さと、送波信号の空間周波数によって決まる、スライス方向(撮像面の法線方向)の受波ビームの大きさ(Point Spread Function)に依存する。スライス方法の動きベクトルの大きさが受波ビームの大きさの20%以下であれば、動きベクトルの計測に必要な輝度情報が撮像面内に残り、二次元相関演算処理によるB-mode画像面内の動きベクトルの計測が可能である。よって、B-mode画像を取得する時間間隔、つまり t_{CFM} は、受波ビームの大きさをD、検査対象の動く速さをVとした場合、 $V \cdot t_{CFM} \leq 0.2D$ (条件1)を満たさなければならない。例えば、探触子のスライス方向の口径が4mm、焦点距離30mm、超音波周波数が10MHzの場合には、ビームのスライス方向の幅Dは約2mmになる。検査対象の動く速さは部位によって異なるが、おおよそ1-40mm/secであるため、(条件1)から決まる

CFM用信号の取り込み時間 t_{CFM} は $t_{CFM} < 0.02 \sim 0.8$ の範囲で設定される。(式1)と(条件1)から、繰り返し周期 T と検査対象の動く速さ V の間には、 $n(T+2d/c) \times m \quad (0.2D)/V$ (条件2)の関係が導かれる。

(式1)および(条件1)を満たす撮像時間 (t_B 、 t_{CFM}) を組み合わせて、B-mode用信号およびCFM用信号の送波シーケンスが決定される。図7には、送波シーケンスの概略が示されている。B-mode用信号トリガとCFM用信号トリガが交互に入力されるのに応じて、B-mode画像 (f_1, f_2, \dots) およびCFM信号 ($S_{CFM1}, S_{CFM2}, \dots$) が取り込まれる。CFM用信号取得時間 t_{CFM} は可能な限り長く設定され、 t_{CFM} の間に取り込むCFM信号の量や取り込み方は、血流速(時間 T) によって決定される。

【**手続補正6**】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0038】

関心速度域に応じた、具体的な送波シーケンスについて図8、図9、図10、図11、図12、図13を用いて説明する。各図中の(a)はhighがB-modeの撮像ON, lowが撮像OFF、(b)も同様にCFMの撮像時間ONとOFFを表す。fは動きベクトル計測に用いるB-mode画像を示す。Sは各ラスタのCFM用信号を表し、上付き文字と下付き文字は各々ラスタ番号(最大m番)と、パケット内の何回目か(最大n回)を表す。

【**手続補正7**】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

図8は、検査対象の動く速さが速く(t_{CFM} 短)、血流速が速い(T 短)場合の送波シーケンスの例で、B-mode画像と1ラスタ分のCFM用信号(n回送受信)を交互に繰り返し取り込み、CFM画像の構成に必要な全てのラスタ信号を受信する。

【**手続補正8**】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

図9は、検査対象の動く速さが比較的速く(t_{CFM} 短)、血流速が遅い(T 長)場合に有効な送波シーケンスの例で、複数のラスタを一纏りとし、各々のラスタにおけるCFM用信号を受信した後にB-mode画像を取り込む。図4ではラスタ3本を一纏まりとした時の例である。最初にB-mode画像を取り込み、続いて1ラスタ目から3ラスタ目までの超音波走査をn回繰り返し、3ラスタ分のCFM用信号を取り込む。血流速が速く、1パケット送受信の間に他ラスタの信号を取っている時間が無い場合には、ラスタ毎に超音波送受信をしてもよい(図4)。以上の超音波送受信を繰り返し、全てのラスタのCFM用信号を取り込む。

【**手続補正9**】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0041】

図 1 1 は、検査対象の動く速さが遅く (t_{CFM} 長)、血流速が速い (T 短) 場合の送波シーケンスの例で、全てのラスタ信号を、途中で B-mode 画像を取り込むことなく連続して送受信する。最初に B-mode 画像を取り込み、続いて 1 ラスタ毎に n 回の CFM 用信号の送受信を行ない、これを全てのラスタ (m 本) に渡って行なう。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 2】

図 1 2 は、検査対象の動く速さが遅く (t_{CFM} 長)、血流速が遅い (T 長) 場合の送波シーケンスの例で、最初に B-mode 画像を取り込み、続いてラスタ方向への超音波走査を n 回繰り返して CFM 用信号を送受信する方法である。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 3】

検査対象の動く速さが遅く (t_{CFM} 長)、血流速が遅いが、全ラスタ (m 本) を超音波走査させるほどの時間 T が確保できない場合には、複数のラスタ (m 以下) を一纏りにしてラスタ群を形成し、各ラスタ群においてラスタ方向への超音波走査を n 回繰り返す送受信方法により、全てのラスタ信号を取得する方法 (図 1 3) が考えられる。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 5】

図 8、図 9、図 1 0、図 1 1、図 1 2、図 1 3 に示すいずれの送波シーケンスにおいても、B-mode 画像の取得に要する時間 t_B は可能な限り短い方がよい。 t_B を短くする手段として、B-mode 画像のラスタ数を CFM 用信号のラスタに合わせて減らす方法が考えられる。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 6】

図 1 に示すブロック図に従う血流画像表示装置では、術者が画面に表示される検査対象を選択することにより検査対象の動く速さ及び血流速が決定され、それにより B-mode 用信号及び CFM 用信号の送波シーケンスが決定されるシステムである。図 1 4 に示すブロック図

に従う血流画像表示装置では、送波シーケンスの最初に二枚以上の B-mode 画像及び血流計測のための信号を取り込み、検査対象の体動及び血流速を計測する。この計測結果に基づいて B-mode 用信号及び CFM 用信号の送波シーケンスを決定するシステムである。このシステムの場合、動きベクトル計測部 4 で計測した検査対象の動く速さの情報が送波信号トリガ制御部 2 に送られるため、術者が操作中に検査対象の動く速さが変化しても自動的に最適な送波シーケンスで血流画像を表示することが可能である。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 8】

以下、実施例 1 の血流画像表示装置を利用した、三次元血流画像表示装置について図 1 5 のブロック図を用いて説明する。

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 0】

超音波探触子 1 による超音波の送受信から検査対象の動きを除した二次元CFM画像を構成するまでの装置の構成及び信号処理の工程は、実施例 1 と同じである。自己相関演算処理された信号は、二次元CFM画像構成部 9 で検査対象の動きの影響を除した二次元CFM画像に構成され、メモリに保持される。図 1 6 の 1 1 1 a は保持された二次元CFM画像を示す。次に、スライス方向に僅かにずれた二次元CFM画像を取得するための超音波送受信が、送波信号トリガ制御部 2 からの送波シーケンスに従って行なわれ、新たな二次元CFM画像が二次元CFM画像構成部 9 でメモリに保持される（図 16 の 111b）。次に、二枚の二次元CFM画像 1 1 1 a と 1 1 1 b は三次元CFM画像構成部 1 0 に送られ、検査対象の動きを補正した

三次元CFM画像に構成される。

【手続補正 1 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 1】

次に、検査対象の動きの補正方法について図 1 6 を用いて説明する。二次元CFM画像を構成するための超音波信号の送波シーケンスについては実施例 1 で説明した。そこでは、CFM用信号から検査対象の動きの影響を除するために、CFM用信号の送信開始前、及び二次元CFM画像を構成するための最後のCFM用信号の受信後に、必ずB-mode画像を取得する。したがって、実施例 2 では、二次元CFM画像 1 1 1 を取得した直後のB-mode画像 1 1 5 a と二次元CFM画像 1 1 1 b を取得した直後のB-mode画像 1 1 5 b を動きベクトル計測部 4 に保持し

、前記二枚のB-mode画像（1 1 5 a , 1 1 5 b）によりCFM画像 1 1 1 a とCFM画像 1 1 1 b の間に生じる動きを補正する。取得した各二次元CFM画像は動きの補正が成された画像であるため、CFM画像 1 1 1 a とCFM画像 1 1 1 b の間の動き補正は、B-mode画像 1 1 5 a 上に設ける基準

領域 1 1 4 を用いて行なえば、自動的に二次元画像内全体の動きの補正がなされる。体動補正の方法は、二次元CFM画像を構成する際に行なった方法と同じである。基準領域 1 1 4 と最も整合が取れる領域を、相互相関演算または最小二乗法によって、B-mode画像 1 1 5 b から探索する。探索の結果得られる領域と基準領域とが重なるように二次元CFM画像 1

1 1 a と 1 1 1 b を再構成することにより、検査対象の動きの影響を除した三次元CFM画像が

構成される。

【手続補正 1 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 2】

新たに取り込まれる二次元CFM画像 1 1 3 に関する動き補正についても同様であり、二次元CFM画像 1 1 1 b および 1 1 1 c を取得した後に取り込まれるB-mode画像 (1 1 5 a、1 1 5 c) を用いて、B-mode画像上に新たに設置される基準領域を基にして、三次元CFM画像構

成の際の動きの補正がなされる。検査対象全体の二次元CFM画像について、動きの補正および画像再構成を行なうことにより、動きの影響を除いた三次元CFM画像が構成される。

专利名称(译)	血流画像表示装置		
公开(公告)号	JP2007222253A	公开(公告)日	2007-09-06
申请号	JP2006044650	申请日	2006-02-22
[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	吉川秀樹 東隆		
发明人	吉川 秀樹 東 隆		
IPC分类号	A61B8/06		
CPC分类号	A61B8/5276 A61B8/06 A61B8/13		
FI分类号	A61B8/06 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB03 4C601/DD03 4C601/DE04 4C601/EE09 4C601/HH14 4C601/JB43 4C601/JB51 4C601/JC16 4C601/JC25 4C601/JC37 4C601/KK12 4C601/KK19 4C601/KK20 4C601/KK21 4C601/LL04		
代理人(译)	井上 学		
其他公开文献	JP4730125B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

甲不受组织的目标部位处的移动被成像，或者用于显示缩小图像CFM提供的血流图像显示装置。和用于控制B模式信号的发送触发并且基于所述检查对象的移动速度的CFM信号的发射信号的触发控制单元，用于发送和接收超声波的压电元件将被检查用于测量布置在阵列中的超声波探头，和B模式图像构成部构成由所接收的信号中的B模式图像的运动矢量，运动矢量使用B模式图像被检测测量单元，以及从所述超声波探头接收CFM信号CFM信号接收单元，基于在所述运动矢量测量单元测量的运动矢量，定位在测试对象的相同部位CFM测量区域并且将它们以时间序列存储在存储器中，以及使用时间序列CFM信号执行自相关运算处理的自相关运算处理单元。点域1

