

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5292440号
(P5292440)

(45) 発行日 平成25年9月18日(2013.9.18)

(24) 登録日 平成25年6月14日(2013.6.14)

(51) Int.Cl. F1
A61B 8/08 (2006.01) A61B 8/08

請求項の数 9 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2011-125354 (P2011-125354)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成23年6月3日(2011.6.3)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2012-249850 (P2012-249850A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成24年12月20日(2012.12.20)	(74) 代理人	100080159
審査請求日	平成25年1月9日(2013.1.9)		弁理士 渡辺 望穂
		(74) 代理人	100090217
			弁理士 三和 晴子
		(74) 代理人	100152984
			弁理士 伊東 秀明
		(74) 代理人	100148080
			弁理士 三橋 史生
		(72) 発明者	宮地 幸哉
			神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
			富士フイルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波を送信し、被検体によって反射された超音波エコーを受信して、受信した超音波エコーに応じた受信信号を出力する超音波トランスデューサを有する超音波プローブと、前記超音波トランスデューサからの超音波の送受信を制御する駆動制御手段と、

基本波の受信によって超音波トランスデューサが出力した受信信号から超音波画像を形成する画像形成手段と、

前記画像形成手段が形成した所定サイズの超音波画像中において、関心領域を設定するROI設定手段と、

前記画像形成手段が形成した超音波画像を記憶する記憶手段とを有し、

前記駆動制御手段は、前記ROI設定手段によって関心領域が設定されたら、この関心領域に対応する超音波の送受信であるROI送受信を行うと共に、前記設定された関心領域を含む前記所定サイズの超音波画像を得るための全体画像送受信を、所定のタイミングで前記ROI送受信に組み込むように、前記超音波トランスデューサによる超音波の送受信を制御し、

前記画像形成手段は、前記ROI設定手段によって関心領域が設定されたら、前記ROI送受信による受信信号を処理して得られる、前記所定サイズの超音波画像に対して関心領域を拡大したROI画像と、前記全体画像送受信による受信信号を処理して得られる、前記所定サイズの超音波画像である全体画像とを形成し、

前記記憶手段は、前記ROI画像と、このROI画像の領域が含まれる前記全体画像と

10

20

を、対応付けして記憶することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

血管壁の移動速度の検出手段を有し、

前記駆動制御手段は、この血管壁の移動速度の検出結果に応じて、血管壁の移動速度が最速となる時点を予測し、この予測した最速時点から所定期間が経過した時点で、前記全体画像送受信を組み込む請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

心拍を検出する拍検出手段を有し、

前記駆動制御手段は、この拍検出手段による心拍の検出結果に応じて、心拍の開始から所定期間が経過した時点で、前記全体画像送受信を組み込む請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記駆動制御手段は、前記関心領域を設定する所定サイズの超音波画像を得るための超音波送受信および前記全体画像送受信のフレームレートより、前記 ROI 送受信のフレームレートが高くなるように、前記超音波トランスデューサによる超音波の送受信を制御する請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記画像形成手段は、前記 ROI 設定手段によって関心領域が設定されたら、前記 ROI 送受信による受信信号から、ROI 画像としての前記関心領域の B モード画像と、前記関心領域の M モード画像とを形成し、前記全体画像送受信による受信信号から、前記全体画像としての所定サイズの B モード画像とを形成する請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記 ROI 設定手段によって関心領域が設定されたら、前記画像形成手段が形成した前記 ROI 画像と関心領域の M モード画像とを、1 画面に表示する請求項 5 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

入力指示に応じて、前記 ROI 画像と、この ROI 画像の領域が含まれる前記全体画像とを、1 画面に表示する請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

超音波画像の解析手段を有し、この解析手段による解析結果を前記全体画像に組み込んで表示する請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記全体画像が、関心領域を設定した時点における超音波画像と同じサイズの超音波画像である請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、血管壁の弾性率計測に好適な超音波診断装置に関し、特に、B モード画像からの血管前壁境界の検出を容易にする超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野において、超音波画像を利用した超音波診断装置が実用化されている。

一般に、この種の超音波診断装置は、超音波プローブ（超音波探触子 以下、プローブとする）と、診断装置本体とを有しており、プローブから被検体に向けて超音波を送信し、被検体からの超音波エコーをプローブで受信して、その受信信号を診断装置本体で電気的に処理することにより超音波画像が形成される。

【0003】

また、超音波を血管や心臓壁等に送信し、その超音波エコーを受信して、受信信号を解析することで、血管壁等の変位量を求め、この変位量から、血管壁や心臓壁（心筋）等の

10

20

30

40

50

弾性率を計測することも行なわれている。

【0004】

例えば、特許文献1には、心拍（心臓拍動）に同期して動く対象物に超音波を送受信して超音波エコーの受信信号を得、この受信信号の振幅および位相を用いて対象物の瞬間的な瞬時的な位置を決定して、心拍に基づく血管壁の大きな振幅変位運動をトラッキングすることにより、血管の弾性率を求めることが記載されている。

具体的には、血管壁の順次の位置に基づき、血管壁の微小振動の運動速度波形を求め、血管壁内部の深さ方向に所定間隔でとられた局所ごとのトラッキング軌跡を求め、局所毎の厚みの時間変化を算出することにより血管の弾性率を求めている。

【0005】

また、特許文献2にも、同様に、心拍に同期して動く対象物に超音波を送受信して得られた超音波エコーの受信信号から、血管等の変位量を求め、この変位量から弾性率を求める超音波診断装置が記載されている。

この超音波診断装置では、血管等の対象物から得た受信信号を用いてBモード画像およびMモード画像を形成し、Mモード画像の受信信号から手ブレや体動ブレを検出して、このブレが検出されたMモード画像の受信信号を用いてプローブと被検体との位置変化量を検出して、この検出結果から受信信号の確度を判断し、確度が高いと判断されたMモード画像の受信信号を用いて、対象物の変位量を求め、この変位量から血管壁等の弾性率を計測している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平10-5226号公報

【特許文献2】特開2010-233956号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、このような超音波診断装置を用いた血管弾性率の測定や、動脈硬化の診断として従来より利用されている内膜中膜複合体厚（Intima-Media Thickness: I M T）の測定では、経過を観察するためには、過去の測定と、これから実施する測定とで、血管の同じ位置で測定を行うのが好ましい。

そのためには、過去の測定を、血管の、どの位置で測定を行ったかが、容易に知見できるようにしておく必要が有る。

【0008】

一般的に、血管弾性率やI M Tの測定は、頸動脈洞近傍の血管壁の超音波画像を用いて行われる。これに応じて、頸動脈洞からの距離によって、測定を行った場所（血管壁）の位置を記憶しておくことで、過去の測定位置を知見している。

【0009】

ここで、I M Tの測定を高精度に行うためには、画像を拡大する必要が有る。また、血管弾性率等の血管弾性指標を求めるためには、高精度な測定のみならず、心拍に対応する高いフレームレートを保つためにも、画像を拡大する必要が有る。

そのため、これらの測定は、Bモード画像中で血管の位置にR O I（関心領域（Region of Interest））を設定して、このR O Iを拡大表示して、拡大表示したR O IのBモード画像や、R O IのBモード画像中で設定された表示ラインのMモード画像を解析することで、行われている。

【0010】

ところが、従来の超音波診断装置では、このような拡大表示を行うため、頸動脈洞からの距離を記憶していても、過去に、血管のどの位置で測定を行ったのかが、正確に知見できず、適正な経過観察が困難になってしまう場合が多い。

【0011】

本発明の目的は、前記従来技術の問題点を解決することにより、血管弾性率の計測や I M T の測定等を行う際に、過去に、血管の、どの位置で測定を行ったかを、正確かつ容易に知見することができる超音波診断装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

前記目的を達成するために、本発明の超音波診断装置は、超音波を送信し、被検体によって反射された超音波エコーを受信して、受信した超音波エコーに応じた受信信号を出力する超音波トランスデューサを有する超音波プローブと、前記超音波トランスデューサからの超音波の送受信を制御する駆動制御手段と、前記基本波の受信によって超音波トランスデューサが出力した受信信号から超音波画像を形成する画像形成手段と、前記画像形成手段が形成した所定サイズの超音波画像中において、関心領域を設定する R O I 設定手段と、前記画像形成手段が形成した超音波画像を記憶する記憶手段とを有し、前記駆動制御手段は、前記 R O I 設定手段によって関心領域が設定されたら、この関心領域に対応する超音波の送受信である R O I 送受信を行うと共に、前記設定された関心領域を含む前記所定サイズの超音波画像を得るための全体画像送受信を、所定のタイミングで前記 R O I 送受信に組み込むように、前記超音波トランスデューサによる超音波の送受信を制御し、前記画像形成手段は、前記 R O I 設定手段によって関心領域が設定されたら、前記 R O I 送受信による受信信号を処理して得られる、前記所定サイズの超音波画像に対して関心領域を拡大した R O I 画像と、前記全体画像送受信による受信信号を処理して得られる、前記所定サイズの超音波画像である全体画像とを形成し、前記記憶手段は、前記 R O I 画像と、この R O I 画像の領域が含まれる前記全体画像とを、対応付けして記憶することを特徴とする超音波診断装置を提供する。

【0013】

このような本発明の超音波診断装置において、血管壁の移動速度の検出手段を有し、前記駆動制御手段は、この血管壁の移動速度の検出結果に応じて、血管壁の移動速度が最速となる時点を予測し、この予測した最速時点から所定期間が経過した時点で、前記全体画像送受信を組み込むのが好ましい。

また、心拍を検出する拍検出手段を有し、前記駆動制御手段は、この拍検出手段による心拍の検出結果に応じて、心拍の開始から所定期間が経過した時点で、前記全体画像送受信を組み込むのが好ましい。

【0014】

また、前記駆動制御手段は、前記関心領域を設定する所定サイズの超音波画像を得るための超音波送受信および前記全体画像送受信のフレームレートより、前記 R O I 送受信のフレームレートが高くなるように、前記超音波トランスデューサによる超音波の送受信を制御するのが好ましい。

【0015】

また、前記画像形成手段は、前記 R O I 設定手段によって関心領域が設定されたら、前記 R O I 送受信による受信信号から、R O I 画像としての前記関心領域の B モード画像と、前記関心領域の M モード画像とを形成し、前記全体画像送受信による受信信号から、前記全体画像としての所定サイズの B モード画像とを形成するのが好ましい。

また、前記 R O I 設定手段によって関心領域が設定されたら、前記画像形成手段が形成した前記 R O I 画像と関心領域の M モード画像とを、1画面に表示するのが好ましい。

【0016】

また、入力指示に応じて、前記 R O I 画像と、この R O I 画像の領域が含まれる前記全体画像とを、1画面に表示するのが好ましい。

また、超音波画像の解析手段を有し、この解析手段による解析結果を前記全体画像に組み込んで表示するのが好ましい。

さらに、前記全体画像が、関心領域を設定した時点における超音波画像と同じサイズの超音波画像であるのが好ましい。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

上記構成を有する本発明の超音波診断装置は、関心領域（ROI）を設定した後、ROIの超音波画像を得るための超音波の送受信を行っている際に、所定のタイミングで、ROIを含む所定サイズの超音波画像（全体画像）を得るための超音波の送受信を行い、ROIの超音波画像と、全体画像とを対応付けして記憶する。

そのため、本発明の超音波診断装置によれば、過去に血管弾性率等の弾性指標の計測や、IMT測定を行った患者に対して、新たに、血管弾性率の計測等を行う際に、記憶しているROIの超音波画像と全体画像とを呼び出して、表示することにより、過去に測定を行った血管の位置を容易かつ正確に知見して、新たな測定を行うことができる。従って、本発明によれば、経過観察を良好に行って、適正な診断を行うことが可能になる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図1】本発明の超音波診断装置の一例を概念的に示す図である。

【図2】図1に示す超音波診断装置の構成を概念的に示すブロック図である。

【図3】図1に示す超音波診断装置における血管壁の弾性計測の一例を説明するためのフローチャートである。

【図4】血管壁の弾性計測のための超音波診断を説明するための概念図である。

【図5】（A）および（B）は、図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

【図6】（A）および（B）は、図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

20

【図7】（A）～（C）は、図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

【図8】（A）および（B）は、図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

【図9】図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

【図10】（A）～（G）は、図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

【図11】（A）および（B）は、図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

30

【図12】図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

【図13】図1に示す超音波診断装置での画像表示の一例を示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

以下、本発明の超音波診断装置について、添付の図面に示される好適実施例を基に、詳細に説明する。

【 0 0 2 0 】

図1に、本発明の超音波診断装置の一例の外観を概念的に示す。

図1に示すように、超音波診断装置10は、基本的に、診断装置本体12と、超音波プローブ14と、操作パネル16と、ディスプレイ18とを有して構成される。また、超音波診断装置10の下端部には、キャスタ24が配置されており、人力で容易に装置を移動することが可能になっている。

40

【 0 0 2 1 】

超音波プローブ14（以下、プローブ14とする）は、超音波の送受信を行なって、受信した超音波エコーに応じた受信信号を診断装置本体10に供給するものである。

このプローブ14は、被検体に超音波を送信し、被検体に反射された超音波エコーを受信して、受信した超音波エコーに応じた電気信号（受信信号）を出力する、いわゆる超音波トランスデューサ（超音波圧電素子）を1次元的もしくは二次元的に配列してなる、各種の超音波診断装置に利用される公知の超音波プローブである。

【 0 0 2 2 】

50

本発明において、プローブ14の種類には、特に限定はなく、コンベックス型、リニア型、セクタ型等の各種の形式が利用可能である。また、体外式プローブでもよいし、ラジアルスキャン方式等の超音波内視鏡用プローブでもよい。さらに、プローブ14は、ハーモニクイメージングに対応する、送信した超音波の二次以上の高調波を受信するための超音波振動子を有するものであってもよい。

また、図示例においては、プローブ14と診断装置本体12とは、ケーブル20によって接続されている。しかしながら、本発明は、これに限定はされず、プローブ14内に後述する送信回路28、受信回路30、送受信制御部32等を配置して、無線通信によってプローブ14と診断装置本体12とを接続するものであってもよい。

【0023】

ディスプレイ18は、公知のディスプレイ（表示装置）である。

超音波診断装置10において、ディスプレイ18は、各種の超音波診断装置と同様、プローブ14が出力した受信信号に応じた超音波画像、被検者の情報、G U I (Graphical User Interface)による操作を行なうための選択手段や指示手段、関心領域 (Region of Interest 以下、R O Iとする)、後述する血管壁の弾性計測結果等を表示する。

【0024】

操作パネル16は、超音波診断装置10の操作を行なうものである。

図示は省略するが、超音波診断装置10において、操作パネル16には、BモードやMモードなどの各種のモードの選択手段、ディスプレイ18に表示されたカーソルやライン等を移動するためのトラックボール（トラックパッド/タッチパッド）、選択や操作を決定（確定）するためのセットボタン、動画表示と静止画表示との切り換え等を行なうためのフリーズボタン、超音波画像の視野深度の変更手段、ゲイン調整手段、超音波画像を拡大するためのズームボタン等が配置される。

なお、超音波診断装置10においては、モードとして、BモードやMモードなどの通常の超音波診断装置が有するモードに加え、血管壁の弾性率を計測するためのモードであるV Eモード (Vascular Elasticity モード)も設定されている。

また、同じく図示は省略するが、操作パネル16には、G U Iによる操作等を行なうための表示装置であるタッチパネル16aも配置される（図6(B)参照）。

【0025】

診断装置本体12は、超音波診断装置10の全体の動作の制御を行なうと共に、プローブ14が出力した受信信号に応じた超音波画像を形成してディスプレイ18に表示させ、さらに、血管弾性率の計測のための各種の処理を行なうものである。

診断装置本体12は、例えば、コンピュータを利用して構成される。

【0026】

図2に、超音波診断装置10の構成をブロック図で概念的に示す。

図2に示すように、診断装置本体12は、送信回路28、受信回路30、送受信制御部32、画像形成部34、記憶部36、境界検出部40、トラッキング部42、拍検出部46、弾性率算出部50、および、表示処理部52を有する。

また、画像形成部34は、Bモード画像形成部56およびMモード画像形成部58を有する。

【0027】

前述のプローブ14は、送信回路28および受信回路30に接続される。また、送信回路28および受信回路30には、送受信制御部32が接続される。送受信制御部32には、拍検出部46が接続される。さらに、受信回路30は、画像形成部34および拍検出部46に接続される。

画像形成部34は、表示処理部52に接続される。また、画像形成部34のBモード画像形成部56およびMモード画像形成部58は、記憶部36に接続される。Bモード画像形成部58は、さらに境界検出部40にも接続される。

記憶部36は、トラッキング部42、拍検出部46、および表示処理部52に接続される。また、拍検出部46および表示処理部52は、共に、トラッキング部42および表示

10

20

30

40

50

処理部 5 2 に接続される。トラッキング部 4 2 は、表示処理部 5 2 および弾性率算出部 5 0 に接続され、さらに、弾性率算出部 5 0 は、表示処理部 5 2 に接続される。

【 0 0 2 8 】

送受信制御部 3 2 は、送信回路 2 8 および受信回路 3 0 の駆動を制御することにより、プローブ 1 4 による超音波の送受信を制御するものである。

この送受信制御部 3 2 は、送信回路 2 8 および受信回路 3 0 を介してプローブ 1 4 の超音波ビームの送信方向および超音波エコーの受信方向を、順次、設定する。また、送受信制御部 3 2 は、設定した送信方向に応じて送信遅延パターンを選択する送信制御機能と、設定した受信方向に応じて受信遅延パターンを選択する受信制御機能とを有している。

【 0 0 2 9 】

送信遅延パターンとは、プローブ 1 4 の複数の超音波トランスデューサから送信される超音波によって所望の方向に超音波ビームを形成するために各超音波トランスデューサの駆動信号に与えられる遅延時間のパターンである。他方、受信遅延パターンとは、複数の超音波トランスデューサによって受信される超音波によって所望の方向からの超音波エコーを抽出するために受信信号に与えられる遅延時間のパターンである。

複数の送信遅延パターンおよび複数の受信遅延パターンが内部メモリ（図示せず）に格納されていて、状況に応じて、適宜、選択して使用する。

【 0 0 3 0 】

送信回路 2 8 は、複数のチャンネルを備えており、プローブ 1 4 の複数の超音波トランスデューサにそれぞれ印加する複数の駆動信号を形成する。その際に、送受信制御部 3 2 によって選択された送信遅延パターンに基づいて、複数の駆動信号にそれぞれの遅延時間を与えることができる。

なお、送信回路 2 8 は、複数の超音波トランスデューサから送信される超音波が超音波ビームを形成するように、複数の駆動信号の遅延量を調節して複数の駆動信号をそれぞれプローブ 1 4 の複数の超音波トランスデューサに供給するようにしても良く、複数の超音波トランスデューサから一度に送信される超音波が被検体の撮像領域全体に届くように構成した複数の駆動信号をプローブ 1 4 に供給するようにしても良い。

【 0 0 3 1 】

受信回路 3 0 は、送信回路 2 8 と同様に複数のチャンネルを備えており、複数の超音波トランスデューサを介して受信された複数のアナログ信号を増幅し、デジタルの受信信号に変換する。

さらに、送受信制御部 3 2 によって選択された受信遅延パターンに基づいて、複数の受信信号にそれぞれの遅延時間を与え、それらの受信信号を加算することにより、受信フォーカス処理を行う。この受信フォーカス処理によって、超音波エコーの焦点が絞り込まれた音線データ（音線信号）が形成される。

【 0 0 3 2 】

後に詳述するが、送受信制御部 3 2 は、ROI 6 0 が設定されると（ズームボタンが押されると）、ROI 6 0 の B モードの拡大画像および M モード画像を得るための超音波送受信を行うように、送信回路 2 8 および受信回路 3 0 の駆動を制御する。

ここで、本発明の超音波診断装置 1 0 では、送受信制御部 3 2 は、ROI 6 0 の超音波画像を形成するための超音波の送受信を行っている際に、所定のタイミングで、ROI 6 0 を含む所定サイズの B モード画像である全体画像を得るための超音波送受信を組み込むように、送信回路 2 8 および受信回路 3 0 の駆動を制御する。

また、画像形成部 3 4 が形成した、この ROI 6 0 の B モード画像と、全体画像とは、対応付されて、記憶部 3 6 に記憶される。

この点に関しては、後に詳述する。

【 0 0 3 3 】

受信回路 3 0 によって形成された音線データは、画像形成部 3 4 に供給される。なお、受信回路 3 0 によって形成された M モードの音線データは、さらに、拍検出部 4 6 にも供給される。

10

20

30

40

50

画像形成部 34 は、供給された音線データに対して、Log (対数) 圧縮やゲイン調整等のプリプロセス処理を施して超音波画像の画像データを形成し、この画像データを通常のテレビジョン信号の走査方式に従う画像データに変換 (ラスタ変換) し、さらに階調処理等の必要な画像処理を施した上で表示処理部 52 へ出力する。

また、画像形成部 34 は、Bモード画像を形成するBモード画像形成部 56 と、Mモード画像を形成するMモード画像形成部 58 とを有する。Bモード画像およびMモード画像の形成は、公知の方法によればよい。

【0034】

表示処理部 52 は、画像形成部 34 から供給された超音波画像の画像データ、記憶部 36 から読み出した超音波画像の画像データ、操作パネル 16 で行なわれた操作 (入力指示) 、後述する血管壁弾性率の計測結果 (解析結果) 等に応じて、ディスプレイ 18 に表示するための表示用データを形成し、ディスプレイ 18 に表示させる部位である。

10

【0035】

図示例の超音波診断装置 10 において、診断装置本体 12 の記憶部 36、境界検出部 40、トラッキング部 42、拍検出部 46、および、弾性率算出部 50 は、主に、血管壁の弾性率を計測する VE モードの際に用いられる部位である。

以下、図 3 のフローチャートおよび図 5 ~ 図 13 を参照して、VE モードにおける超音波診断装置 10 の作用を説明することにより、本発明の超音波診断装置について、より詳細に説明すると共に、上記記憶部 36 や弾性率算出部 50 等の各部位の説明を行う。

なお、以下の説明では、特に記載がなくても、ディスプレイ 18 の表示に関しては、表示処理部 52 がラインの形成等の必要な処理を行なう。

20

【0036】

超音波診断装置 10 による超音波診断が開始されると、送受信制御部 32 による制御の下、送信回路 28 がプローブ 14 の超音波トランスデューサから超音波を送信させ、また、受信回路 30 はプローブ 14 が出力した受信信号を処理して音線データを形成し、画像形成部 34 へ出力する。

一例として、Bモードが選択され、図 4 に概念的に示すように、被検者の頸動脈 c を測定対象として、プローブ 14 が首 n に当てられたとして、画像形成部 34 (Bモード画像形成部 56) によって形成された Bモード画像が、表示処理部 52 で処理されて、ディスプレイ 18 に表示される。

30

【0037】

目的とする頸動脈 c が適正に観察できるようになり、操作パネル 16 のモード選択手段 (以下の説明では、「操作パネル 16」は省略する) によって VE モードが選択されると、表示処理部 52 は、図 5 (A) に概念的に示すように、Bモード画像中に、関心領域を示す ROI 60 を表示させる。

【0038】

この状態では、トラックボールでの操作によって Bモード画像中の ROI 60 の位置を移動できる。また、セットボタンを押すと、ROI 60 の位置が固定され、トラックボールでの操作によって ROI 60 のサイズを変更できる。

さらに、セットボタンを押すたびに、ROI 60 の位置変更および ROI 60 のサイズ調整が、交互に実施可能になる。

40

【0039】

この状態からズームボタンが押されると、ROI 60 の位置やサイズの調整が終了して、ROI 60 が設定される。

これに応じて、送受信制御部 32 は、フレームレートを ROI 60 の設定指示前よりも高くし (例えば、200 Hz 以上あるいは ROI 設定指示前の 5 倍以上)、さらに、ROI 60 の Bモード画像の拡大画像、および、ROI 60 の Mモード画像を得るための超音波の送受信 (ROI 送受信) を行うように、送信回路 28 および受信回路 30 すなわちプローブ 14 の超音波トランスデューサの駆動を制御する。

また、ROI 60 の設定に応じて、Bモード画像形成部 56 は、受信回路 30 から供給

50

された受信信号に応じて、ROI60のBモード画像の拡大画像を形成し、さらに、Mモード画像形成部58がROI60のMモード画像の形成を開始し、図5(B)に示されるように、ROI60の部分が拡大(ズーム)されたBモード画像64(ROI画像)、および、Mモード画像65が、同時に表示される。また、図示例においては、受信回路30は、形成したMモードの音線データを、拍検出部46に供給する。

なお、Bモード画像64とMモード画像65との同時表示(デュアルモード表示)は、公知の超音波診断装置における、いわゆるB/Mモード表示と同様に行なえば良い。

【0040】

図5(B)において、上側がBモード画像64で、下側がMモード画像65である。

Bモード画像64において、図中横方向はアジマス方向(超音波振動子の配列方向(二次元配列の場合は長手方向))であり、縦方向は深度方向(超音波の送受信方向)で、上方が深度が浅い側(プローブ14側)である。

また、Bモード画像中には、Bモード画像中のアジマス方向におけるMモード画像表示位置(Mモード画像の表示ライン)を選択するための、深度方向に延在する選択ライン62が表示される。この選択ライン62は、トラックボールによって、アジマス方向(左右方向)に移動可能になっている。

【0041】

また、Mモード画像65において、横方向は時間軸で、時間は左から右に流れており、間隙65aの左側が、現在のフレームとなる(すなわち、間隙65aの右側は、過去のフレーム)。また、Bモード画像64と同様、縦方向は深度方向で、上方が深度が浅い側である。

図5(B)において、ディスプレイ18に表示されているMモード画像65は、予め位置が設定された選択ライン62の位置のMモード画像65である。

【0042】

Mモード画像形成部58は、アジマス方向の所定位置(予め設定された所定位置や選択された位置)や、アジマス方向で選択された位置のみではなく、Bモード画像64のアジマス方向の全域について、Mモード画像を形成する。

【0043】

ここで、本発明の超音波診断装置10においては、ROI60が設定された後(すなわち、ズームボタンが押下された後)、Bモード画像64およびMモード画像65を得るための超音波の送受信を行っている際に、送受信制御部32が、所定のタイミングで、ROI60の領域を含む所定サイズの超音波画像である全体画像を得るための超音波の送受信(全体画像送受信)を行うように、送信回路28および受信回路30の駆動を制御する。

言い換えれば、ROI60のBモード拡大画像およびMモード画像を得るための超音波送受信(ROI送受信)の間に、所定のタイミングで、全体画像を得るための全体画像送受信を組み込む。

【0044】

また、Bモード画像形成部34は、この全体画像送受信に応じて、全体画像のBモード画像を形成する。

ここで、Bモード画像形成部34は、ROI60が設定された時点で、設定されたROI60の情報を取得して記憶しておき、設定されたROI60を組み込んで、全体画像を形成するのが好ましい。すなわち、設定されたROI60を、全体画像に再現するのが好ましい。設定されたROI60の情報は、例えば、表示処理部52や送受信制御部32から取得すればよい。

【0045】

全体画像送受信は、ROI60が設定される前のBモード画像と同様に行えばよい。従って、この全体画像送受信を行う際には、フレームレートは、最初のBモード画像のみを表示している時点と同様になる。

また、全体画像は、ROI60の領域を含むBモード画像64よりも大きなサイズの画像であれば良い。しかしながら、後に、ROI60の位置すなわち血管弾性率の計測を行

10

20

30

40

50

った血管の位置が知見し易いように、ROI60が設定された時点（ズームボタンが押された時点）におけるBモード画像と、同じサイズの画像とするのが好ましい。

さらに、全体画像は、基本的に1画像（1フレーム）を形成すればよいが、必要に応じて、適宜、設定した複数の全体画像を形成してもよい。

【0046】

全体画像送受信のタイミング（全体画像の取得タイミング）には、特に限定はなく、ROI60が設定された時点（ズームボタンが押下された時点）から、後述するフリーズボタンが押下されるまでの間であれば、どのタイミングでもよい。

一例として、ROI60が設定された時点からフリーズボタンが押下されるまでの期間は、予測が付かない。従って、ROI60が設定されたら、できるだけ早く、全体画像送受信を行うようにしてもよい。

また、多くの場合、フリーズボタンが押された時点の画像等で、画像の保存や画像解析を行う。これに応じて、フリーズボタンが押下された瞬間に、最後のROI送受信を行い、続いて全体画像送受信を行うようにしてもよい。

なお、ROI60が設定された後、何時、全体画像送受信を行う場合であっても、全体画像送受信は、以下に示す条件を満たすタイミングで行うのが好ましい。

【0047】

前述のように、全体画像送受信は、ROI60のBモード画像やMモード画像を得るための送受信に比して、フレームレートが低い。従って、血管の動きが早い時に全体画像送受信を行うと、フレームレートの低下に起因するエイリアジング等を生じて、全体画像の画質が低下してしまう可能性がある。

このようなエイリアジングの発生等を防止するために、全体画像送受信は、心臓拡張期から心臓収縮期のような、血管壁の移動速度が早い時期を外して行うのが好ましい。すなわち、全体画像送受信は、血管壁の移動速度が遅いタイミングを予測して、この血管壁の移動速度が遅いタイミングで行うのが好ましい。

【0048】

これに対応して、図示例においては、前述のように、受信回路30が、Mモードの音線データを拍検出部46に供給する。

拍検出部46は、供給されたMモードの音線データから、血管壁の移動速度を検出し、血管壁の移動速度が最高となる時点を予測し、その情報を送受信制御部32に供給する。送受信制御部32は、血管壁の移動速度が最高となる時点から、所定時間が経過した時点で、全体画像送受信を行うように（全体画像を取得するように）、送信回路28および受信回路30の駆動を制御する。

血管壁の移動速度が最高となる時点からの所定時間には、特に限定は無く、適宜、設定すればよい。ここで、通常、人間の拍は1秒程度である。従って、血管の移動速度が最高となる時点から、0.2～0.5秒程度経過した時点で、全体画像送受信を行うことにより、血管壁の移動速度が遅いタイミング、全体画像送受信を行うことができる。また、この所定時間を、操作者が設定できるようにしてもよい。

【0049】

あるいは、拍検出部46は、同様に血管壁の移動速度を検出すると共に、血管壁の移動速度から一拍の長さを予測して、血管壁の移動速度が最高となる時点から、一拍の1/4程度を経過した時点で、全体画像送受信を行うようにしてもよい。

【0050】

また、後述のようにして心拍を検出すると共に、同様に血管壁の移動速度から一拍の長さを予測して、心拍の中心付近で全体画像送受信を行うようにしてもよい。

【0051】

なお、以上の例では、Bモードの音線データを用いて、拍検出部46が血管壁の移動速度の最高時点や心拍の長さの予測等を行った。しかしながら、本発明は、これに限定はされずに、心電計（心電図）を用いて、心拍の検出等を行って、同様にして全体画像送受信のタイミングを設定してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

また、1つの全体画像を形成するための全体送受信は、1フレームで連続して行うのに限定はされない。

例えば、全体画像を、例えばディスプレイ18上の横方向に3つに分割し、まず、左側1/3の全体画像を得るための全体画像送受信を行い、次いで、所定フレーム数のROI送受信を行い、次いで、中央1/3の全体画像を得るための全体画像送受信を行い、次いで、所定フレーム数のROI送受信を行い、次いで、右側1/3の全体画像を得るための全体画像送受信を行うことにより、1つの全体画像を形成してもよい。

【 0 0 5 3 】

Bモード画像形成部56が形成したROI60のBモード画像(Bモード画像データ)およびMモード画像形成部58が形成したMモード画像(Mモード画像データ)は、共に、記憶部36に記憶される。

なお、記憶部36が記憶する画像の時間的な量には、特に限定はないが、一般的な心拍が2以上、入る長さであるのが好ましい。従って、記憶部36は、最新の3秒以上のROI60のBモード画像およびMモード画像を記憶するのが好ましい。

また、本発明においては、全体画像も、ROI60のBモード画像あるいはさらにMモード画像に対応付されて、記憶部36に記憶される。なお、これらの画像には、被検者の情報や、日時等の計測情報も、対応付けされる。

【 0 0 5 4 】

前述のように、選択ライン62は、トラックボールによってアジマス方向に移動することができる。

選択ライン62の位置とMモード画像とは、連動している。すなわち、トラックボールによって選択ライン62を左右方向に移動すると、表示処理部52は、選択ライン62の位置のMモード画像をディスプレイ18に表示する。

【 0 0 5 5 】

操作者が、適正な画像が得られたと判断したら、フリーズボタンが押される。

フリーズボタンが押されると、表示処理部52は、必要な画像データを記憶部36から読み出し、図6(A)に示すように、ディスプレイ18に、フリーズボタンが押された時点が最も右(最新の位置)となるように並べ直して、選択ライン62の位置のMモード画像65を表示させ、また、Bモード画像64の静止画を表示させる。同時に、選択ライン62が破線になって、移動ができなくなる(非アクティブになる)。

さらに、図6(B)に示すように、操作パネル16のタッチパネル16aに、後述する血管壁の境界の設定を指示するための「AW Det」ボタン、血管壁弾性率の解析開始を指示するため「Elasticity Ana」ボタン、被検者の血圧を入力するための「Ps」ボタンおよび「Pd」ボタン、信頼性閾値を入力するための「Quality Factor Threshold」ボタンが表示される。なお、この時点では、「Elasticity Ana」ボタンは、選択できない状態になっている。

【 0 0 5 6 】

また、フリーズボタンが押されると、拍検出部46が、記憶部36に記憶されている全てのMモード画像に対して、心拍の検出(心拍の自動検出)を行なう。心拍の検出結果は、記憶部36に送られ、対応するMモード画像に、情報として付加される。

さらに、心拍の検出結果は、表示処理部52にも送られ、現在、表示しているMモード画像65には、心拍の検出結果が表示される。

【 0 0 5 7 】

心拍の検出方法には、特に限定はないが、一例として、Mモード画像を解析して、横方向の延在する白線(輝線)の深度方向の移動速度(速度の上昇開始時点)や、同白線の深度方向の動きの脈動等を用いて、検出すればよい。あるいは、心拍の検出に心電計(心電図)を利用してもよい。

【 0 0 5 8 】

表示処理部52は、図6(A)に示すように、心拍の検出結果を、Mモード画像65中

に三角マークおよび直線で表示させる。図示例においては、一例として、最新の心拍の開始時点を実線で、同終了時点を通い細い線で、それ以外の拍に関連する位置は、破線で示す。これらの線の区別は、線種に変えて、あるいは加えて、線の色を利用してよい。

なお、検出に失敗した心拍が有る場合には、周囲の心拍の間隔等に応じて、適当な位置に心拍の表示をする。

また、フリーズボタンが押された時点でのBモード画像64は、Mモード画像65中において実線で示される、最新の心拍の開始時点におけるBモード画像となる。

【0059】

Mモード画像65に心拍のラインが表示されると、Bモード画像中の選択ライン62が実線になって、トラックボールによって左右方向に移動可能となる。すなわち、選択ライン62が、アクティブな状態になる。なお、ラインがアクティブか否かの区別は、先と同様、線種に変えて、あるいは加えて、線の色を利用してよい。

この状態で、トラックボールによって選択ライン62を左右方向に移動すると、表示処理部52は、記憶部36から、選択ライン62の位置に対応するMモード画像を読み出し、心拍の検出結果と共に、その画像をディスプレイ18に表示させる。すなわち、フリーズ後にも、トラックボールによって選択ライン62を移動することで、Bモード画像64中のアジマス方向の全域から、Bモード画像64中におけるMモード画像65の表示位置(表示ライン)を選択できる。

従って、本例によれば、設定したROI60のアジマス方向の任意の位置のMモード画像65を表示して、Mモード画像65、および、Mモード画像中の各心拍に対応する画像を、観察/確認することができる。

【0060】

Bモード画像64の選択ライン62が移動可能な状態でセットボタンが押されると、Mモード画像の表示位置(表示ライン)の選択が終了したとして、図7(A)に示されるように、Bモード画像64の選択ライン62が破線になって、トラックボールによる移動が不可能な状態となる。同時に、Mモード画像65において、最新の心拍を示すラインが、共に実線となる。

【0061】

Mモード画像65において、最新の心拍を示すラインが、共に実線になると、トラックボールによって、心拍の選択が可能な状態になる。

一例として、セットボタンが押された時点では、図7(A)や(B)に示すように、最新の心拍を示すラインが実線となって選択された状態となっている。この状態から、例えば、トラックボールを左に回すと、図7(C)に示すように、最新の心拍の終了に対応するラインが破線となり、次に新しい心拍に対応するラインが実線となって、この心拍が選択された状態となる。さらにトラックボールを左に回すと、2番目に新しい拍に対応するラインが破線になり、3番目に新しい心拍に対応するラインが実線となって、選択された状態となる。

また、トラックボールを右に回せば、同様に、順次、新しい心拍に対応するラインが選択された状態となる。

さらに、この心拍の選択に応じて、表示処理部52は、記憶部36から、選択された心拍の開始位置のBモード画像、すなわち、選択された心拍の開始位置の時点(時相)で撮影されたBモード画像を読み出し、ディスプレイ18に表示するBモード画像64を、この画像に変更する。

【0062】

心拍の選択が可能な状態でセットボタンが押されると、心拍の選択が終了したとして、選択された心拍が確定し、選択した心拍の微調整が行なえる状態となる。

また、ディスプレイ18に表示しているMモード画像65中の心拍が選択/確定すると、記憶部36が記憶している全てのMモード画像(すなわち、Bモード画像64のアジマス方向の全域のMモード画像)において、同じ心拍が選択された状態となる。

【0063】

一例として、最新の心拍が選択されたとして、セットボタンが押されると、図8(A)に示すように、まず、選択された心拍の終了に対応する線が細線となり、選択された心拍の開始に対応する線の位置(時間)が、トラックボールによって、矢印tで示すように、左右方向(時間方向)に移動可能となり、心拍の開始位置の微調整が可能な状態となる。

必要に応じて、トラックボールによって心拍の開始位置が調整された後、再度、セットボタンが押されると、今度は、図8(B)に示すように、選択された心拍の終了に対応する線が通常の実線に、同開始に対応する線が細線になって、トラックボールによって、矢印tで示すように、選択された心拍の終了に対応する線の位置が、左右方向に移動可能となり、心拍の終了位置の微調整が可能な状態となる。

この心拍の微調整の結果は、微調整を行ったMモード画像65のみに反映してもよいが、記憶部36に記憶されている全てのMモード画像にも反映されるのが好ましい。

なお、心拍の開始位置が調整された場合には、表示処理部52は、記憶部36から、調整された心拍開始位置のBモード画像を読み出し、ディスプレイ18に表示するBモード画像64を、この画像に変更する。

【0064】

心拍の選択あるいはさらに微調整の結果は、トラッキング部42にも供給される。

【0065】

選択された心拍の終了に対応する位置が調整可能な状態で、セットボタンが押されると、前述の図6に示すBモード画像64の選択ライン62が移動可能な状態、すなわち、Bモード画像64中における、Mモード画像65の表示ラインの選択が可能な状態に戻る。

すなわち、図示例の超音波診断装置10では、「表示ラインの選択」「心拍の選択」「心拍の微調整」の各処理を繰り返し行うことができるようになっている。言い換えれば、「表示ラインの選択」「心拍の選択」「心拍の微調整」は、ループ状に処理を行なうことが可能になっている。

これにより、より好適に、記憶する全てのMモード画像から、後述する血管壁の弾性計測のための解析に最適な心拍を選択することが可能になる。

【0066】

一方、選択された心拍の終了に対応する位置が調整可能な状態で、セットボタンではなく、タッチパネルの「A W D e t」ボタンが押されると、図9に示すように、Bモード画像64の選択ライン62、および、Mモード画像65中における心拍を示すラインが、全て、破線となって操作ができない状態となり、血管壁の検出モードとなる。

【0067】

血管壁の検出モードになると、まず、図10(A)に示すように、Bモード画像64中に、血管前壁の外膜中膜境界に対応するライン68が表示される。

このライン68は、トラックボールによって上下方向(深度方向)に平行移動可能になっている。図10(B)に示すように、トラックボールによって移動して、ライン68を血管前壁の外膜中膜境界の位置に移動したら、セットボタンが押される。

【0068】

セットボタンが押されると、図10(C)に示すように、Bモード画像64において、血管前壁の外膜中膜境界に対応するライン68が破線になって確定し、血管前壁の内腔境界に対応するライン70が表示される。

このライン70も、同様に、トラックボールによって上下方向に移動可能であり、ライン70を血管前壁の中膜内腔境界の位置に移動したら、セットボタンが押される。

【0069】

ライン70が移動可能な状態でセットボタンが押されると、図10(D)に示すように、Bモード画像64において、血管前壁の中膜内腔境界に対応するライン70が破線になって確定し、血管後壁の内腔境界に対応するライン72が表示される。同様に、トラックボールによってライン72を血管後壁の中膜内腔境界の位置に移動したら、セットボタンが押される。

さらに、ライン72が移動可能な状態でセットボタンが押されると、図10(E)に示

10

20

30

40

50

すように、Bモード画像64において、血管後壁の内膜内腔境界に対応するライン72が破線になって確定し、血管後壁の外膜中膜境界に対応するライン74が表示される。同様に、トラックボールによってライン74を血管後壁の外膜中膜境界の位置に移動したら、セットボタンが押される。

【0070】

血管壁の各境界の情報は、境界検出部40に供給される。

ライン74が移動可能な状態でセットボタンが押されると、全ての境界に対応するラインの設定が終了し、境界検出部40は、設定された内膜内腔境界のライン72および外膜中膜境界のライン74を用いて、後壁の内膜内腔境界および外膜中膜境界の自動検出を行なう。両境界の自動検出の結果は、表示処理部52およびトラッキング部42に送られ、図10(F)に示すように、検出結果が表示される。

10

なお、これらの境界の自動検出の方法には、特に限定はなく、各種の方法が利用可能である。一例として、Bモード画像を解析して、ライン72およびライン74の位置において連続する高輝度な部分をトレースして、内膜内腔境界および外膜中膜境界を検出する方法が例示される。

【0071】

境界検出部40による、血管後壁の内膜内腔境界および外膜中膜境界の自動検出が終了すると、図10(F)に示すように、Bモード画像64にカーソル78が表示される(血管後壁の自動検出が終了するまでは、このカーソル78は表示されていない)。

【0072】

20

このカーソル78は、トラックボールによって移動可能になっている。カーソル78を、自動検出された内膜内腔境界もしくは外膜中膜境界を示すラインに移動して、セットボタンが押されると、カーソル78に近い側のラインが実線となる。実線となったラインは、修正が可能な状態となる。

一例として、図10(G)に示すように、外膜内腔境界を示すライン74が選択されて実線になったとする。ライン74に沿って、トラックボールによってカーソル78を移動して、再度、セットボタンが押されると、境界検出部40が、カーソルによってなぞられた領域のライン74が再検出して書き換えが行なわれ、また、その結果がトラッキング部42に送られる。

【0073】

30

後壁の内膜内腔境界および外膜中膜境界の自動検出が終了し、さらに、必要に応じて血管後壁の修正が行なわれると、図11(A)に示すように、全てのラインが破線になり、図11(B)に示すように、タッチパネル16aの「Elasticity Ana」ボタンが選択可能な状態となる。

「Elasticity Ana」ボタンが選択可能な状態になったら、「Ps」ボタンを用いて被検者の心臓収縮期の血圧を、「Pd」ボタンを用いて被検者の心臓拡張末期の血圧を、それぞれ入力し、さらに、「Quality Factor Threshold」ボタンを用いて、信頼性閾値を入力する。これらの数値の入力は、公知の方法で行なえばよい。

【0074】

なお、被検者の血圧および信頼性閾値の入力は、血管壁境界の検出が終わった後に行なうのに限定はされず、後述する解析開始の前(後述する「Elasticity Ana」ボタンの押下の前)であれば、どのタイミングで行なってもよい。

40

また、超音波診断装置10においては、診断を行なう前に、被検者情報の取得や入力を行なうのが通常であるが、この被検者情報に血圧の情報が有る場合には、これを利用してよい。

【0075】

被検者の血圧および信頼性閾値が入力され、「Elasticity Ana」ボタンが押されると、画像の解析が開始され、血管壁の弾性率の計算が行なわれる。

「Elasticity Ana」ボタンが押されると、まず、トラッキング部42が、Mモード画像65において、選択された心拍における血管前壁(外膜中膜境界および中膜内腔境界)な

50

らびに血管後壁（中膜内腔境界および外膜中膜境界）の動きを追跡する。すなわち、血管前壁および後壁のトラッキングを行なう。

Mモード画像65における血管壁のトラッキングは、は、先にBモード画像64において検出（ラインを設定）した、血管前壁の外膜中膜境界、血管前壁の中膜内腔境界、血管後壁の中膜内腔境界、および、血管後壁の外膜中膜境界を、位置的な出発点（深度方向の出発点）として行なう。

また、Mモード画像65における血管壁のトラッキングにおいて、時間的な出発点（Mモード画像の時間軸上の出発点）は、Bモード画像64の時相すなわちBモード画像64が撮られた時点とする。すなわち、図示例においては、選択され、さらに必要に応じて位置を調節された心拍の開始位置が、血管壁のトラッキングの時間的な出発点となる。

【0076】

ここで、超音波診断装置10においては、好ましい態様として、検出（設定）した血管壁の境界のみならず、血管後壁の中において、深さ方向に1以上の測定点が設定されていてもよい。このように、血管後壁の中に、1以上の測定点が設定されている場合には、各測定点毎に、血管壁のトラッキングを行なう。

なお、血管壁中の測定点は、予め設定されていてもよく、あるいは、特定のアルゴリズムに基づいて自動設定してもよく、あるいは、超音波診断装置10の操作者が画像を見ながら設定してもよく、これらを併用してもよい。

【0077】

Mモード画像65における血管壁のトラッキングの方法には、特に限定はなく、トラッキングの出発位置からの画像（輝度）の連続性を利用する方法、パターンマッチング法、ゼロクロス法、組織ドプラ法、位相差トラッキング等が例示され、いずれの方法を用いてもよい。

【0078】

トラッキング部42によるMモード画像中での血管壁のトラッキング結果は、弾性率算出部50および表示処理部52に供給される。

弾性率算出部50は、血管壁のトラッキング結果から、まず、血管壁（内膜中膜）の厚みの変化波形、および、血管径（内径）の変化波形を形成する。なお、前述のように、血管壁内に1点以上の測定点が設定されている場合には、血管壁の変化波形は、各測定点の間毎に形成される。

血管壁の厚みの変化波形、および、血管径の変化波形は、表示処理部52に送られる。

【0079】

また、弾性率算出部50は、下記式（1）を用いて、血管の径方向の歪みを算出する。

$$e_i = h_i / h_{di} \quad \dots (1)$$

なお、上記式（1）において、 e_i は、各測定点の間における血管の径方向の歪みを、 h_i は、1つの心拍内で血管壁が最も薄くなる心臓収縮期における各測定点の間の血管壁の厚み変化の最大値を、 h_{di} は、血管壁が最も厚くなる心臓拡張末期における各測定点の間の厚みを、それぞれ示す。

【0080】

さらに、弾性率算出部50は、先に入力された血圧の最高値および最低値を用いて、下記式（2）によって、血管壁の円周方向の弾性率 $E_{\theta i}$ を算出する。

$$E_{\theta i} = [1/2] * [1 + (r_d / h_d)] * [p / (h_i / h_{di})] \quad \dots (2)$$

もしくは、下記式（3）によって、血管壁の径方向の弾性率 E_{ri} を算出してもよい。

$$E_{ri} = p / (h_i / h_{di}) \quad \dots (3)$$

なお、上記式（2）および式（3）において、 h_i および h_{di} は、先と同様であり、 p は、心臓収縮期と心臓拡張末期とにおける血圧差を、 r_d は、心臓拡張末期での血管内腔の半径を、 h_d は、心臓拡張末期における血管壁の厚みを、それぞれ示す。

【0081】

弾性率を計算したら、弾性率算出部50は、弾性率の信頼性を計算する。

10

20

30

40

50

弾性率の信頼性の計算方法には、特に限定はなく、公知の方法が、各種、利用可能である。一例として、1000人等の多数の人物の心拍による血管径変化の波形を作成して、これらの多数の波形から、血管径変化のモデル波形を作成し、このモデル波形からのズレの量を用いて、算出した弾性率の信頼性を計算する方法が例示される。

【0082】

ここで、前述のように、ディスプレイ18に表示されているMモード画像で心拍が選択/確定すると、記憶部36が記憶している全てのMモード画像において、同じ心拍が選択された状態となる。

これに応じて、上述の血管壁のトラッキング、血管壁の厚みおよび血管径の変化波形の作成、血管壁の歪みの計算、血管壁の弾性率および弾性率の信頼性の計算などの処理は、ディスプレイ18に表示されているMモード画像65のみならず、記憶部36に記憶されている全てのMモード画像において、選択された心拍に対して行なわれる。すなわち、ディスプレイ18に表示されているBモード画像64のアジマス方向の全領域に対して、対応するMモード画像を用いて、選択された心拍での上記血管壁の弾性率算出などの処理が行なわれる。

これらの結果は、記憶部36に記憶されているMモード画像に情報として付加される。

【0083】

アジマス方向の全域における演算が終了したら、弾性率算出部50は、血管壁の弾性率の平均値 (E_{ave})、血管壁の歪みの平均値 (Str_{ave})、および、弾性率の信頼性の平均値 (QF_{ave}) を演算し、記憶部36に記憶されている画像に情報として付加される。

【0084】

演算が終了すると、ディスプレイ18に結果が表示される。

その一例を、図12に示す。図示例においては、元々、表示されていたBモード画像64の図中右側に、このBモード画像64に示される血管後壁の弾性率が、Bモード画像64eで表示される。さらに、この血管後壁の弾性率を表示するBモード画像64eの図中右側に、算出した血管壁の弾性率の信頼性が、同じくBモード画像64qで表示される。

また、Bモード画像64の図中左側に、血管壁の弾性率の平均値 (E_{ave})、血管壁の歪みの平均値 (Str_{ave})、および、弾性率の信頼性の平均値 (QF_{ave}) が、それぞれ、表示される。

【0085】

血管壁の弾性率は、Bモード画像64eにおいて、Bモード画像64で自動検出(あるいは必要に応じて修正)された血管後壁に重ねて、帯状に表示される。また、Bモード画像64eの右上側には、弾性率の指標が表示される。図示例においては、画像の高密度であるほど、弾性率が高い。

すなわち、Bモード画像64eにおいては、血管後壁に重なる帯の密度が、血管のその位置における血管壁の弾性率を示している。

【0086】

弾性率の信頼性は、Bモード画像64qにおいて、同様に、Bモード画像64中で自動検出された血管後壁に重ねて、帯状に表示される。また、Bモード画像64qの右上側には、弾性率の信頼性の指標が表示される。図示例においては、画像が高密度であるほど、弾性率の信頼性が高い。

すなわち、Bモード画像64qにおいては、血管後壁に重なる帯の密度が、血管のその位置における血管壁弾性率の信頼性を示している。

【0087】

なお、この弾性率や弾性率の信頼度の高低は、画像の密度に変えて、あるいは加えて、画像の色によって表現してもよい。

【0088】

ここで、本発明の超音波診断装置10では、解析および血管弾性の計測を行ったROI60を含む全体画像を記憶している。

10

20

30

40

50

従って、図13に示すように、全体画像90と、Bモード画像64（ROI60の拡大Bモード画像）とをディスプレイ18に表示して、全体画像90のROI60内に、同様に、血管弾性の計測結果を表示してもよい。

また、ディスプレイ18の表示画面に余裕があれば、もしくは全体画像90等の縮小によって表示画面に余裕を設けて、血管弾性の測定結果を表示した全体画像90と、Bモード画像64と、結果を表示したMモード画像65（ROI60のMBモード画像）とを、ディスプレイ18に表示してもよい。

さらに、信頼性を示すBモード画像64qも、表示画面に余裕があれば表示してもよく、同様に縮小等によって表示スペースを確保して、表示してもよい。

【0089】

さらに、操作パネル16等によって、図12に示す全体画像90を含まない計測結果の表示と、図13に示すような全体画像90を含む計測結果とを、操作者が選択できるようにしてもよく、トグル式に表示を切り換え可能にしてもよい。

また、全体画像を含めて、表示する画像を操作者が選択できるようにしてもよい。

【0090】

図12（あるいはさらに図13）に示す結果の表示では、先に入力した閾値よりも信頼性が低い、アジマス方向の位置では、結果が自動的に省かれる。

また、結果が省かれた位置に関しては、Bモード画像64eにおける弾性率の結果表示の右隅部や、Bモード画像64qにおける信頼性の結果表示の右隅部に示されるように、帯の表示が薄くなる。

【0091】

また、下側のMモード画像65においては、選択された心拍に、Mモード画像中での血管前壁のトラッキング結果80および血管後壁のトラッキング結果82、血管径の変化波形84、ならびに、血管壁の厚みの変化波形86が表示される。

なお、前述のように、血管壁の中に深度方向に1以上の測定点が設定されている場合には、血管厚みの変化波形は、各測定点の間毎に、出力するようにしてもよい。

【0092】

ここで、血管壁の弾性率の計測結果等がディスプレイ18に表示されると、Bモード画像64における選択ライン62が実線になって、トラックボールによってアジマス方向に移動可能になる。

Bモード画像64で選択ライン62が移動されると、表示処理部52は、記憶部36から、選択ライン62の位置対応するMモード画像を読み出して、ディスプレイ18に表示する。すなわち、トラックボールによって選択ライン62が移動されると、Mモード画像65が、この選択ライン62の位置のMモード画像に変わり、Mモード画像中での血管前壁のトラッキング結果80および血管後壁のトラッキング結果82、血管径の変化波形84、ならびに、血管壁の厚みの変化波形86が、Bモード画像64の選択ライン62の位置のデータに変更される。

従って、Bモード画像中のアジマス方向の全域において、Mモード画像65および解析結果を表示する表示ラインを、選択することができる。

【0093】

さらに、セットボタンを押した後、Bモード画像64eおよびBモード画像64qにおいて、選択ライン62eおよび選択ライン62qをトラックボールによって移動してアジマス方向の任意の領域をに選択し、その後、再度、セットボタンを押すと、選択された領域は、前述の信頼性が閾値よりも低かった領域と同様の扱いとなり、データが取り除かれる。

すなわち、検査者が結果を見て、波形等が奇怪しいと感じられる場所がある場合に、そのデータを取り除くことができ、より正確な解析が可能となる。

【0094】

なお、このデータの除去は、Deleteボタン等の押下によって、1つ前の状態にも土切要にしてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 5 】

ところで、前述のように、本発明の超音波診断装置 1 0 においては、記憶部 3 6 に、血管弾性を計測した際における R O I 6 0 の B モード画像と、この R O I 6 0 を含む所定サイズの全体画像（例えば、R O I 設定時と同サイズの B モード画像）とが、対応付けして記憶されている。

従って、過去に血管弾性の計測を行った被検者に対して、再度、血管弾性の計測を行う際に、操作パネル 1 6 による入力指示に応じて、記憶している B モード画像と、対応する全体画像とを呼び出し、例えば、前述の図 1 3 と同様に、B モード画像と対応する全体画像とを並べて、ディスプレイ 1 8 に表示することができる。

これにより、検査者は、この被検者に対する過去の計測において、血管のどの位置で計測を行ったかを、容易かつ正確に知見して、新たな測定を行うことができる。そのため、本発明によれば、経過観察を良好に行って、適正な診断を行うことが可能になる。

【 0 0 9 6 】

なお、本発明の超音波診断装置 1 0 において、新たな計測に応じて呼び出されて表示する全体画像は、図 1 3 に示すように血管弾性の計測結果（解析結果）を含むものであってもよく、計測結果を含まないものであってもよい。

【 0 0 9 7 】

超音波診断装置 1 0 において、呼び出しの入力指示に応じて表示するのは、R O I 6 0 の B モード画像と全体画像とに限定はされず、記憶部 3 6 が記憶している画像に応じて、各種の組み合わせが利用可能である。

例えば、全体画像のみを表示してもよく、先と同様に全体画像と R O I 6 0 の B モード画像と M モード画像とを表示してもよく、全体画像と M モード画像とを表示してもよく、全体画像と血管弾性の結果を示す B モード画像 6 4 e を表示してもよい。

さらに、全体画像と共に表示する画像（呼び出す画像）を、操作者が、操作パネル 1 6 を用いて選択できるようにしてもよい。

【 0 0 9 8 】

なお、血管弾性を計測した際における全体画像と R O I 6 0 の B モード画像と、対応付けされる全体画像（あるいはさらに M モード画像）は、超音波診断装置 1 0 に内蔵される記憶部 3 6 ではなく、超音波診断装置 1 0 に接続される（接続可能な）、外部記憶装置に記憶して、呼び出し可能にしてもよい。

【 0 0 9 9 】

以上、本発明の超音波診断装置について詳細に説明したが、本発明は、上述の例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の変更や改良を行なってもよいのは、もちろんである。

例えば、以上の例は、本発明の超音波診断装置を血管弾性計測が可能な装置に利用した例であるが、本発明は、これに限定はされない。すなわち、本発明は、例えば内臓中膜複合体厚（Intima-Media Thickness: I M T）の測定を行う超音波診断装置等、超音波画像中において R O I を設定し、R O I の拡大（拡大表示）を行う超音波診断装置に、各種、利用可能である。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 0 0 】

本発明の超音波診断装置は、心筋梗塞、狭心症、脳疾患等の原因となる動脈硬化の診断を行なう医療現場等において、好適に利用可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 1 】

- 1 0 超音波診断装置
- 1 2 診断装置本体
- 1 4 （超音波）プローブ
- 1 6 操作パネル
- 1 8 ディスプレイ

10

20

30

40

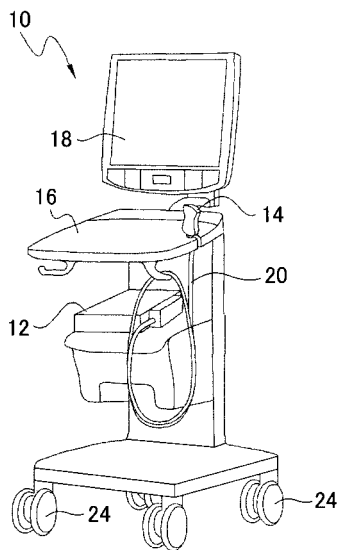
50

- 20 ケーブル
- 24 キャスタ
- 28 送信回路
- 30 受信回路
- 32 送受信制御部
- 34 画像形成部
- 36 記憶部
- 40 境界検出部
- 42 トラッキング部
- 46 拍検出部
- 50 弾性率算出部
- 52 表示処理部
- 56 Bモード画像形成部
- 58 Mモード画像形成部
- 60 ROI
- 62 選択ライン
- 64, 64e, 64q, 90 Bモード画像
- 65, 92 Mモード画像
- 68, 70, 72, 74 ライン
- 80, 82 トラッキング結果
- 84 血管径変化波形
- 86 血管壁厚み変化波形
- 90 全体画像

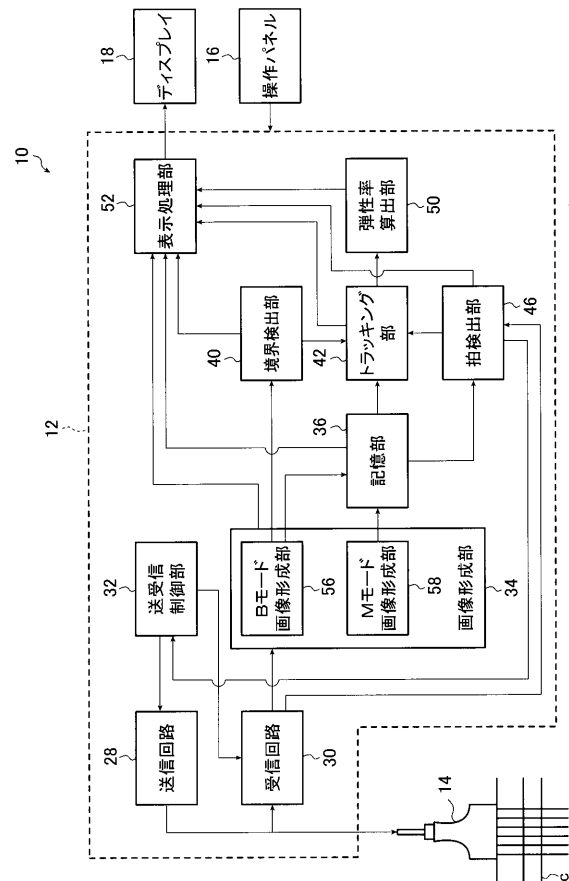
10

20

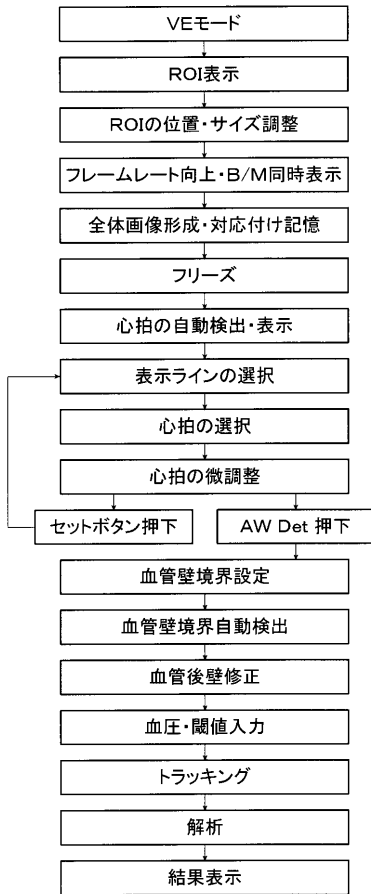
【図1】



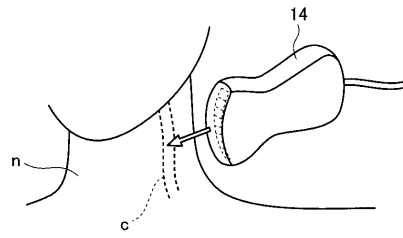
【図2】



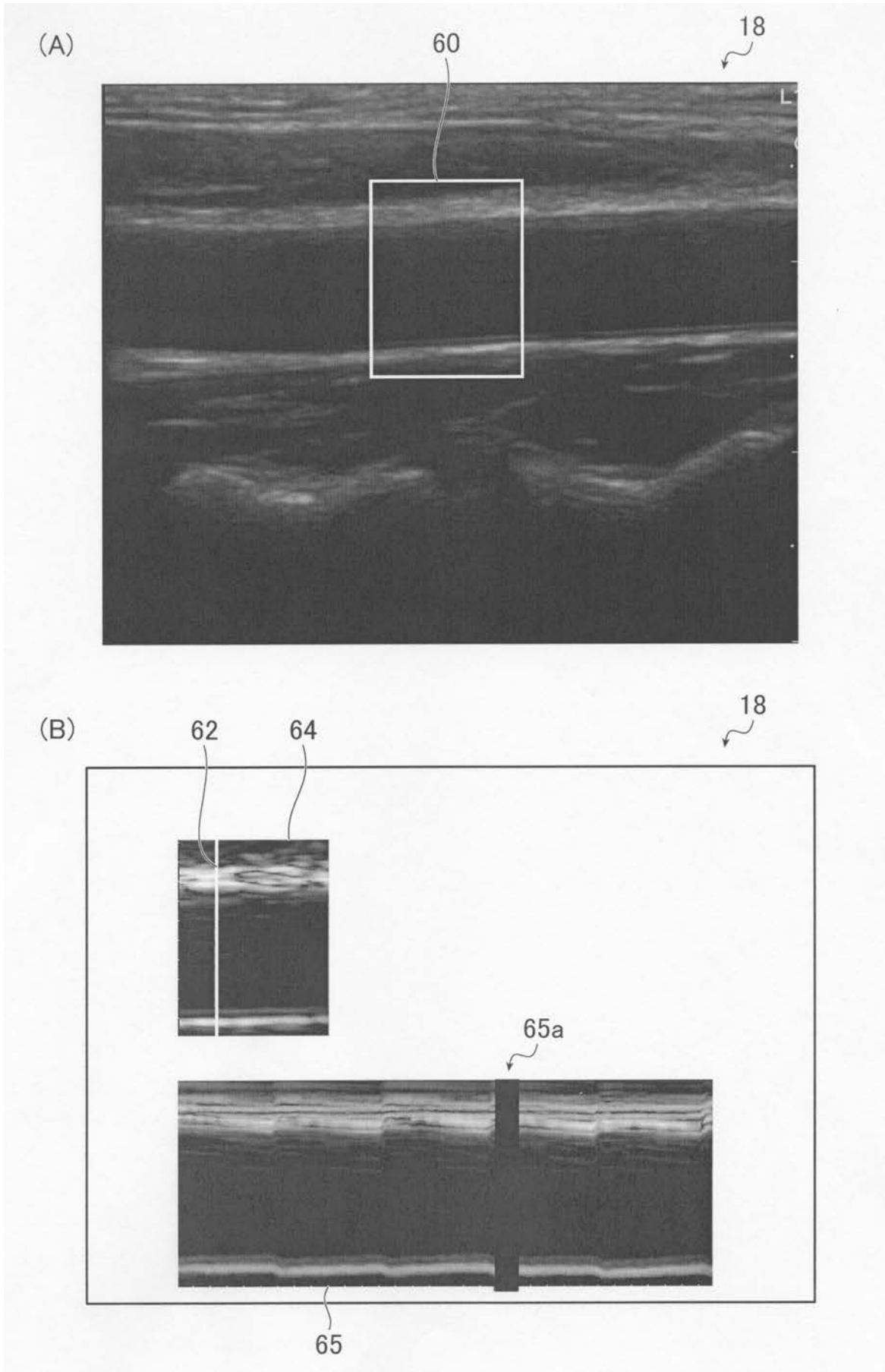
【 図 3 】



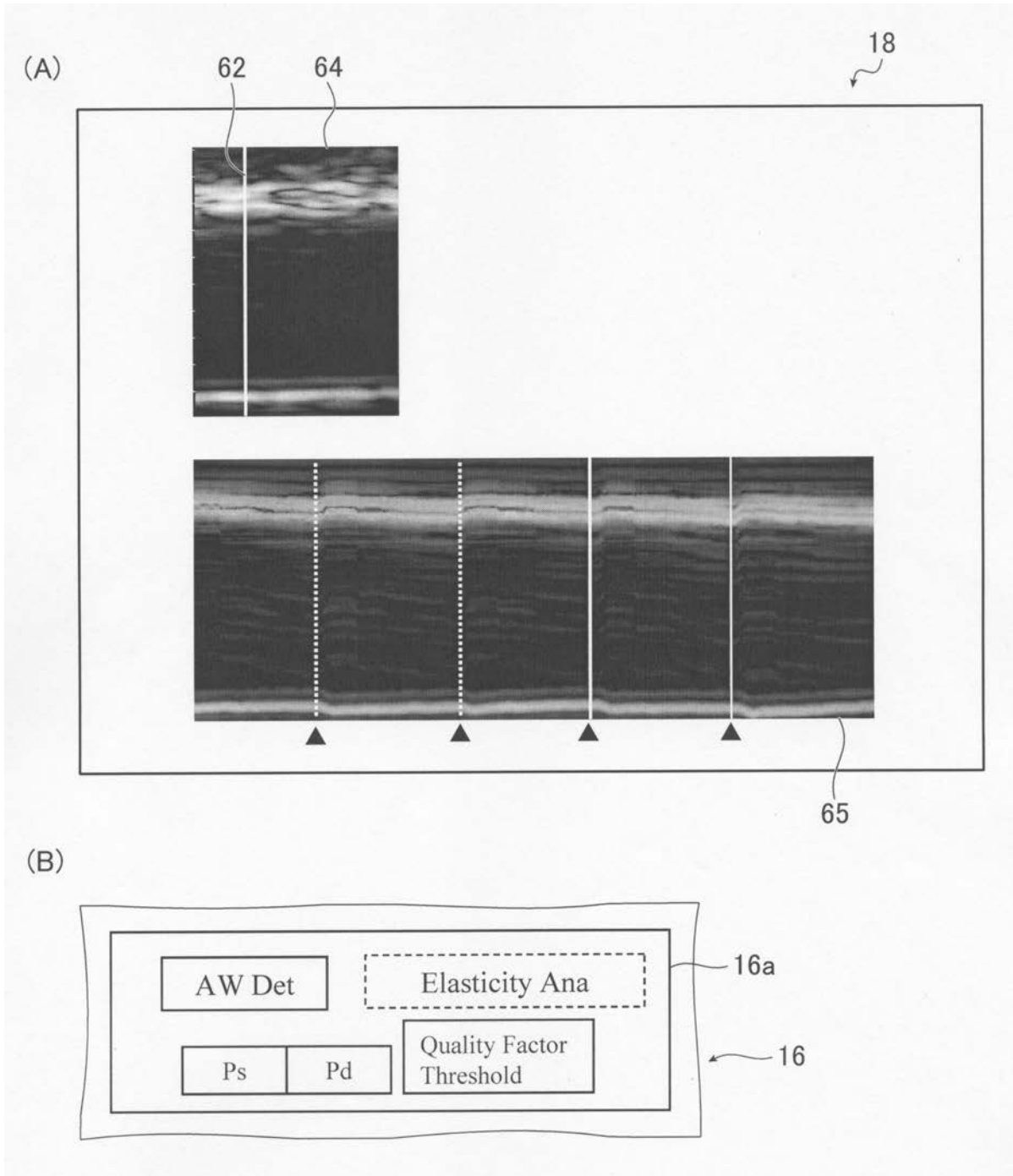
【 図 4 】



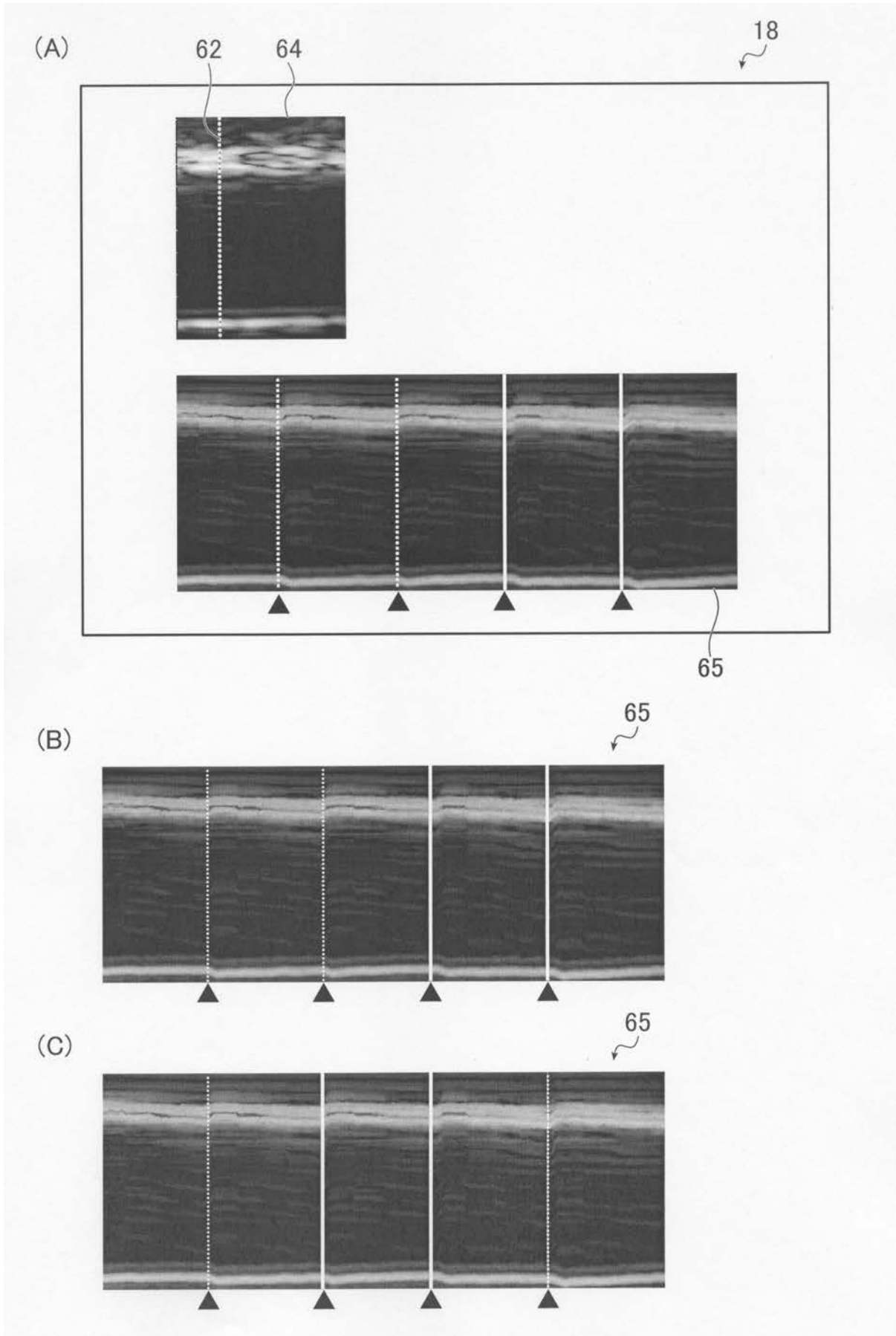
【図5】



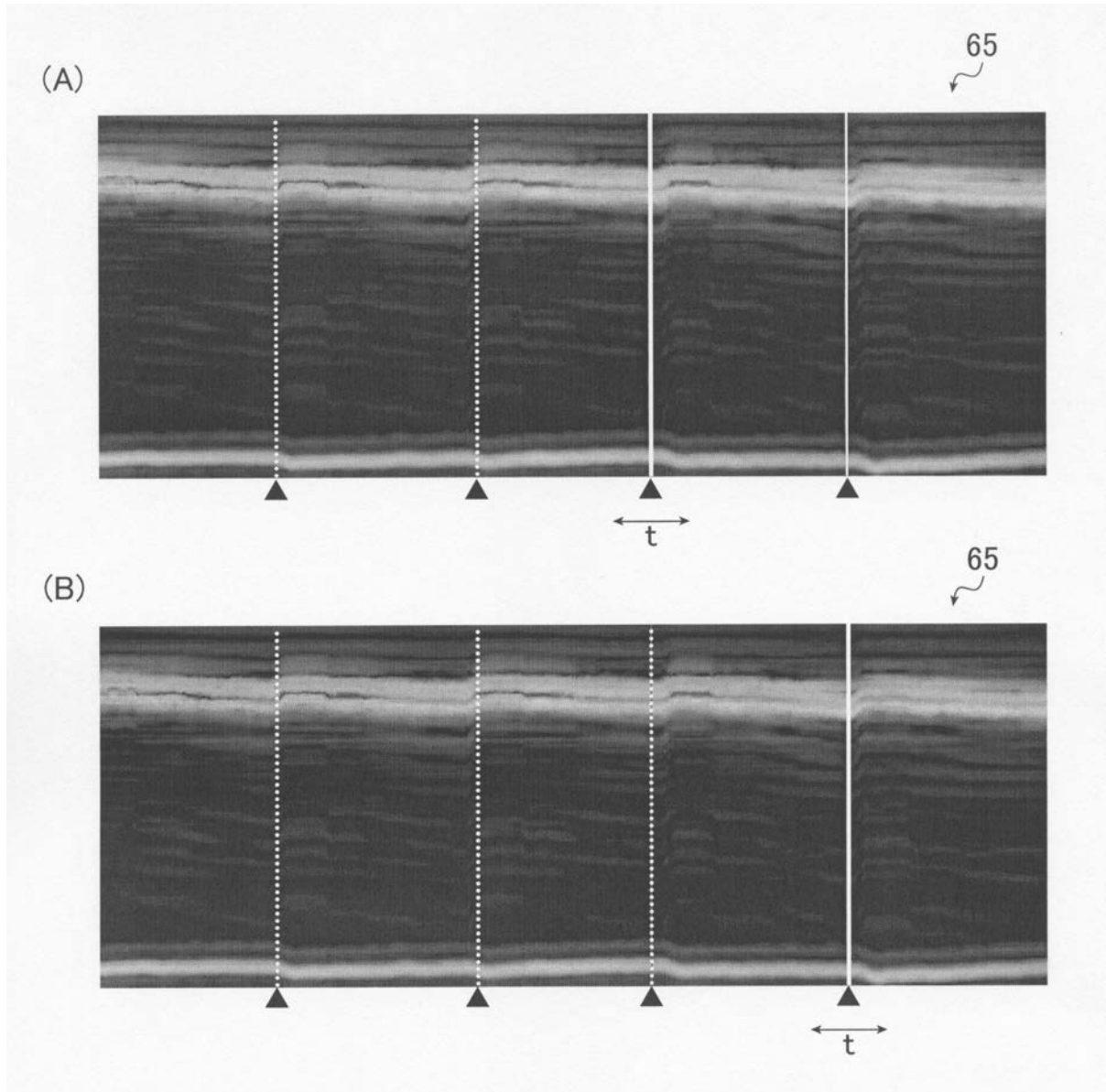
【 図 6 】



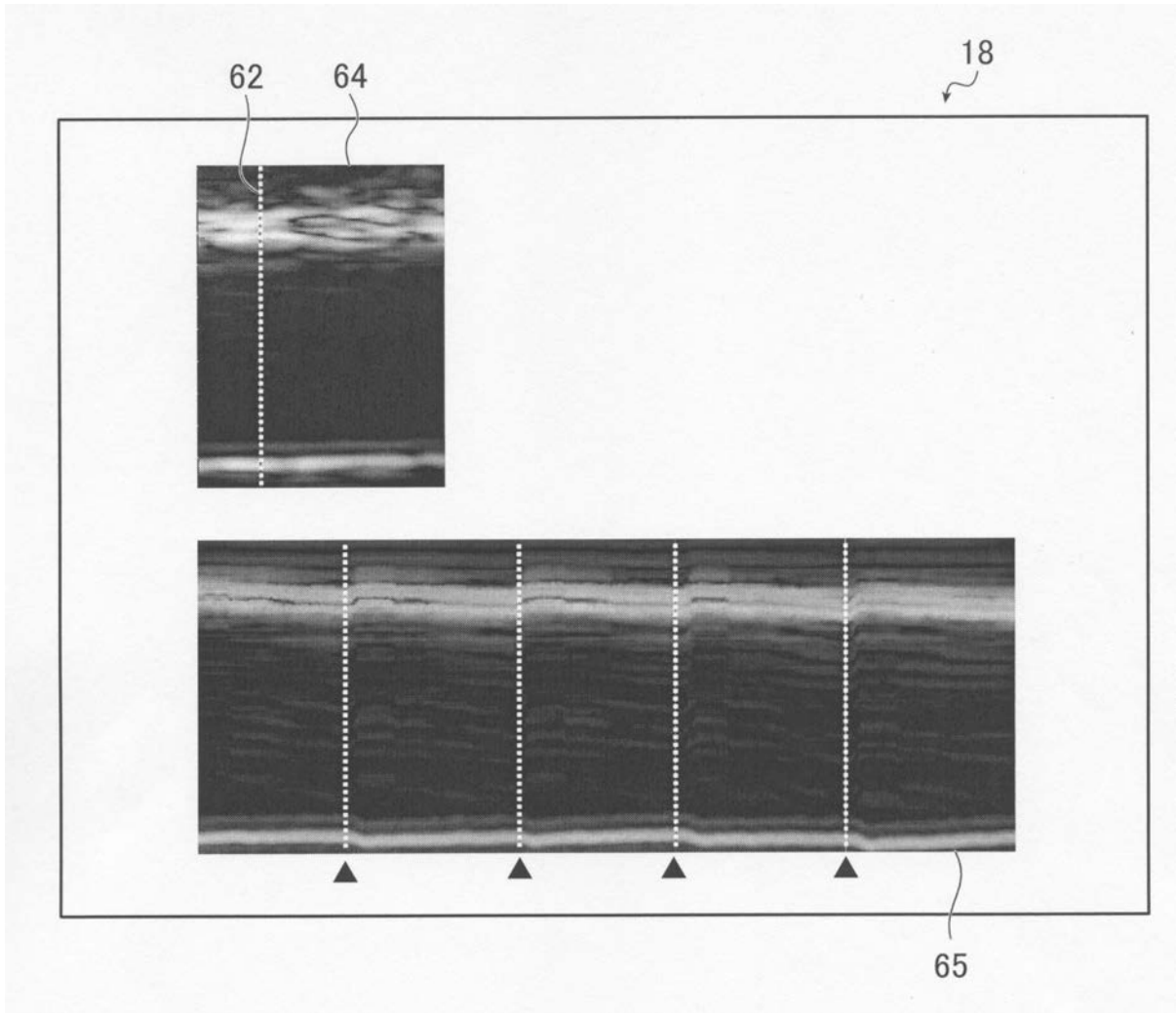
【 図 7 】



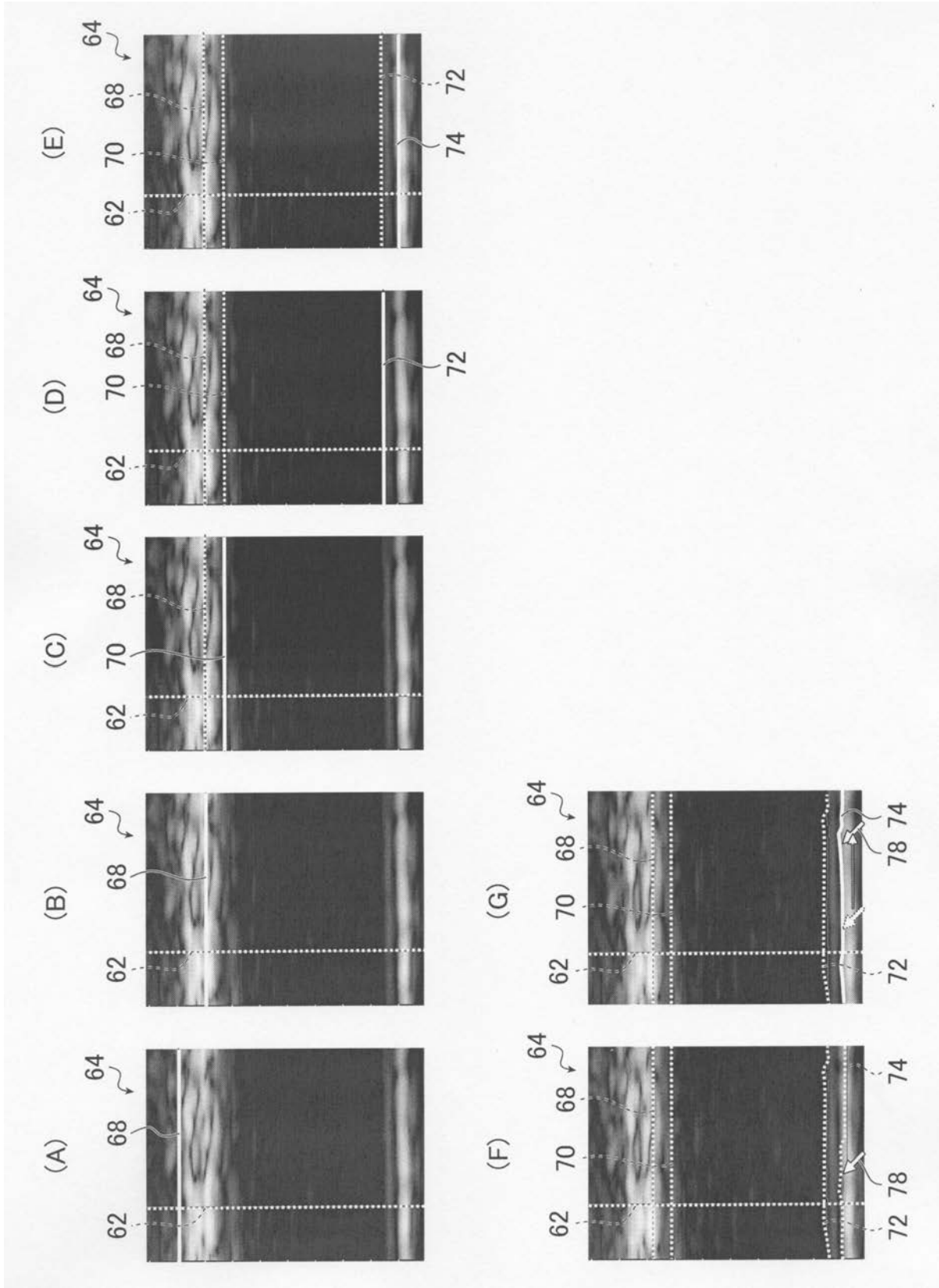
【 図 8 】



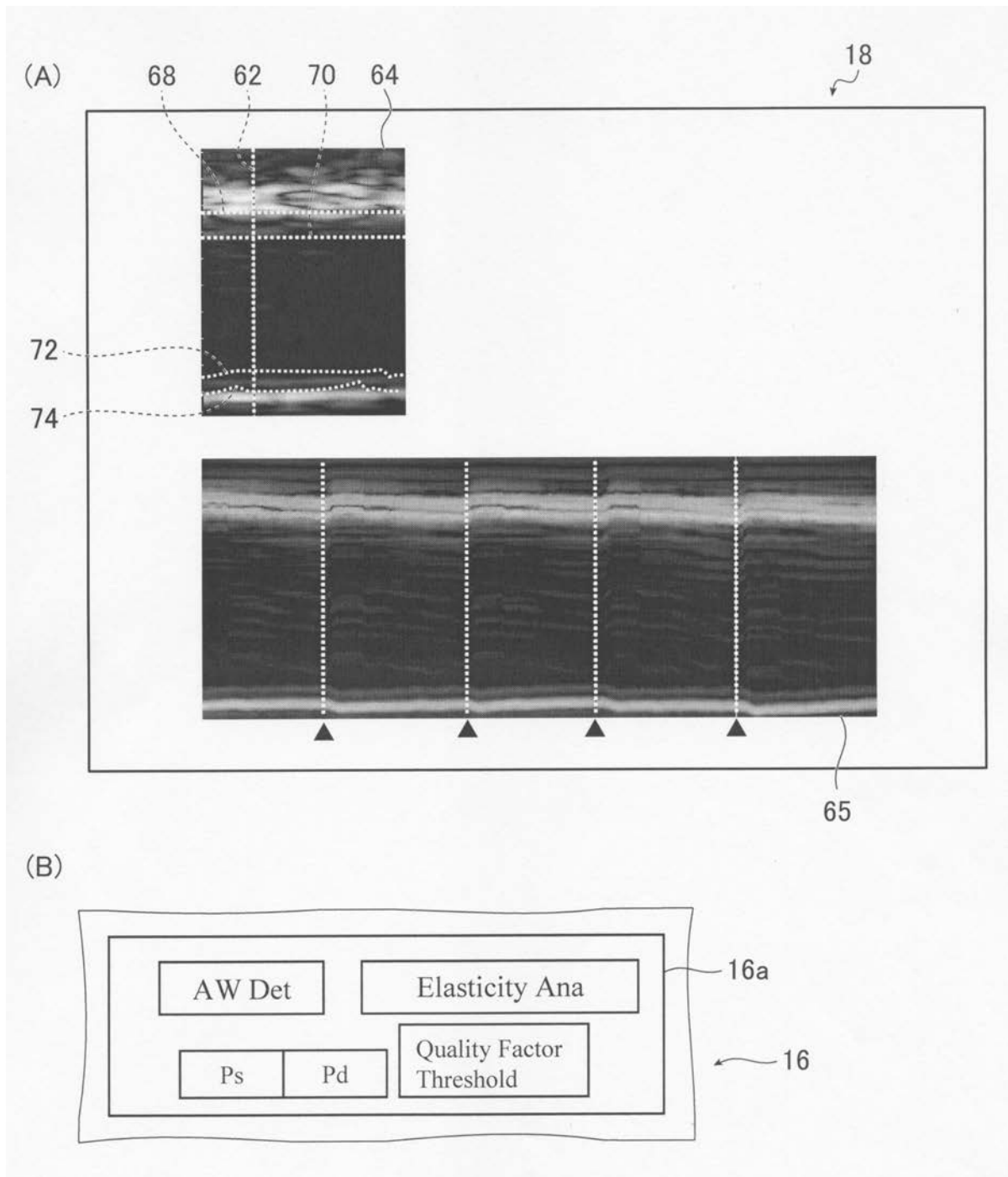
【図9】



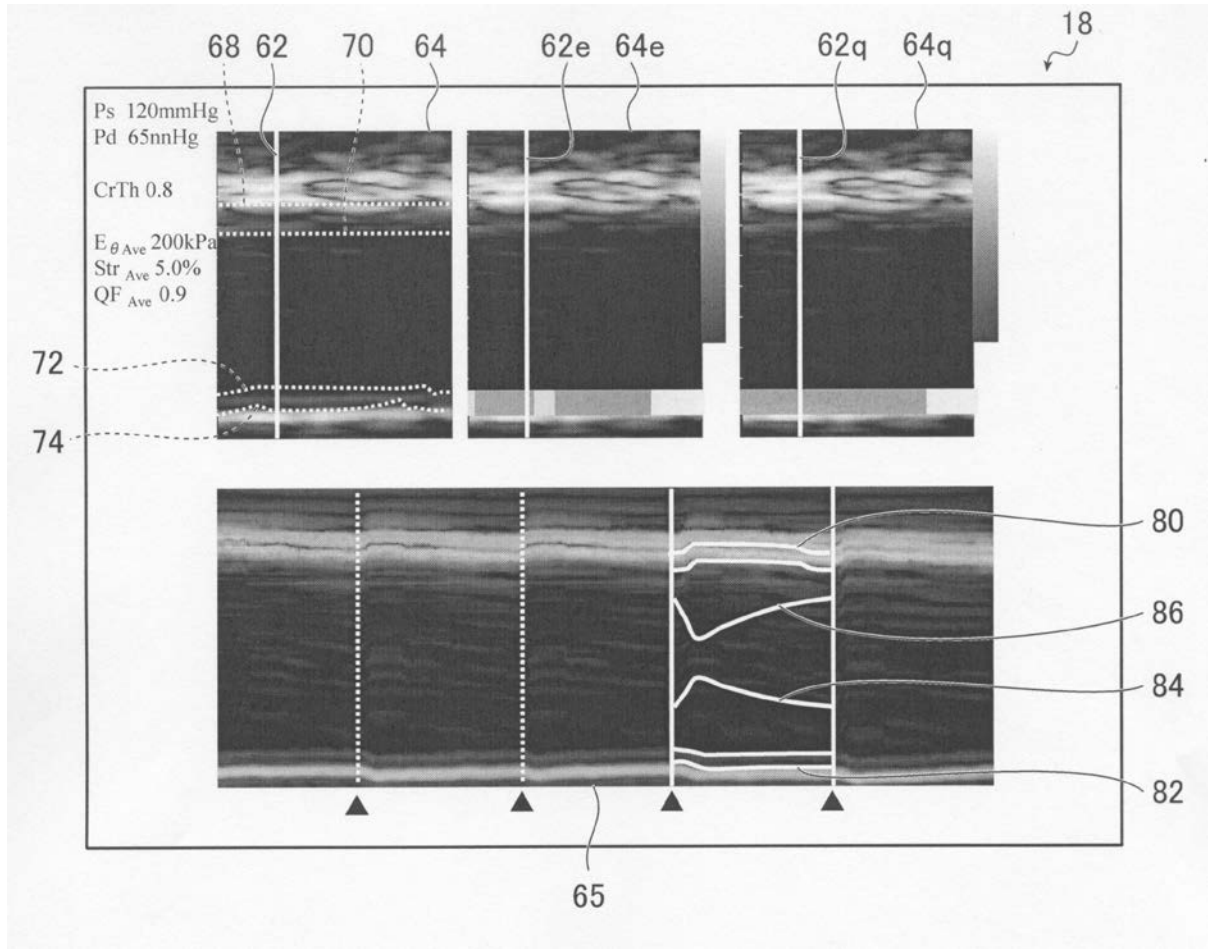
【 図 10 】



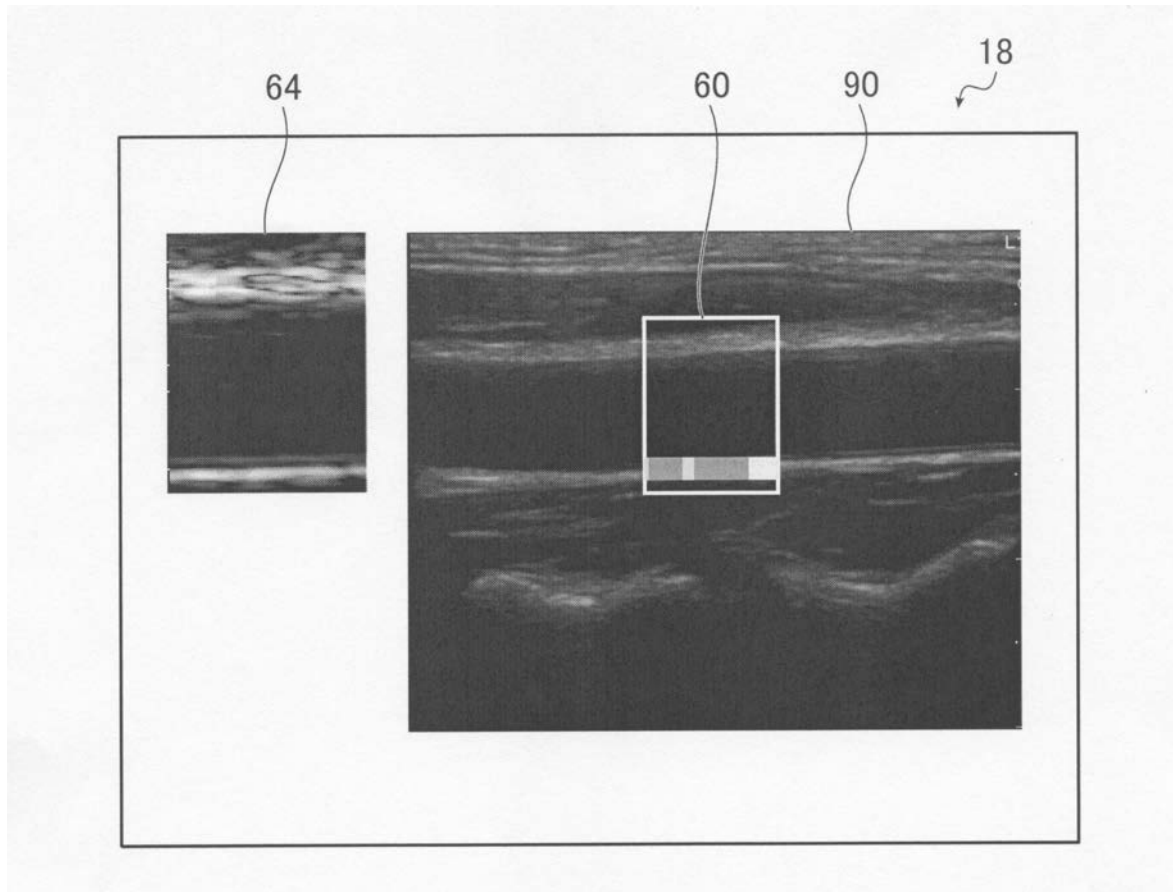
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 野口 雅史

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内

審査官 宮澤 浩

(56)参考文献 特開昭62-38144(JP,A)
特開平 1-97441(JP,A)
特開平 3-9738(JP,A)
特開平 6-103364(JP,A)
特開2004-121652(JP,A)
特開2008-142130(JP,A)
特開2008-212548(JP,A)
特開2010-125025(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/08

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP5292440B2	公开(公告)日	2013-09-18
申请号	JP2011125354	申请日	2011-06-03
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	宫地幸哉 野口雅史		
发明人	宫地 幸哉 野口 雅史		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/0891 A61B8/14 A61B8/4405 A61B8/469 A61B8/485 A61B8/486 A61B8/5223		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DD07 4C601/DD14 4C601/DD19 4C601/HH14 4C601/JC09 4C601/JC37 4C601/KK10 4C601/KK12 4C601/KK13 4C601/KK25 4C601/KK31		
代理人(译)	伊藤英明		
审查员(译)	宫泽浩		
其他公开文献	JP2012249850A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供用于测量血管壁弹性模量的超声诊断设备，这有助于操作者容易地找到在超声图像中设置的感兴趣区域用于诊断，并且允许令人满意的随访。：用于获得与设定感兴趣区域相对应的超声波图像的超声波发送/接收被结合到超声波发送/接收中以获得感兴趣区域的超声波图像，并且两个超声波图像彼此相关联地存储，从而解决了这个问题。

