

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003 - 299653

(P2003 - 299653A)

(43)公開日 平成15年10月21日(2003.10.21)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト* (参考)

A 6 1 B 8/06

A 6 1 B 8/06

4 C 3 0 1

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 13数)

(21)出願番号 特願2002 - 107370(P2002 - 107370)

(22)出願日 平成14年4月10日(2002.4.10)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 川端 章裕

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100109210

弁理士 新居 広守

F タ-ム (参考) 4C301 CC02 DD01 DD04 EE07 EE10

HH04 HH07 HH11 KK22

4C601 DD03 DE01 DE03 EE04 EE07

HH04 HH13 HH14 KK12 KK18

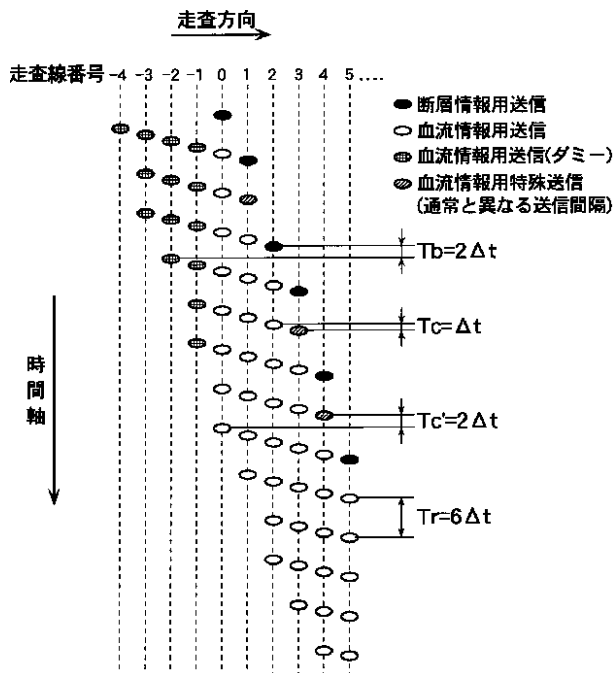
KK19

(54)【発明の名称】 血流情報取得機能を有する超音波診断装置及び超音波パルスの送信制御方法

(57)【要約】

【課題】 低血流速を高フレームレートかつ高画質で観測することのできる超音波診断装置を提供する。

【解決手段】 所定数の走査線に向けて超音波パルスを送信するとともにその反射波を受信するプローブ101と、プローブ101による断層情報用の超音波パルスの送受信と血流情報用の超音波パルスの送受信を制御する超音波送受信制御部110等を備える超音波診断装置であって、超音波送受信制御部110は、複数の走査線に対して送信間隔Tcで血流情報用の超音波パルスを順次送信していく走査を、対象となる複数の走査線をずらしながら繰り返し、異なる走査線への断層情報用の超音波パルスの送信を、複数の走査に分散させるとともに送信間隔Tcとは異なる送信間隔Tbで送信し、走査における血流情報用の超音波パルスのうちの一部については、送信間隔Tcとは異なる送信間隔Tc'で送信するようにプローブ101を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波パルスのドプラ効果を利用して被検体の血流情報を取得する機能を有する超音波診断装置であって、

所定数の走査線に向けて超音波パルスを送信するとともにその反射波を受信する走査手段と、

前記走査手段による断層情報用の超音波パルスの送受信と血流情報用の超音波パルスの送受信を制御する送受信制御手段と、

前記走査手段が受信した断層情報用の超音波パルスに対する反射波に基づいて、断層情報を取得する断層情報取得手段と、

前記走査手段が受信した血流情報用の超音波パルスに対する反射波に基づいて、血流情報を取得する血流情報取得手段とを備える超音波診断装置であって、

前記送受信制御手段は、

複数の走査線に対して送信間隔 T_c で血流情報用の超音波パルスを順次送信していく走査を、対象となる複数の走査線をずらしながら繰り返す、

異なる走査線への断層情報用の超音波パルスの送信を、複数の前記走査に分散させるとともに前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 T_b で送信し、

前記走査における血流情報用の超音波パルスのうちの一部については、前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 $T_{c'}$ で送信するように前記走査手段を制御することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】 前記送受信制御手段は、前記送信間隔 $T_{c'}$ が前記送信間隔 T_b に等しくなるように前記走査手段を制御することを特徴とする請求項 1 記載の超音波診断装置。

【請求項 3】 前記送受信制御手段は、前記走査における最後の送信が、断層情報用の超音波パルスの送信又は送信間隔 $T_{c'}$ の血流情報用の超音波パルスの送信となるように前記走査手段を制御することを特徴とする請求項 2 記載の超音波診断装置。

【請求項 4】 前記送受信制御手段は、前記走査それぞれに含まれる断層情報用の超音波パルスの送信回数と送信間隔 $T_{c'}$ の血流情報用の超音波パルスの送信回数との合計が等しくなるように前記走査手段を制御することを特徴とする請求項 2 記載の超音波診断装置。

【請求項 5】 前記送受信制御手段は、前記走査の先頭に、少なくとも 1 回の血流情報用の超音波パルスをダミー送信するように前記走査手段を制御することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】 前記ダミー送信は、血流情報用の超音波パルスを送信し、かつ、その受信データを破棄することであることを特徴とする請求項 5 記載の超音波診断装置。

【請求項 7】 前記ダミー送信は、超音波パルスを送信*50

*しない空送信であることを特徴とする請求項 5 記載の超音波診断装置。

【請求項 8】 前記ダミー送信は、血流情報用の超音波パルスとは異なる超音波パルスの送信であることを特徴とする請求項 5 記載の超音波診断装置。

【請求項 9】 超音波パルスのドプラ効果を利用して被検体の血流情報を取得する機能を有する超音波診断装置における超音波パルスの送信制御方法であって、

前記超音波診断装置は、所定数の走査線に向けて超音波パルスを送信するとともにその反射波を受信する走査手段を備え、

前記送信制御方法は、

複数の走査線に対して送信間隔 T_c で血流情報用の超音波パルスを順次送信していく走査を、対象となる複数の走査線をずらしながら繰り返すように前記走査手段を制御する第 1 制御ステップと、

異なる走査線への断層情報用の超音波パルスの送信を、複数の前記走査に分散させるとともに前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 T_b で送信するように前記走査手段を制御する第 2 制御ステップと、

前記走査における血流情報用の超音波パルスのうちの一部については、前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 $T_{c'}$ で送信するように前記走査手段を制御する第 3 制御ステップとを含むことを特徴とする超音波パルスの送信制御方法。

【請求項 10】 前記第 3 制御ステップでは、前記送信間隔 $T_{c'}$ が前記送信間隔 T_b に等しくなるように前記走査手段を制御することを特徴とする請求項 9 記載の超音波パルスの送信制御方法。

【請求項 11】 前記送信制御方法は、さらに、前記走査の先頭に、少なくとも 1 回の血流情報用の超音波パルスをダミー送信するように前記走査手段を制御する第 4 制御ステップを含むことを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の超音波パルスの送信制御方法。

【請求項 12】 超音波パルスのドプラ効果を利用して被検体の血流情報を取得する機能を有する超音波診断装置のためのプログラムであって、

請求項 9 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の超音波パルスの送信制御方法におけるステップをコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波診断装置等に関し、特に超音波パルスのドプラ効果を利用して被検体の血流情報を取得する機能を有する超音波診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】超音波診断装置の使用法として、超音波パルスのドプラ効果を利用して被検体の血流情報を取得し、血流情報から生成した血流像を断層像と重畳して表

示することは臨床上有用であり、広く行われている。以下、図面を参照しながら、従来の超音波診断装置における血流情報の取得及び血流情報から生成した血流像の断層像との重畳表示について説明する。

【0003】図9は、超音波診断装置の構成の一例である。図9において、超音波診断装置は、超音波パルスの送信方法及び超音波パルスを送受信する走査線及び超音波パルスの送信間隔を制御する超音波送受信制御部100、超音波送受信制御部100の制御によって超音波を走査しながら送受信するプローブ101、プローブ101によって受信した超音波データから断層情報データを取得する断層情報取得処理部102、プローブ101によって受信した同一走査線の複数回の受信データから血流情報データを取得する血流情報取得処理部103、少なくとも1フレーム分の断層情報データ及び血流情報データを保持するためのフレームメモリ104、フレームメモリ104に蓄えられた1フレーム分の断層情報データ及び血流情報データから画面フォーマットの画像に変換するDSC(デジタルスキャンコンバータ)105、DSC105で生成された断層像と血流像を重畳する画像合成部106、重畳された断層像と血流像を表示するディスプレイモニタ107から構成される。ここで、走査線とは、図10の走査図に示されるように、プローブ101から出射される超音波パルスの方向を示す線をいう。

【0004】操作者はプローブ101を被験者の検査部位にあてる。超音波送受信制御部100の制御に従ってプローブ101から超音波パルスが送信され、被験者体内で反射したパルスがプローブ101によって受信される。送信される超音波パルスには、断層情報用の超音波パルスと血流情報用の超音波パルスがあり、同一走査線に対して、複数回の送信が可能である。

【0005】通常、断層情報用の超音波パルスと血流情報用の超音波パルスとは波形などの条件が異なり、これらの条件は超音波送受信制御部100によって制御される。また、血流情報用の超音波パルスは同一走査線へ複数回送受信され、この際、これらの超音波パルスの送信間隔は一定となるように、超音波送受信制御部100によって制御される。受信された断層情報用の超音波データは断層情報取得処理部102で信号処理され、得られた断層情報データはフレームメモリ104に格納される。

【0006】また、血流情報取得処理部103において、受信された血流情報用の超音波データに直交検波を施すことによりドプラ偏移周波数成分が抽出され、同一走査線の複数回の受信データから求められたドプラ偏移周波数成分より血流速度の平均、分散、パワーといった血流情報が求められる。

【0007】得られた血流情報データはフレームメモリ104に格納される。これらの超音波パルス送信及び受

信データの信号処理は、図10に示されるように、各走査線0、1、2、3、・・・、L-1(Lは1フレーム中の走査線数)に対して順次行われる。なお、図10及び後述の図11に示されるプローブは、セクタプローブと呼ばれるタイプであるが、リニアプローブやコンベックスプローブの場合でも同様である。

【0008】フレームメモリ104に断層情報データと血流情報データがそれぞれ1フレーム分蓄えられたら、これらのデータは読み出されてそれぞれDSC105で画面フォーマットの画像に変換され、画像合成部106で重畳されてディスプレイモニタ107に表示される。

【0009】プローブから送信された超音波パルスが深度Dで反射して再びプローブに達するまでにかかる時間は、超音波パルスの伝達速度をcとすると、 $c \cdot 2D$ である。よって、最大視野深度が D_{max} であるとき、超音波パルスを送信してから次の超音波パルスを送信するまでの時間すなわち超音波パルスの送信間隔Tは、

$$T = c \cdot 2D_{max}$$

を満たす必要がある。

【0010】ここで、血流情報及び断層情報それぞれの最大視野深度の関係を図11を用いて説明する。いま、血流情報を取得する関心領域(ROI)108が図11に示される位置に設定されているとする。この場合、断層情報の最大視野深度 D_{bmax} に比べて血流情報の最大視野深度 D_{cmax} は小さい。よって、断層情報用の超音波パルスの送信間隔を T_b 、血流情報用超音波パルスの送信間隔を T_c とすると、 $T_c < T_b$ とすることができる。

【0011】血流速度は次の原理で求められる。送信超音波パルスの周波数を f_t とすると、血液での反射波は血流によるドプラ効果のために周波数が変化する。この周波数の変化分すなわちドプラ偏移周波数を f_d とし、超音波パルスの伝達速度をc、血流速度をv、血流の方向と超音波パルスの伝達方向を θ とすると、

$$f_d = (2v \cdot \cos \theta \cdot f_t) / c$$

の関係が成り立つ。すなわち、ドプラ偏移周波数 f_d がわかれば血流速度vが求められる。ドプラ偏移周波数 f_d は、受信超音波データを周波数 f_t の信号で直交検波し、低域通過フィルタを施して得られた信号を周波数解析することにより、求めることができる。

【0012】実際には、同一走査線に対してサンプリング間隔(繰り返し送信間隔) T_r で複数回超音波パルスを送信し、これら複数回の受信信号に対して上記処理を行う。通常、血流情報取得処理部103での動作上の制約から、繰り返し送信間隔 T_r は一定となる必要がある。

【0013】同一走査線への複数回の血流情報用超音波パルスの送信回数すなわちサンプリング数をNとすると、フーリエ解析する場合、このサンプリング信号の周波数分解能 Δf_d は

$$\Delta f d = 1 / (N \cdot T r)$$

となる。すなわち、この周波数分解能 $\Delta f d$ の値を小さくし、低血流速の検出を可能とするためには、送信間隔 $T r$ か送信回数 N を大きくすればよいことがわかる。

【0014】また、自己相関法を用いて平均周波数解析を行う場合、サンプリング信号の観測時間 $N \cdot T r$ が長いほど安定した結果が得られる。そして、血流が低速であるほどサンプリング信号の周期が長いので、安定した結果を得るにはより長い時間観測する必要がある。よって、この場合も、低血流速を検出するには、送信間隔 $T r$ か送信回数 N を大きくすればよいことになる。

【0015】ところが、1 走査線に N 回ずつ順番に送信する場合、 $T c = T r$ であるので、1 フレーム中の走査線数を L とするとフレームレート $F r$ は

$$F r = 1 / (T b \cdot L + T c \cdot N \cdot L) = 1 / (T b \cdot L + T r \cdot N \cdot L)$$

となり、 $T r$ や N を単純に大きくしたのでは、フレームレートの低下につながる。

【0016】この問題を改善する方法として、複数の走査線に対して超音波パルスを順次送信していく走査を繰り返すことによって 1 フレーム分の超音波パルス送信を行う方法が提案されている（特公平 6 - 13031 号公報に記載の技術）。これによって、 $T c < T r$ とすることができ、このとき、

$$F r = 1 / (T b \cdot L + T c \cdot N \cdot L) > 1 / (T b \cdot L + T r \cdot N \cdot L)$$

であるから、フレームレートを保ったまま周波数分解能 $\Delta f d$ を高めることができる。

【0017】次に、図 12、図 13、図 14 を用いて、上記従来技術における超音波パルスの送信順序について説明する。これらの図において、横方向が走査方向、縦方向が時間軸を表す。図 12 の例では、 $T b : T c : T r = 2 : 1 : 6$ であり、同一走査線への血流情報用の超音波パルスの繰り返し送信回数 N は、8 である。図中の黒点が断層情報用の超音波パルスの送信タイミング、図中の白点が血流情報用の超音波パルスの送信タイミングを表す。

【0018】図 12 の送信順序は次のようになる。まず、第 1 回目の走査において、送信間隔 $T b = 2 \Delta t$ (Δt はある定数) で、断層情報用の超音波パルスを走査線 $0 \rightarrow 1 \rightarrow \dots \rightarrow 5$ の順に、送信する。次いで、第 2 回目の走査において、送信間隔 $T c = \Delta t$ で血流情報用の超音波パルスを走査線 $0 \rightarrow 1 \rightarrow \dots \rightarrow 5 \rightarrow 0 \rightarrow \dots \rightarrow 5 \rightarrow 0 \dots$ と順に繰り返し送信する。次いで、第 3 回目の走査において、走査線 $0 \sim 5$ の走査（送信）がすべて終了したら、走査線 $6 \sim 11$ の走査を同様に繰り返す。以下、走査線 $12 \sim 17 \dots$ と図示した順に走査を繰り返して、1 フレームの走査がなされる。

【0019】この場合、1 走査線に $N = 8$ 回ずつ順番に送信する場合に比べて、血流情報用の送信だけを考え

ば、6 本の走査線それぞれに 1 回ずつ超音波パルスを送信することを 8 回繰り返しているの、フレームレートが 6 倍になる（実際には断層情報用の送信もあるので 6 倍には満たない）。しかしながら、この送信方法では、6 走査線ごとの時相差（例えば、走査線 $0 \sim 5$ に対する走査が行われた時刻と走査線 $6 \sim 11$ に対する走査が行われた時刻との差）が大きく、同一フレーム内の画像中に不連続を生じるという欠点がある。

【0020】そのような時相差に起因する不連続を改善する送信方法が図 13 に示される送信方法である。なお、本図において、柵目模様の点は、送信するが受信データは破棄される血流情報用の超音波パルス送信（ダミー送信）を表す。なお、ダミー送信では、実際に送信せずに擬似的に送信間隔だけあけたり（空送信したり）、血流情報用の超音波パルスとは異なる条件のパルスを送信する場合も含まれる。また残留エコーの影響を考えなければ、任意の走査線に送信して受信データを破棄する場合も含まれる。

【0021】図 13 の送信順序は次のようになる。まず、第 1 回目の走査において、送信間隔 $T b = 2 \Delta t$ で断層情報用の超音波パルスを走査線 0 から 1 フレーム分続けて送信する。この走査が終了したら、送信間隔 $T c = \Delta t$ で血流情報用の超音波パルス（ダミー送信を含む）を走査線 $0 \rightarrow -5 \rightarrow -4 \rightarrow \dots \rightarrow 1 \rightarrow -4 \rightarrow \dots \rightarrow 2 \rightarrow -3 \rightarrow \dots$ と図示した順に走査を繰り返して送信することで、1 フレーム分の走査がなされる。つまり、6 本又は 7 本の連続する走査線に対する血流情報用の超音波パルス送信を繰り返すが、そのときの先頭の走査線を 1 本ずつずらしていく。この送信方法によれば、各走査線ごとの時相差がほぼ一定の小さい値となるので、フレーム内での画像中の不連続が解消される。

【0022】しかしながら、断層情報用の超音波パルス送信と血流情報用の超音波パルス送信の走査が分離しているため、断層情報用の超音波パルス送信と血流情報用の超音波パルス送信との時相差が大きく、重畳して表示される断層画像と血流画像に時間的なずれが生じるという問題がある。

【0023】図 14 に、走査線ごとの時相差がほぼ一定で、断層情報用の超音波パルス送信と血流情報用の超音波パルス送信の時相差もほとんどない送信方法の例を示す。図 14 の送信順序は、詳しく述べると次のようになる。まず、第 1 回目の走査において、送信間隔 $T b = 2 \Delta t$ で、断層情報用の超音波パルスを走査線 0 に送信する。次いで、第 2 回目の走査において、同じく送信間隔 $T c = 2 \Delta t$ で、血流情報用の超音波パルス（ダミー送信を含む）を走査線 $-2 \rightarrow -1 \rightarrow 0$ と送信する。

【0024】次に、第 3 回目の走査において、同じく送信間隔 $T c = 2 \Delta t$ で、血流情報用の超音波パルス（ダミー送信を含む）を走査線 $-2 \rightarrow -1 \rightarrow 0$ と送信した後、送信間隔 $T b = 2 \Delta t$ で断層情報用の超音波パルス

を走査線 1 に送信する。次いで、第 4 回目の走査において、送信間隔 $T_c = 2 \Delta t$ で血流情報用の超音波パルスを送査線 - 1 $\rightarrow 0 \rightarrow 1 \rightarrow -1 \rightarrow 0 \rightarrow \dots$ というように、以下図示した順に繰り返し送信して 1 フレーム分の走査がなされる。

【0025】なお、特開平 9 - 66055 号公報にも時相差を短縮化させる超音波パルスの送信方法が開示されているが、そこに開示されているフレームの最初と最後のダミー送信のない送信方法も、断層情報用の超音波パルス送信と血流情報用の超音波パルス送信の走査を分離

できないため、必然的にこの例の形式になる。
【0026】この送信方法によれば、断層情報用の超音波パルスが 1 フレーム分まとめて送信されるのではなく、血流情報用の超音波パルス送信の間に混ぜて送信されるので、断層情報用の超音波パルス送信と血流情報用の超音波パルス送信の時相差が縮まり、重畳して表示される断層画像と血流情報との時間的なずれが短縮化される。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この送信方法では、繰り返し送信間隔 T_r を一定にするためには、断層情報用と血流情報用の両方の超音波パルスについての送信間隔を揃えなければならず、そのために、それらの送信間隔のうち、長い方の間隔に合わせざるを得ない。その結果、この例では、 $T_c = T_b = 2 \Delta t$ としなければならず、フレームレートが図 13 に示された送信方法に比べ、ほぼ半減してしまうという問題がある。なお、超音波パルスの送信間隔とは、同一種類の超音波パルスを繰り返し送信する場合における時間間隔を意味するだけでなく、その超音波パルスを送信した後に異なる種類の超音波パルスを送信した場合におけるそれら超音波パルスの時間間隔をも意味する。

【0028】ここで、参考までに、フレームレートの低下を避けるために、図 13 に示された送信順序を維持したまま、断層情報用の送信間隔 T_b を $2 \Delta t$ とし、血流情報用の送信間隔 T_c を Δt とした場合の送信パターンを図 15 に示す。この図から分かるように、このような送信間隔としたのでは、繰り返し送信間隔 T_r が一定とならず ($5 \Delta t$ となったり、 $6 \Delta t$ となったりし)、血流情報取得処理部 103 での処理が不可能となる。

【0029】このように、従来の技術によれば、低血流速の観測において、フレーム内での画像中の不連続や断層画像と血流画像のずれといった画質の低下をなくそうとするとフレームレートが低下するという問題がある。本発明は、低血流速を高フレームレートかつ高画質で観測することのできる超音波診断装置及びそのような超音波診断装置における超音波パルスの送信制御方法を提供することを目的とする。

【0030】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため

に、本発明に係る超音波診断装置は、超音波パルスのドプラ効果を利用して被検体の血流情報を取得する機能を有する超音波診断装置であって、所定数の走査線に向けて超音波パルスを送信するとともにその反射波を受信する走査手段と、前記走査手段による断層情報用の超音波パルスの送受信と血流情報用の超音波パルスの送受信を制御する送受信制御手段と、前記走査手段が受信した断層情報用の超音波パルスに対する反射波に基づいて、断層情報を取得する断層情報取得手段と、前記走査手段が受信した血流情報用の超音波パルスに対する反射波に基づいて、血流情報を取得する血流情報取得手段とを備える超音波診断装置であって、前記送受信制御手段は、複数の走査線に対して送信間隔 T_c で血流情報用の超音波パルスを順次送信していく走査を、対象となる複数の走査線をずらしながら繰り返し、異なる走査線への断層情報用の超音波パルスの送信を、複数の前記走査に分散させるとともに前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 T_b で送信し、前記走査における血流情報用の超音波パルスのうちの一部については、前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 T_c' で送信するように前記走査手段を制御することを特徴とする。

【0031】ここで、前記送受信制御手段は、前記送信間隔 T_c' が前記送信間隔 T_b に等しくなるように前記走査手段を制御してもよいし、前記走査における最後の送信が、断層情報用の超音波パルスの送信又は送信間隔 T_c' の血流情報用の超音波パルスの送信となるように前記走査手段を制御してもよいし、前記走査それぞれに含まれる断層情報用の超音波パルスの送信回数と送信間隔 T_c' の血流情報用の超音波パルスの送信回数との合計が等しくなるように前記走査手段を制御してもよい。

【0032】また、前記送受信制御手段は、さらに、前記走査の先頭に、少なくとも 1 回の血流情報用の超音波パルスをダミー送信するように前記走査手段を制御してもよい。ここで、前記ダミー送信として、血流情報用の超音波パルスを送信し、かつ、その受信データを破棄してもよいし、超音波パルスを送信しない空送信であってもよいし、血流情報用の超音波パルスとは異なる超音波パルスの送信であってもよい。

【0033】なお、本発明は、上記のような超音波診断装置として実現することができただけでなく、このような超音波診断装置が備える特徴的な構成要素をステップとする送信制御方法、つまり、超音波診断装置における超音波パルスの送信制御方法として実現したり、そのような送信制御方法をコンピュータに実行させるプログラムとして実現したりすることもできる。そして、そのプログラムは、CD-ROM等の記録媒体や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。

【0034】

【発明の実施の形態】(実施の形態 1) 以下本発明の実

施の形態 1 の超音波診断装置について、図面を参照しながら説明する。図 1 は、本実施の形態における超音波診断装置の構成を示すブロック図である。この超音波診断装置は、超音波送受信制御部 110、プローブ 101、断層情報取得処理部 102、血流情報取得処理部 103、フレームメモリ 104、DSC 105、画像合成部 106 及びディスプレイモニタ 107 から構成され、超音波送受信制御部 110 を除いて、図 9 に示された従来技術の超音波診断装置と同一の構成を備える。なお、従来と同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0035】超音波送受信制御部 110 は、図 9 に示された従来の超音波診断装置の超音波送受信制御部 100 が備える制御機能を有することに加えて、通常の血流情報用の超音波パルスの送信間隔 T_c と異なる送信間隔 $T_{c'}$ で血流情報用の超音波パルスを送信（以下、このような血流情報用の超音波パルスの送信を「血流情報用特殊送信」と呼ぶ。）する血流情報用特殊送信部 110a を有する。例えば、通常の血流情報用の超音波パルスの送信間隔 T_c が Δt であるのに対して、この血流情報用特殊送信部 110a は、送信間隔 $T_{c'}$ を $2\Delta t$ にして、血流情報用の超音波パルスを送信する。

【0036】このような超音波送受信制御部 110 による送信順序（超音波パルスを送信する走査線及び送信間隔）の例を図 2 に示す。図の横方向が走査方向、縦方向が時間軸を表す。この例では $T_b : T_c : T_r = 2 : 1 : 6$ であり、同一走査線への血流情報用の超音波パルスの繰り返し送信回数 $N = 8$ である。図中の黒点が断層情報用の超音波パルス送信、図中の白点が血流情報用の超音波パルス送信、柵目模様の点は送信するが受信データは破棄される血流情報用の超音波パルス送信（ダミー送信）を表す。

【0037】なおダミー送信では、実際に送信せずに擬似的に送信間隔だけあけたり（空送信したり）、血流情報用の超音波パルスとは異なる条件のパルスを送信してもよい。また残留エコーの影響を考えなければ、任意の走査線に送信して受信データを破棄することもできる。また、斜線模様の点は、血流情報用特殊送信、即ち、血流情報用の超音波パルス送信であるが、通常の血流情報用の超音波パルスと送信間隔が異なる送信（血流情報用特殊送信）を表す。この例では、この血流情報用特殊送信の送信間隔 $T_{c'}$ は断層情報用の超音波パルスの送信間隔と等しく、 $T_{c'} = T_b$ である。

【0038】図 2 の送信順序は、詳しく述べると次のようになる。つまり、超音波送受信制御部 110 による送信制御は、以下の通りである。まず、第 1 回目の走査において、送信間隔 $T_b = 2\Delta t$ で断層情報用の超音波パルスを走査線 0 に送信する。次に、第 2 回目の走査において、同じく送信間隔 $T_c = \Delta t$ で血流情報用の超音波パルス（ダミー送信を含む）を走査線 - 4 → - 3 → …

→ 0 の順に送信する。そして、送信間隔 $T_b = 2\Delta t$ で断層情報用の超音波パルスを走査線 1 に送信する。

【0039】次に、第 3 回目の走査において、送信間隔 $T_c = \Delta t$ で血流情報用の超音波パルスを走査線 - 3 → … → 0 の順に送信する。そして、送信間隔 $T_{c'} = 2\Delta t$ で血流情報用の超音波パルスを走査線 1 に送信する（つまり、血流情報用特殊送信を行う）。以下、送信間隔 $T_c = \Delta t$ で血流情報用の超音波パルスを走査線 - 3 → - 2 → … というように図示した順に走査を繰り返すことで、1 フレーム分の走査がなされる。

【0040】このように本発明の実施の形態 1 における超音波送受信制御部 110 は、一部の血流情報用の超音波パルスの送信間隔 $T_{c'}$ を通常の血流情報用の超音波パルスの送信間隔 T_c とは異なる間隔（例えば断層情報用の超音波パルスと同じ間隔）となるように制御する機能を有する。つまり、超音波送受信制御部 110 は、（1）断層情報用の超音波パルスについては、図 13 に示された従来技術のように 1 つの走査としてまとめて送信するのではなく、血流情報用の走査に分散させ、その走査の最後に送信するとともに、（2）各走査の最後の送信においては、断層情報用送信とするか、又は、血流情報用特殊送信をするように送信制御している。

【0041】この制御によって、繰り返し送信間隔 T_r を一定（ $6\Delta t$ ）にしながら、 $T_c < T_b$ すなわち断層情報用と血流情報用の超音波パルスをそれぞれ最適な送信間隔にできるので、図 13 の場合とほぼ同じフレームレートを実現できる。さらに、各走査線ごとの時相差がほぼ一定であるのでフレーム内で画像中に不連続が生じず、断層情報用の超音波パルス送信と血流情報用の超音波パルス送信の時相差がほとんどないので断層画像と血流画像のずれも生じない。

【0042】また、血流情報用の超音波パルスの送信回数は断層情報用の超音波パルスの送信回数に比べてはるかに多いので、図 14 と比較した場合、 $T_c < T_b$ とできることによるフレームレート向上の効果は大きい。

【0043】なお、超音波パルスの送信間隔 $T_{c'}$ そのものを制御する替わりに、適当な送信間隔及び回数でダミー送信することにより結果的に送信間隔を調整することもできるが、本質的には本発明の主旨を逸脱するものではない。例えば、図 3 に示される送信パターンのように、第 1 回目の走査において、2 回の断層情報用の超音波パルスを送信し、第 2 回目及び第 3 回目の走査の最後（2 回の送信）において、血流情報用特殊送信と断層情報用送信を行い、第 4 回目の走査の最後（2 回の送信）において、2 回の断層情報用送信を行っても同様の効果が得られる。

【0044】また、個々の走査における走査線の数や超音波パルスの送信間隔、同一走査線への血流情報用の超音波パルスの送信回数などが図 2 と異なる場合であってもよい。例えば、図 3 に示される送信パターンのよう

に、 $T_b : T_c : T_r = 2 : 1 : 10$ 、 $T_c' = T_b$ 、 $N = 6$ となる送信であってもよいし、図4に示される送信パターンのように、 $T_b : T_c : T_r = 1.5 : 1 : 9$ 、 $T_c' = T_b$ 、 $N = 6$ となる送信であってもよい。

【0045】また、図示はしないが、断層情報用の超音波パルスと同じ走査線に対して複数回送信する場合（多段フォーカス時など）や、断層情報用の超音波パルス送信と血流情報用の超音波パルス送信の走査線密度が異なる場合にも、本発明は適用できる。また、断層情報用の超音波パルスを送信する走査線は、図2や図3で示した通りである必要はなく、例えば、図に示された走査線 i への送信タイミングにおいて、走査線 $i + 1$ に送信するように制御してもよい。

【0046】また、図5に示されるように、本実施の形態における送信制御は、特開平3-39147号公報で示されている超音波パルスの送信順序に対する走査線の並びと走査をずらしていく方向に対応する走査線の並びを逆方向にする送信方法や、特開平9-66055号公報で示されているフレームの最初と最後のダミー送信のない送信方法にも適用可能である。つまり、個々の送信走査においては、走査線番号の高い走査線から低い走査線の順に送信を行い、そのような個々の送信走査を走査線番号の低い走査線から高い走査線に向けてずらしていくような送信順序であっても、本実施の形態における特徴的な送信制御、つまり、個々の送信走査に含まれる断層情報用送信と血流情報用特殊送信の合計回数が同一になるように、個々の送信走査に血流情報用特殊送信を含ませるといふ送信制御を適用することができる。なお、図中の L は1フレーム中の走査線数である。

【0047】（実施の形態2）次に、本発明の実施の形態2の超音波診断装置について、図面を参照しながら説明する。図6は、本実施の形態における超音波診断装置の構成を示すブロック図である。この超音波診断装置は、超音波送受信制御部120、プローブ101、断層情報取得処理部102、血流情報取得処理部103、フレームメモリ104、DSC105、画像合成部106及びディスプレイモニタ107から構成され、超音波送受信制御部120を除いて、図9に示された従来技術の超音波診断装置と同一の構成を備える。

【0048】超音波送受信制御部120は、図9に示された従来の超音波診断装置の超音波送受信制御部100が備える制御機能を有することに加えて、実施の形態1における血流情報用特殊送信部110aと同一機能の血流情報用特殊送信部120aと、血流情報用の超音波パルスによる走査の先頭に必ず少なくとも1回の血流情報用の超音波パルスをダミー送信する血流情報用ダミー送信部120bとを有する。

【0049】このような超音波送受信制御部120による送信順序（超音波パルスを送信する走査線及び送信間隔）の例を図7に示す。図の横方向が走査方向、縦方向

が時間軸を表す。図中の黒点が断層情報用の超音波パルス送信、図中の白点が血流情報用の超音波パルス送信、柵目模様の点は送信するが受信データは破棄される血流情報用の超音波パルス送信（ダミー送信）を表す。

【0050】なお走査線番号が0未満の走査線へのダミー送信では、実際に送信せずに擬似的に送信間隔だけあけたり（空送信したり）、血流情報用の超音波パルスとは異なる条件のパルスを送信することも考えられるが、走査線0への残留エコーの影響を考えると血流情報用の超音波パルスを送信して受信データを破棄することが望ましい。図7には示していないが、走査線数が L 以上（ L は1フレーム中の走査線数）の走査線へのダミー送信についても同様である。

【0051】また、斜線模様の点は、血流情報用の超音波パルス送信であるが、通常の血流情報用の超音波パルスと送信間隔が異なる送信、つまり、血流情報用特殊送信を表す。この例では、この送信間隔 T_c' は断層情報用の超音波パルスの送信間隔と等しく、 $T_c' = T_b$ である。

【0052】図7の送信順序は、詳しく述べると次のようになる。つまり、超音波送受信制御部120による送信制御は、以下の通りである。まず、第1回目の走査において、送信間隔 $T_b = 2\Delta t$ で断層情報用の超音波パルスを走査線0に送信する。次いで、第2回目の走査において、同じく送信間隔 $T_c = \Delta t$ で血流情報用の超音波パルス（ダミー送信）を走査線 $-4 \rightarrow -3 \rightarrow \dots \rightarrow -1$ の順に送信した後に、実施の形態1と同様に、送信間隔 $T_c' = 2\Delta t$ で血流情報用の超音波パルスを走査線0に送信する。以下、送信間隔 $T_c = \Delta t$ で血流情報用の超音波パルス（ダミー送信含む）を走査線 $-4 \rightarrow -3 \rightarrow \dots$ というように繰り返し送信していく（第3～第9回目の走査）。

【0053】そして、第9回目の走査の最後において、断層情報用の超音波パルスを走査線4に送信した次に、次の第10回目の走査において、送信間隔 $T_c = \Delta t$ で血流情報用の超音波パルスを走査線0にダミー送信してから、血流情報用の超音波パルスの送信を走査線 $1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots$ と続ける。以下、図示した順に送信を繰り返して1フレーム分の走査がなされる。

【0054】このように本発明の実施の形態2における超音波送受信制御部120は、実施の形態1の機能に加えて、個々の走査における血流情報用の超音波パルス送信の初めに1～数回ダミー送信を行うよう制御する機能を有する。

【0055】この制御によって、同一走査線への複数回の血流情報用の超音波パルスに対して、直前の超音波パルス送信の残留エコーの影響を相対的に同じにすることができる。つまり、本実施の形態における送信によれば、いずれの血流情報用送信であっても、その送信の直前には、必ず血流情報用送信（ダミー送信を含む）が行

われている。

【0056】よって、血流情報用の超音波パルス送信の際に直前の超音波パルス送信の残留エコーがあったとしても、同一走査線への複数回の血流情報用の超音波パルス送信に対する残留エコーの影響の違いが位相差として検出されることがなくなるので、得られる血流情報にはほとんど影響しない。

【0057】また、送信間隔が T_c である血流情報用の超音波パルス送信の直後の送信がダミー送信か断層情報用の超音波パルス送信だけとなるように制御することができ、送信間隔が異なること（血流情報用送信と血流情報用特殊送信とが混在すること）が血流情報用の超音波パルス送信への残留エコーの影響の違いとなることもない。これらの結果、最終的に得られる血流画像のアーチファクトが低減される。

【0058】なお、本実施の形態における2つの特徴的な送信方法、つまり、（1）血流情報用特殊送信を設けることと、及び、（2）個々の走査の先頭において、必ずダミー送信を含ませていることとは、相互に関連し、フレームレートの低下を抑制するとともに血流画像のアーチファクトを低減するという効果を奏している。つまり、上記（1）の血流情報用特殊送信を行うことなく、単に、上記（2）のダミー送信だけを行ったのでは、このような相乗効果は得られない。

【0059】参考までに、上記（1）の送信を行うことなく、上記（2）の送信を行った場合、つまり、血流情報用の超音波パルスの送信間隔がすべて同じままで、同一走査線への複数回の血流情報用の超音波パルスの送信に対する残留エコーの影響が同じになるようにダミー送信を行った場合の例を図8に示す。

【0060】図8に示された送信パターンでは、 $T_b = 2\Delta$ 、 $T_r = 6\Delta$ 、 $N = 8$ の条件は図7に示されたものと同じであり、 T_r を一定にするために $T_c = T_b$ となっている。図7と図8を比較して分かるように、図7に示された送信パターンの方が同一走査線へのダミー送信の回数が少ない。すなわち、本実施の形態における上記2つの特徴的な送信方法（1）及び（2）によって、ダミー送信によるフレームレートの低下を抑制しつつ血流画像のアーチファクトの低減が実現できている。

【0061】なお、本実施の形態における2つの特徴的な送信方法は、断層情報用の超音波パルスを同じ走査線に対して複数回送信する場合（多段フォーカス時など）や、断層情報用の超音波パルス送信と血流情報用の超音波パルス送信の走査線密度が異なる場合、さらにフレームの最初と最後のダミー送信のない送信方法にも適用可能である。

【0062】以上のように、本発明の超音波診断装置によれば、複数の走査線に対する血流情報用の超音波パルスの送信走査において、通常を送信間隔とは異なる送信間隔の血流情報用特殊送信を混在させたり、それに加え

て、走査の先頭に血流情報用の超音波パルスをダミー送信したりすることで、低血流速を高フレームレートかつ高画質で観測することができる。

【0063】なお、本発明は、上記実施の形態1及び実施の形態2のみに限定されるものではなく、個々の走査における走査線の数や超音波パルスの送信間隔がこれらの実施の形態と異なる送信パターンであってもよい。このほか本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて様々な形態で実施可能であることは勿論である。

【0064】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に係る超音波診断装置は、超音波パルスのドブラ効果を利用して被検体の血流情報を取得する機能を有する超音波診断装置であって、所定数の走査線に向けて超音波パルスを送信するとともにその反射波を受信する走査手段と、前記走査手段による断層情報用の超音波パルスの送受信と血流情報用の超音波パルスの送受信を制御する送受信制御手段と、前記走査手段が受信した断層情報用の超音波パルスに対する反射波に基づいて、断層情報を取得する断層情報取得手段と、前記走査手段が受信した血流情報用の超音波パルスに対する反射波に基づいて、血流情報を取得する血流情報取得手段とを備える超音波診断装置であって、前記送受信制御手段は、複数の走査線に対して送信間隔 T_c で血流情報用の超音波パルスを順次送信していく走査を、対象となる複数の走査線をずらしながら繰り返し、異なる走査線への断層情報用の超音波パルスの送信を、複数の前記走査に分散させるとともに前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 T_b で送信し、前記走査における血流情報用の超音波パルスのうちの一部については、前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 T_c' で送信するように前記走査手段を制御することを特徴とする。

【0065】これによって、対象となる複数の走査線をずらしながら走査を繰り返しているため、走査の対象となる複数の走査線ごとの時相差が抑制されるとともに、断層情報用の超音波パルスを複数の走査に分散させて送信しているため、断層情報と血流情報との時相差も抑制され、しかも、走査における血流情報用の超音波パルスのうちの一部については前記送信間隔 T_c とは異なる送信間隔 T_c' で送信しているため、断層情報用送信の送信間隔 T_b と血流情報用送信の送信間隔 T_c とを異なる値にした状態で超音波パルスを送信することができ、フレームレートの低下が回避される。

【0066】つまり、フレーム内での画像中の不連続や断層画像と血流画像のずれといった画質の低下を伴わずに、断層情報用と血流情報用の超音波パルスをそれぞれ最適な送信間隔とすることができる。ここで、前記送受信制御手段は、さらに、前記走査の先頭に、少なくとも1回の血流情報用の超音波パルスをダミー送信するように前記走査手段を制御してもよい。

【0067】これによって、血流情報用の超音波パルスの送信の直前には、必ず、血流情報用の超音波パルスが送信されることとなり、残留エコーの影響が等しくなるので、最終的に得られる血流画像のアーチファクトが低減される。つまり、フレームレートの低下を抑制しつつ血流画像のアーチファクトを低減することができる。以上のように、本発明によって、低血流速を高フレームレートかつ高画質で観測することのできる超音波診断装置が実現され、その実用的価値は極めて高い。

【図面の簡単な説明】

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

【図2】本発明の実施の形態1における走査順序の一例を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態1における走査順序の一例を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態1における走査順序の一例を示す図である。

【図5】本発明の実施の形態1における走査順序の一例を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態2における超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の実施の形態2における走査順序の一例を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態2における走査順序の特徴の一部が欠落した場合における走査順序の一例を示す図である。

10

20

*

*【図9】従来の超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【図10】1フレーム中の超音波パルスを送受信する走査線を示す図である。

【図11】血流情報の関心領域並びに断層情報及び血流情報それぞれの最大視野深度の関係の一例を示す図

【図12】従来の超音波診断装置における走査順序の一例を示す図である。

【図13】従来の超音波診断装置における走査順序の一例を示す図である。

【図14】従来の超音波診断装置における走査順序の一例を示す図である。

【図15】走査順序の一例を示す図である。

【符号の説明】

100、110、120 超音波送受信制御部

100 超音波送受信制御部

101 プローブ

102 断層情報取得処理部

103 血流情報取得処理部

104 フレームメモリ

105 DSC

106 画像合成部

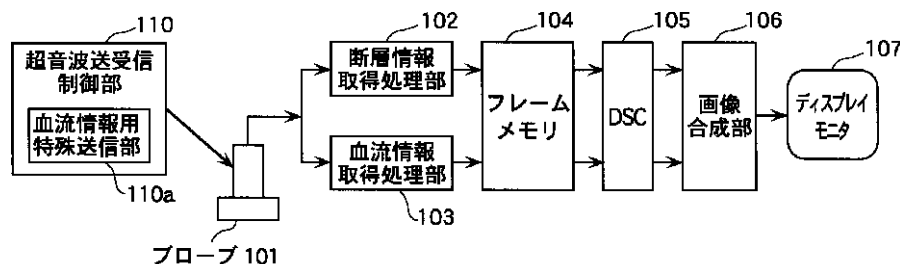
107 ディスプレイモニタ

108 血流情報の関心領域

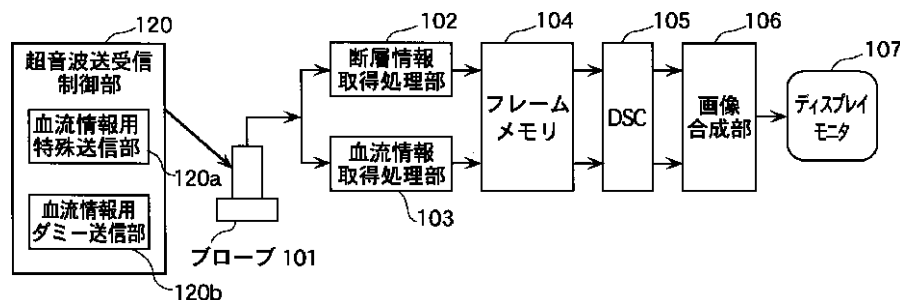
110a、120a 血流情報用特殊送信部

120b 血流情報用ダミー送信部

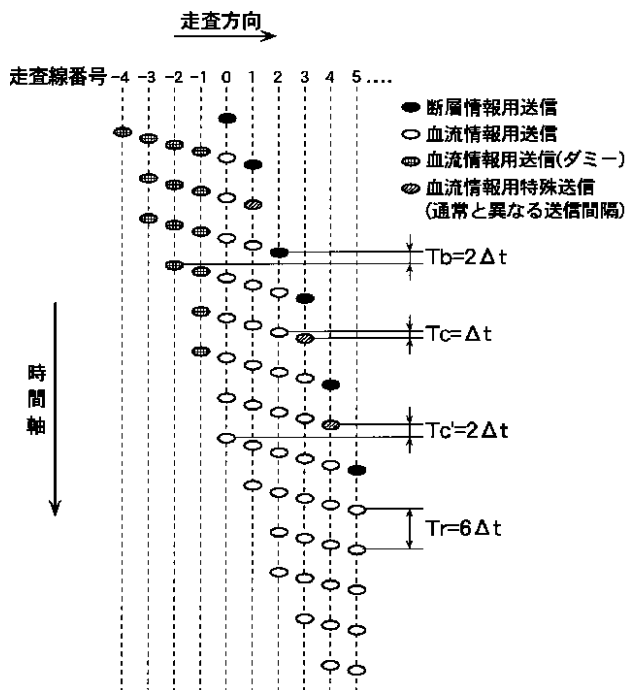
【図1】



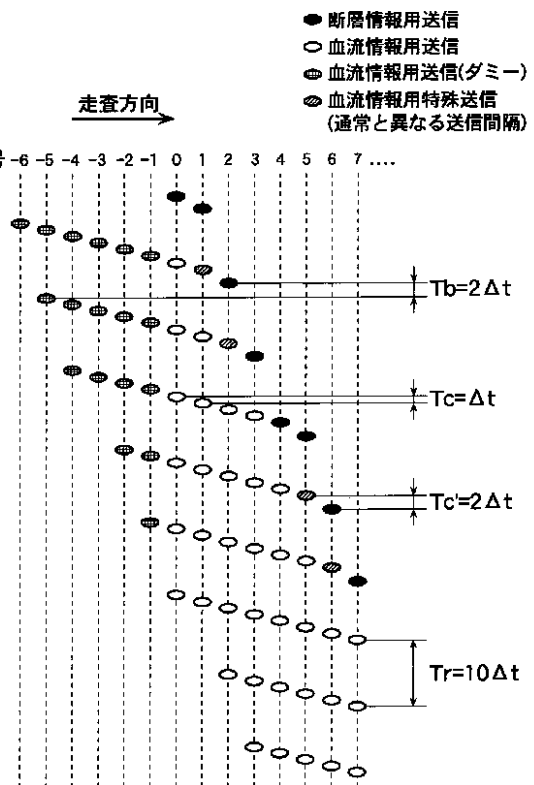
【図6】



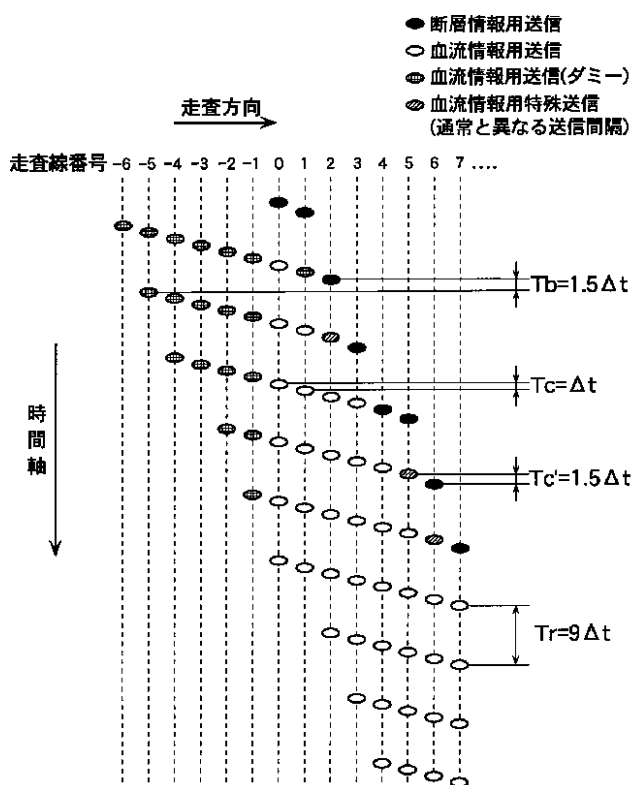
【図2】



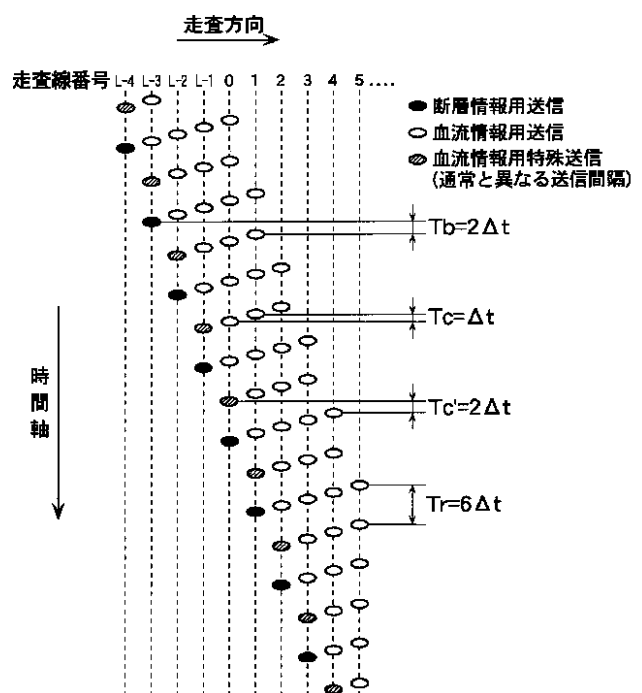
【図3】



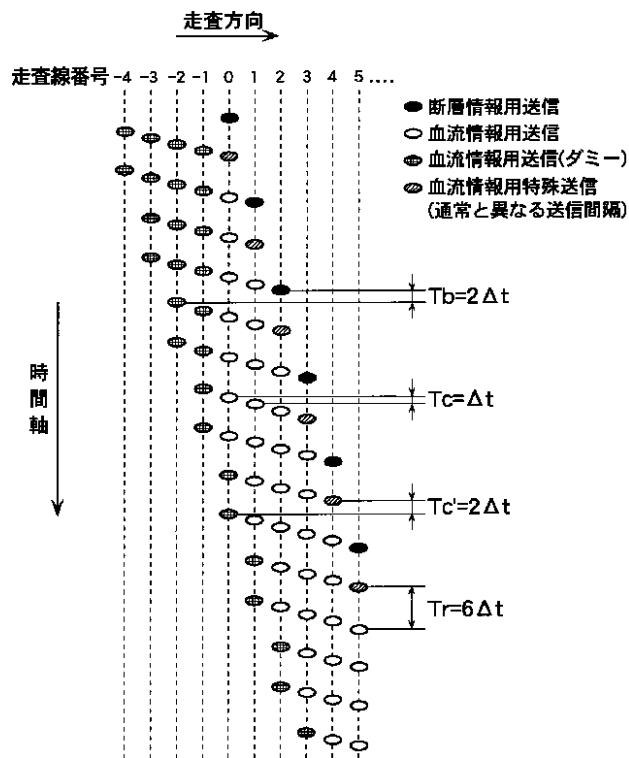
【図4】



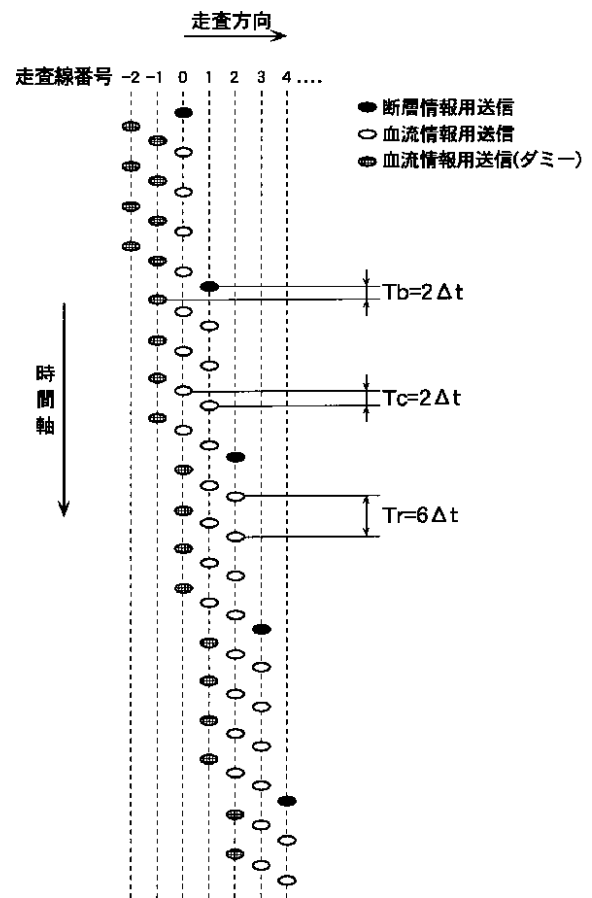
【図5】



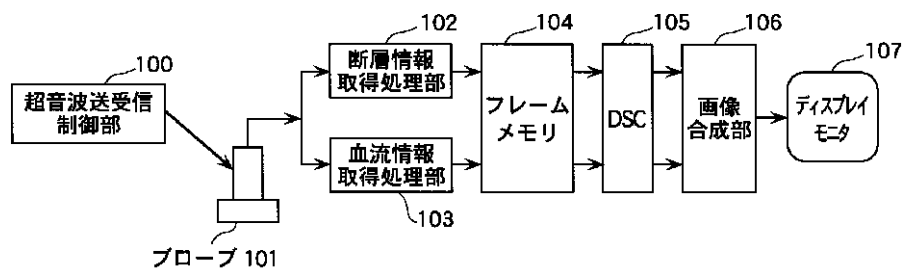
【図7】



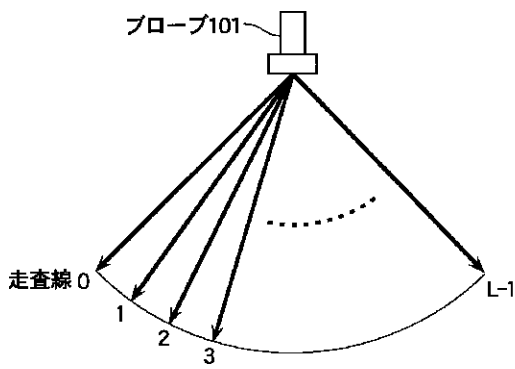
【図8】



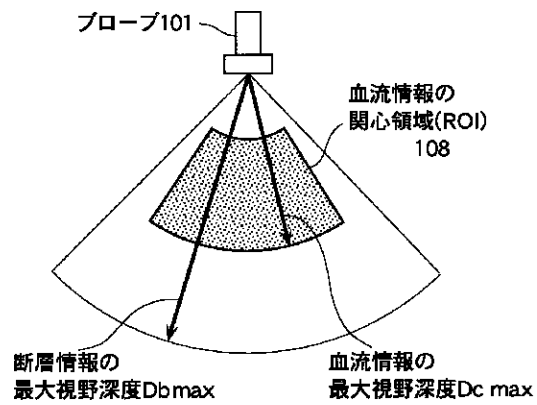
【図9】



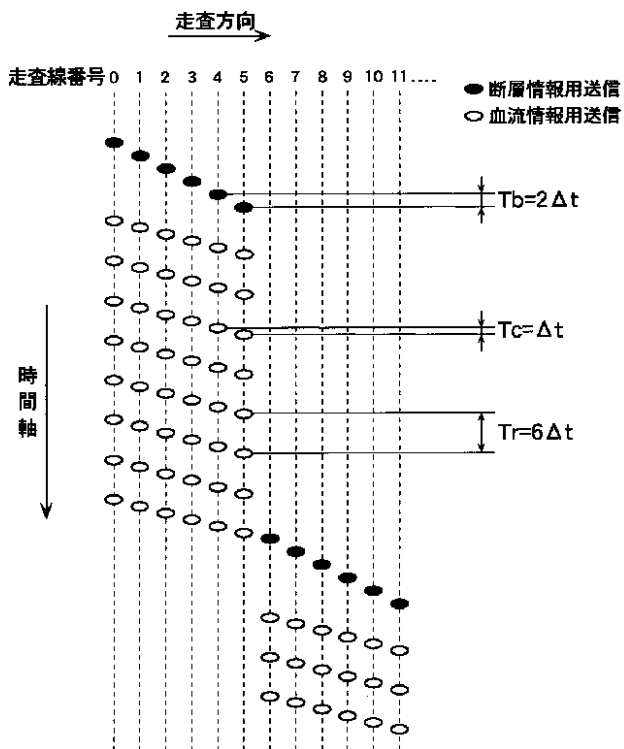
【図10】



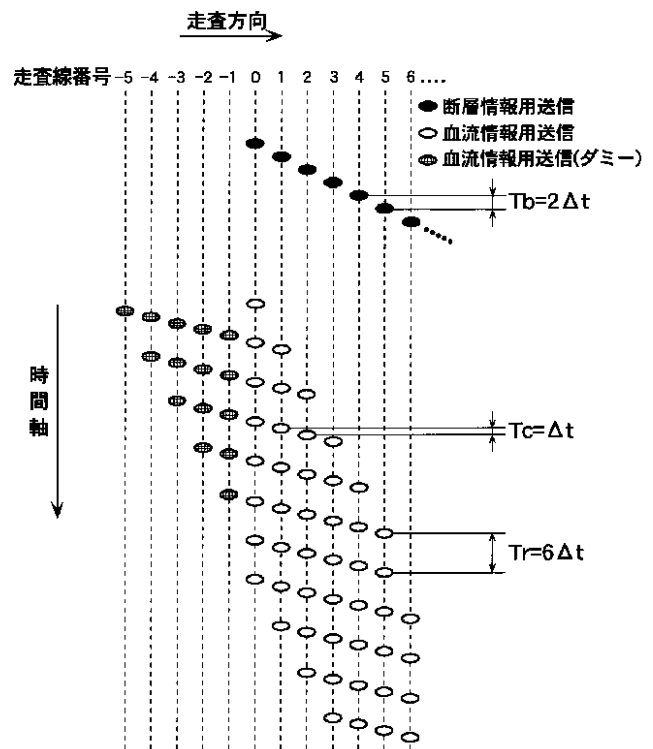
【図11】



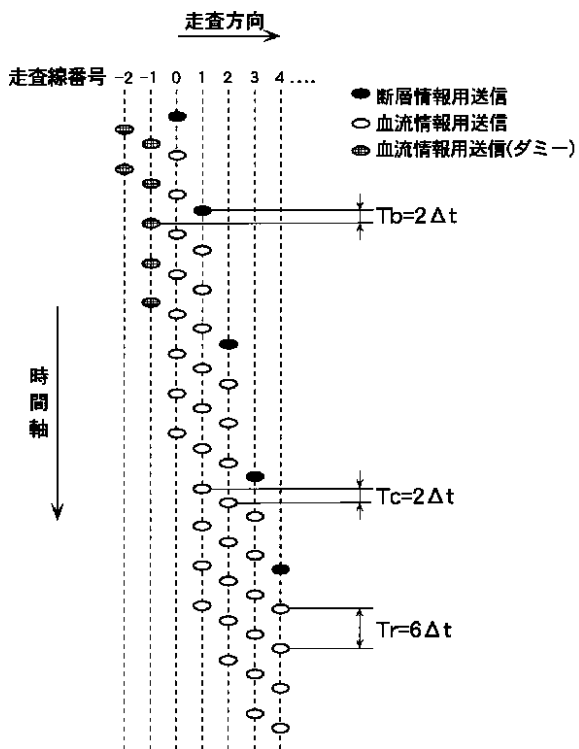
【図12】



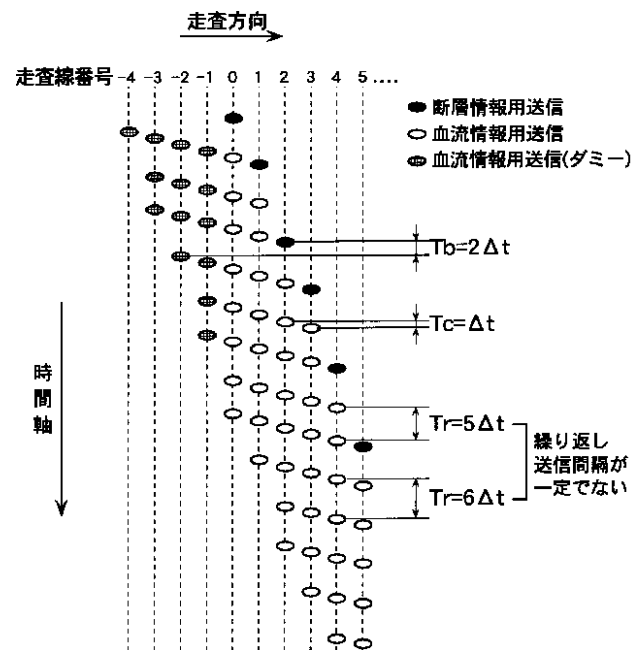
【図13】



【図14】



【図15】



专利名称(译)	具有血流信息获取功能的超声诊断设备和超声脉冲传输控制方法		
公开(公告)号	JP2003299653A	公开(公告)日	2003-10-21
申请号	JP2002107370	申请日	2002-04-10
申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
[标]发明人	川端章裕		
发明人	川端 章裕		
IPC分类号	A61B8/06		
CPC分类号	G01S15/8979 G01S7/52046 G01S7/52085		
FI分类号	A61B8/06 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C301/CC02 4C301/DD01 4C301/DD04 4C301/EE07 4C301/EE10 4C301/HH04 4C301/HH07 4C301/HH11 4C301/KK22 4C601/DD03 4C601/DE01 4C601/DE03 4C601/EE04 4C601/EE07 4C601/HH04 4C601/HH13 4C601/HH14 4C601/KK12 4C601/KK18 4C601/KK19 4C601/EE08		
代理人(译)	新居 広守		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种能够以高帧频和高图像质量观察低血流速度的超声诊断设备。 解决方案：探测器101，将探测器101的超声脉冲发送到预定数量的扫描线并接收反射波，以及断层信息的超声脉冲和血流信息的超声脉冲的发送/接收。 一种超声波诊断设备，包括用于控制超声波发送/接收控制单元110的发送/接收的超声波发送/接收控制单元110，该超声波发送/接收控制单元110相对于多条扫描线以发送间隔 T_c 发送用于血流信息的超声波脉冲。 在移动目标扫描线的同时重复顺序发送的扫描，并且将用于断层摄影信息的超声波脉冲向不同扫描线的发送分配给多个扫描，并且与发送间隔 T_c 不同。 控制探头101，使得其以间隔 T_b 发送，并且用于扫描中的用于血流信息的一些超声波脉冲以不同于发送间隔 T_c 的发送间隔 T_r 发送。

