

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5806189号
(P5806189)

(45) 発行日 平成27年11月10日(2015.11.10)

(24) 登録日 平成27年9月11日(2015.9.11)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 8/08 (2006.01) A 6 1 B 8/08
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14

請求項の数 11 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-210924 (P2012-210924)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成24年9月25日 (2012.9.25)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2014-64659 (P2014-64659A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成26年4月17日 (2014.4.17)	(74) 代理人	100080159
審査請求日	平成26年10月8日 (2014.10.8)		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】 超音波診断装置および超音波画像生成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波探触子から被検体内の血管に向けて超音波ビームの送受信を行い、前記超音波探触子から出力された受信信号を処理することで得られる音線信号に基づいて、超音波画像を生成すると共に血管の内膜中膜複合体厚を計測するための超音波診断装置であって、

超音波画像において走査方向に延びる血管の内膜中膜複合体の境界が、明瞭な音線と不明瞭な音線を判別する境界判別部と、

前記明瞭な音線に対応する音線信号の強度分布に基づいて前記明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定すると共に、前記明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置に基づいて前記不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定することにより、前記内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定する境界深さ位置決定部と、

前記境界深さ位置決定部により決定された前記内膜中膜複合体の境界の深さ位置に基づいて、内膜中膜複合体厚を算出するIMT算出部と

を有し、

前記境界深さ位置決定部は、前記不明瞭な音線に対応する音線信号を、前記不明瞭な音線に隣り合う明瞭な音線に対応する音線信号を基準信号としてパターンマッチングすることにより、前記不明瞭な音線の音線信号の強度分布のずれ量を求めて、前記不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

前記明瞭な音線に隣り合う複数の不明瞭な音線が連続して配列し、

前記境界深さ位置決定部は、前記複数の不明瞭な音線に対し、明瞭な音線の音線信号を基準信号として、明瞭な音線に隣り合う不明瞭な音線の音線信号との間でパターンマッチングを開始し、順次基準信号をパターンマッチングが終了した不明瞭な音線にずらしながら、基準信号として用いた不明瞭な音線に隣り合う不明瞭な音線のパターンマッチングを繰り返すことにより、前記複数の不明瞭な音線に対応する音線信号の強度分布のずれ量をそれぞれ求めることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記複数の不明瞭な音線は、一对の明瞭な音線に挟まれて位置し、

前記境界深さ位置決定部は、前記一对の明瞭な音線的一方に基準信号を設定してパターンマッチングを開始し、一方の明瞭な音線から他方の明瞭な音線に向かって一方向に順次パターンマッチングを繰り返していく請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記複数の不明瞭な音線は、一对の明瞭な音線に挟まれて位置し、

前記境界深さ位置決定部は、前記一对の明瞭な音線の両方に基準信号を設定してパターンマッチングを開始し、それぞれの明瞭な音線から前記複数の不明瞭な音線の間位置に向かって順次パターンマッチングを繰り返していく請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記境界深さ位置決定部は、パターンマッチングにおいて最後に決定された不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界位置が、隣り合う音線における内膜中膜複合体の境界位置に対して、所定の深さ以上のずれが生じた場合には動的計画法により前記複数の不明瞭な領域における内膜中膜複合体の境界位置を再度演算する請求項 3 または 4 に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記境界判別部は、音線信号の強度および音線信号の深さに対する勾配情報を用いて、前記明瞭な音線と前記不明瞭な音線をそれぞれ判別する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記境界判別部は、前記明瞭な音線と前記不明瞭な音線を判別する前に、走査方向または深さ方向に音線信号の平滑化処理を行う請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記境界深さ位置決定部は、送信焦点が複数の音線にわたるように幅広に形成した超音波ビームを被検体に送信することにより得られた音線信号に基づいてパターンマッチングを行う請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記境界深さ位置決定部は、音線信号の振幅および位相の少なくとも一方を用いてパターンマッチングを行う請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記境界深さ位置決定部は、超音波ビームを送受信した際の波連長よりも小さい深さ範囲の音線信号に基づいてパターンマッチングを行う請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

超音波探触子から被検体内の血管に向けて超音波ビームの送受信を行い、前記超音波探触子から出力された受信信号を処理することで得られる音線信号に基づいて、超音波画像を生成すると共に血管の内膜中膜複合体厚を計測するための超音波画像生成方法であって、

超音波画像において走査方向に延びる血管の内膜中膜複合体の境界が、明瞭な音線と不明瞭な音線を判別し、

判別された前記明瞭な音線に対応する音線信号の強度分布に基づいて前記明瞭な音線に

10

20

30

40

50

おける内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定すると共に、前記不明瞭な音線に対応する音線信号を、前記不明瞭な音線に隣り合う明瞭な音線に対応する音線信号を基準信号としてパターンマッチングすることにより、前記不明瞭な音線の音線信号の強度分布のずれ量を求めて、前記不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定することにより、前記内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定し、

決定された前記内膜中膜複合体の境界の深さ位置に基づいて、内膜中膜複合体厚を算出することを特徴とする超音波画像生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、超音波診断装置および超音波画像生成方法に係り、特に、血管の内膜中膜複合体厚を計測するための超音波診断装置および超音波画像生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、医療分野において、超音波画像を利用した超音波診断を実施するための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、振動子アレイを内蔵した超音波探触子と、この超音波探触子に接続された装置本体とを有しており、超音波探触子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超音波探触子で受信して、その受信信号を装置本体で電気的に処理することにより超音波画像が生成される。

【0003】

超音波診断装置では、被検体からの超音波エコーを受信して得られた受信信号に基づいて、疾患の状態を示す様々な情報を得ることもできる。例えば、動脈硬化や脳梗塞などの循環器系疾患の情報を得るために、血管に向けて超音波を送受信し、得られた受信信号に基づいて血管壁の内膜中膜複合体厚（IMT）などが求められる。この内膜中膜複合体厚は、動脈硬化の進展と共に値が変化するものであり、その値を監視することで循環器系疾患の状態を推測することができる。

しかしながら、血管壁は厚さが小さく、さらに心拍に伴う脈動の影響を受けるなどして受信信号にノイズが混入し、血管壁の内膜中膜複合体厚を正確に求めることは困難であった。

【0004】

そこで、血管壁の内膜中膜複合体厚を正確に計測する技術として、例えば特許文献1に開示されているように、音線信号の強度分布の傾きと変化量に基づいて内膜中膜複合体の境界を検出して、内膜中膜複合体厚を算出する超音波診断装置が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-168016号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に示される超音波診断装置では、音線信号の輝度の変化量を評価する時の閾値を設定し、内膜中膜複合体の境界が検出されない場合には閾値の値を徐々に小さくすると共に探索範囲を徐々に狭くすることにより、内膜中膜複合体とノイズを区別して血管の内膜中膜複合体厚を計測することができる。

しかしながら、音線信号の一部がドロップアウトしてその強度が著しく低下する場合がある。図11(A)に、血管に対して超音波を送受信して得られた複数の音線L1~L32から構成される超音波画像の一例を示す。この超音波画像では、内膜中膜複合体の境界の1つである血管後壁内膜と内腔との境界（血管後壁内膜-内腔境界）が、音線L1~L17などの範囲で明瞭に表示されているのに対し、音線L18~L26の範囲において不

10

20

30

40

50

明瞭な境界部分が含まれている。これは音線 L 1 8 ~ L 2 6 に含まれる一部の音線において血管後壁内膜 - 内腔境界の信号強度が著しく低下したためであり、その信号強度は血管の内腔を示す信号強度に非常に近い値まで低下している。このような、血管後壁内膜 - 内腔境界が不明瞭な音線について、特許文献 1 のように音線信号の強度分布の傾きと変化量に基づいて血管後壁内膜 - 内腔境界を探索しても、図 1 1 (B) に示すように、血管後壁内膜 - 内腔境界を内腔側に誤検出して、明瞭な境界部分と不明瞭な境界部分との間に位置ずれが生じるおそれが高く、内膜中膜複合体厚を高精度に計測することができないといった問題があった。

【 0 0 0 7 】

この発明は、このような従来の問題点を解消するためになされたもので、内膜中膜複合体の境界が不明瞭な音線における境界位置を正確に判定し、内膜中膜複合体厚を高精度に計測することができる超音波診断装置および超音波画像生成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

この発明にかかる超音波診断装置は、超音波探触子から被検体内の血管に向けて超音波ビームの送受信を行い、超音波探触子から出力された受信信号を処理することで得られる音線信号に基づいて、超音波画像を生成すると共に血管の内膜中膜複合体厚を計測するための超音波診断装置であって、超音波画像において走査方向に延びる血管の内膜中膜複合体の境界が、明瞭な音線と不明瞭な音線を判別する境界判別部と、明瞭な音線に対応する音線信号の強度分布に基づいて明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定すると共に、明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置に基づいて不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定することにより、内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定する境界深さ位置決定部と、境界深さ位置決定部により決定された内膜中膜複合体の境界の深さ位置に基づいて、内膜中膜複合体厚を算出する I M T 算出部とを有し、境界深さ位置決定部は、不明瞭な音線に対応する音線信号を、不明瞭な音線に隣り合う明瞭な音線に対応する音線信号を基準信号としてパターンマッチングすることにより、不明瞭な音線の音線信号の強度分布のずれ量を求めて、不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定するものである。

【 0 0 0 9 】

ここで、明瞭な音線に隣り合う複数の不明瞭な音線が連続して配列し、境界深さ位置決定部は、複数の不明瞭な音線に対し、明瞭な音線の音線信号を基準信号として、明瞭な音線に隣り合う不明瞭な音線の音線信号との間でパターンマッチングを開始し、順次基準信号をパターンマッチングが終了した不明瞭な音線にずらしながら、基準信号として用いた不明瞭な音線に隣り合う不明瞭な音線のパターンマッチングを繰り返すことにより、複数の不明瞭な音線に対応する音線信号の強度分布のずれ量をそれぞれ求めるのが好ましい。

【 0 0 1 0 】

また、複数の不明瞭な音線は、一对の明瞭な音線に挟まれて位置し、境界深さ位置決定部は、一对の明瞭な音線の一方に基準信号を設定してパターンマッチングを開始し、一方の明瞭な音線から他方の明瞭な音線に向かって一方向に順次パターンマッチングを繰り返していくことができる。また、複数の不明瞭な音線は、一对の明瞭な音線に挟まれて位置し、境界深さ位置決定部は、一对の明瞭な音線の両方に基準信号を設定してパターンマッチングを開始し、それぞれの明瞭な音線から複数の不明瞭な音線の間位置に向かって順次パターンマッチングを繰り返していくこともできる。

また、境界深さ位置決定部は、パターンマッチングにおいて最後に決定された不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界位置が、隣り合う音線における内膜中膜複合体の境界位置に対して、所定の深さ以上のずれが生じた場合には動的計画法により複数の不明瞭な領域における内膜中膜複合体の境界位置を再度演算することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

また、境界判別部は、音線信号の強度および音線信号の深さに対する勾配情報を用いて

10

20

30

40

50

、明瞭な音線と不明瞭な音線をそれぞれ判別することができる。また、境界判別部は、明瞭な音線と不明瞭な音線を判別する前に、走査方向または深さ方向に音線信号の平滑化処理を行うことができる。

また、境界深さ位置決定部は、送信焦点が複数の音線にわたるように幅広に形成した超音波ビームを被検体に送信することにより得られた音線信号に基づいてパターンマッチングを行うことができる。また、境界深さ位置決定部は、音線信号の振幅および位相の少なくとも一方を用いてパターンマッチングを行うことができる。また、境界深さ位置決定部は、超音波ビームを送受信した際の波連長よりも小さい深さ範囲の音線信号に基づいてパターンマッチングを行うことができる。

【 0 0 1 2 】

この発明に係る超音波画像生成方法は、超音波探触子から被検体内の血管に向けて超音波ビームの送受信を行い、超音波探触子から出力された受信信号を処理することで得られる音線信号に基づいて、超音波画像を生成すると共に血管の内膜中膜複合体厚を計測するための超音波画像生成方法であって、超音波画像において走査方向に延びる血管の内膜中膜複合体の境界が、明瞭な音線と不明瞭な音線を判別し、判別された明瞭な音線に対応する音線信号の強度分布に基づいて明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定すると共に、不明瞭な音線に対応する音線信号を、不明瞭な音線に隣り合う明瞭な音線に対応する音線信号を基準信号としてパターンマッチングすることにより、不明瞭な音線の音線信号の強度分布のずれ量を求めて、不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定することにより、内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定し、決定された内膜中膜複合体の境界の深さ位置に基づいて、内膜中膜複合体厚を算出するものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

この発明によれば、不明瞭な音線に対応する音線信号を不明瞭な音線に隣り合う明瞭な音線に対応する音線信号を基準信号としてパターンマッチングすることにより、不明瞭な音線の音線信号の強度分布のずれ量を求めるので、内膜中膜複合体の境界が不明瞭な音線における境界位置を正確に判定し、内膜中膜複合体厚を高精度に計測することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 4 】

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

【 図 2 】 血管に対して超音波ビームを送受信して生成される音線の様子を示す図である。

【 図 3 】 血管の超音波画像において後壁内腔 - 内腔境界の関心領域を拡大して示す図である。

【 図 4 】 後壁内腔 - 内腔境界の関心領域に含まれる音線について音線信号の強度分布を示すグラフである。

【 図 5 】 血管後壁内腔 - 内腔境界が不明瞭な音線の音線信号をパターンマッチングする一例を示す図である。

【 図 6 】 この発明の実施の形態に係る超音波診断装置を用いて血管後壁内腔 - 内腔境界を決定した実施例を示し、(A) は音線信号の振幅に基づくパターンマッチング、(B) は音線信号の位相に基づくパターンマッチングにより決定された血管後壁内腔 - 内腔境界を示す図である。

【 図 7 】 一對の明瞭な音線から不明瞭な音線の間位置に向かってパターンマッチングを行う様子を示す図である。

【 図 8 】 最後に決定された不明瞭な音線における血管後壁内腔 - 内腔境界の深さ位置が所定の深さ以上ずれた様子を示す図である。

【 図 9 】 超音波ビームを幅広に形成した様子を示す図である。

【 図 1 0 】 変形例に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【 図 1 1 】 (A) は超音波ビームを送受信して生成された血管の超音波画像を示し、(B)

10

20

30

40

50

)は血管後壁内膜 - 内腔境界を検出した図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、この発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

図1に、この実施の形態に係る超音波診断装置の構成を示す。超音波診断装置は、超音波を送受信する超音波探触子1と、超音波探触子1に接続された診断装置本体2を備えている。診断装置本体2は、被検体内の血管に向けて超音波探触子1から超音波を送受信して取得された受信信号に基づいて超音波画像を生成すると共に、超音波画像における血管の内膜中膜複合体の境界を検出して内膜中膜複合体厚を算出する機能を有する。

【0016】

超音波探触子1は、コンベックスタイプ、リニアスキャンタイプ、または、セクタスキャンタイプ等の、被検体の体表に当接させて用いられるプローブである。超音波探触子1は、1次元または2次元に配列された複数の超音波トランスデューサを備えている。これらの超音波トランスデューサは、印加される駆動信号に基づいて被検体内の血管に向けて超音波を送信すると共に、被検体内の血管で反射された超音波エコーを受信することにより受信信号を出力する。

【0017】

各超音波トランスデューサは、例えば、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛:Pb(lead) zirconate titanate)に代表される圧電セラミック、PVDf(ポリフッ化ビニリデン:polyvinylidene difluoride)に代表される高分子圧電素子等からなる圧電体の両端に電極を形成した振動子によって構成される。このような振動子の電極に、パルス状または連続波の電圧を印加すると、圧電体が伸縮する。この伸縮によって、それぞれの振動子からパルス状または連続波の超音波が発生し、これらの超音波の合成によって超音波ビームが形成される。また、それぞれの振動子は、伝搬する超音波を受信することによって伸縮し、電気信号を発生する。これらの電気信号は、超音波の受信信号として出力される。

【0018】

診断装置本体2は、超音波探触子1に接続された送受信部3を有し、この送受信部3に画像形成部4が接続され、画像形成部4に表示制御部5を介して表示部6が接続されている。また、送受信部3には、境界判別部7、境界深さ位置決定部8およびIMT算出部9が順次接続され、IMT算出部9が表示制御部5に接続されている。さらに、送受信部3、画像形成部4、境界判別部7、境界深さ位置決定部8およびIMT算出部が制御部10に接続されている。

【0019】

送受信部3は、送信回路と受信回路を内蔵している。送信回路は、複数のチャンネルを備えており、超音波探触子1の複数の超音波トランスデューサにそれぞれ印加される複数の駆動信号を生成する。その際に、制御部10からの制御信号に応じて選択された送信遅延パターンに基づいて、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それぞれの駆動信号の遅延量を調節し、調節された複数の駆動信号が超音波探触子1に供給される。

【0020】

送受信部3の受信回路は、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からそれぞれ出力される複数のアナログの受信信号を受信して増幅し、デジタルの受信信号に変換する。さらに、制御部10からの制御信号に応じて選択された受信遅延パターンに基づいて、複数の受信信号にフォーカス位置に応じたそれぞれの遅延時間を与え、それらの受信信号をフォーカス位置毎に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、それぞれ超音波エコーの焦点が絞り込まれた複数の音線信号が形成される。

次に、ローパスフィルタ処理等によって音線信号に包絡線検波処理が施され、STC(Sensitivity Time gain Control)により超音波の反射位置の深度に応じて距離に応じた減衰の補正がなされる。

10

20

30

40

50

このように処理された音線信号は、画像形成部 4 と境界判別部 7 にそれぞれ出力されると共に、複数フレーム分の音線信号を蓄積するためのメモリ容量を有するデータメモリに順次格納される。

【 0 0 2 1 】

画像形成部 4 は、画像データ生成機能を備えており、ライブモードにおいては送受信回路 3 の受信回路から直接供給される音線信号を、フリーズモードにおいてはデータメモリから供給される音線信号をそれぞれ入力し、これら音線信号に対して、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血管の超音波画像を示す画像データを生成する。そして、生成された超音波画像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ラスタ変換し、階調処理等の必要な画像処理を施して表示制御部 5

10

【 0 0 2 2 】

表示制御部 5 は、画像形成部 4 から供給された画像データに基づいて、表示部 6 に血管の超音波診断画像を表示させる。表示部 6 は、例えば、LCD 等のディスプレイ装置を含んでおり、表示制御部 5 の制御の下で、超音波診断画像を表示する。

【 0 0 2 3 】

一方、送受信部 3 に接続された境界判別部 7 は、送受信部 3 の受信回路から供給された音線信号に基づいて、超音波画像において走査方向に延びる血管の内膜中膜複合体の境界が明瞭な音線と不明瞭な音線を判別し、その判別結果を境界深さ位置決定部 8 に出力する。

20

【 0 0 2 4 】

境界深さ位置決定部 8 は、境界判別部 7 において内膜中膜複合体の境界が明瞭な音線または不明瞭な音線と判別されたそれぞれの音線について、内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定する。内膜中膜複合体の境界が明瞭な音線については、明瞭な音線に対応する音線信号の強度分布に基づいて内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定する。一方、内膜中膜複合体の境界が不明瞭な音線については、明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置に基づいて、パターンマッチングを行うことにより、内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定する。具体的には、内膜中膜複合体の境界が不明瞭な音線に対応する音線信号を、不明瞭な音線に隣り合う明瞭な音線に対応する音線信号を基準信号としてパターンマッチングすることにより、内膜中膜複合体の境界が不明瞭な音線の音線信号の強度分布のずれ量を求めて、この不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界の深さ位置が判定される。

30

このようにして、境界深さ位置決定部 8 は、内膜中膜複合体の境界が明瞭な音線と不明瞭な音線において、それぞれ内膜中膜複合体の境界の深さ位置を決定することにより、内膜中膜複合体の全体にわたる境界の深さ位置を決定する。決定された内膜中膜複合体の境界の深さ位置は、IMT 算出部 9 に出力される。

【 0 0 2 5 】

IMT 算出部 9 は、境界深さ位置決定部 8 により決定された内膜中膜複合体の境界の深さ位置に基づいて、内膜中膜複合体厚 (IMT) を算出する。算出された内膜中膜複合体厚は、表示制御部 5 を介して表示部 6 に表示される。

40

なお、表示制御部 5 および制御部 10 は、CPU と、CPU に各種の処理を行わせるための動作プログラムから構成されるが、それらをデジタル回路で構成することもできる。

【 0 0 2 6 】

次に、この実施の形態の動作について説明する。

まず、図 2 に示すように、超音波探触子 1 が被検体 S の体表に接するように配置されると、診断装置本体 2 における送受信部 3 の送信回路からの駆動信号により、超音波探触子 1 から被検体 S 内の血管に向けて超音波ビームが送信される。血管 V に入射した超音波ビームは、血管壁の各部で反射され、その超音波エコーが超音波探触子 1 のそれぞれの超音波トランスデューサで受信される。

【 0 0 2 7 】

50

それぞれの超音波トランスデューサで超音波エコーが受信されると、その超音波エコーの強度に応じた受信信号が超音波トランスデューサから送受信部3の受信回路にそれぞれ出力される。受信回路は、超音波トランスデューサから出力された受信信号に基づいて、走査方向に配列する複数の音線、例えば32本の音線L1～L32に対応した音線信号がそれぞれ受信回路により生成される。生成された音線L1～L32の音線信号は、送受信部3から画像形成部4に出力される。

画像形成部4は、入力した音線L1～L32の音線信号の強度分布に基づいて、血管Vの画像データを生成する。そして、生成された画像データは、階調処理等の必要な画像処理が施された後、表示制御部5に出力され、例えば図11(A)に示すようなBモード断層画像が表示部6に表示される。

【0028】

一方、送受信部3の受信回路は、生成した音線L1～L32に対応する音線信号を境界判別部7に出力する。境界判別部7は、送受信部3から供給された音線L1～L32の音線信号の強度分布に基づいて、血管壁の内膜と中膜を合わせた内膜中膜複合体の境界、例えば血管後壁の内膜と内腔との境界（血管後壁内膜 - 内腔境界）が明瞭に識別できる音線（明瞭な音線）と、明瞭に識別できない音線（不明瞭な音線）とを判別する。ここで、内膜中膜複合体の境界は、血管後壁内膜 - 内腔境界の他に、血管前壁の外膜と中膜の境界（血管前壁外膜 - 中膜境界）、血管前壁の内膜と内腔との境界（血管前壁内膜 - 内腔境界）および血管後壁の外膜と内膜の境界（血管後壁外膜 - 内膜境界）から構成されるものである。

図3に、図11(A)に示す超音波画像において、音線L18～L26の深さ位置d221～d240を含む領域を拡大して示す。この深さ位置d221～d240の範囲には血管後壁内膜 - 内腔境界が含まれており、音線L18～L26における深さ位置d221～d240の範囲のデータを用いて、以下、説明する。境界判別部7は、例えば音線信号の強度に基づいて、血管後壁内膜 - 内腔境界が明瞭な音線と不明瞭な音線を判別することができる。

【0029】

図4に、音線L18～L26の音線信号の強度分布を示す。境界判別部7は、音線信号の強度に基づいて、図4に示す各音線L18～L26の音線信号を深さ位置d221付近から深さ方向に向かって、すなわち内腔に相当する深さ位置から血管後壁内膜に向かって検索する。そして、境界判別部7は、音線信号の最初の極大点が所定の強度より大きい音線、例えば音線L18～L21およびL24～L26を血管後壁内膜 - 内腔境界が明瞭な音線と判別する一方、所定の強度以下の音線L22およびL23を不明瞭な音線と判別する。このようにして判別された明瞭な音線L18～L21およびL24～L26と、不明瞭な音線L22およびL23の判別結果は、境界判別部7から境界深さ位置決定部8に出力される。

なお、境界判別部7は、音線L18～L26に対応する音線信号の深さに対する勾配情報を用いて、明瞭な音線と不明瞭な音線をそれぞれ判別することもできる。

【0030】

境界深さ位置決定部8は、境界判別部7において血管後壁内膜 - 内腔境界が明瞭な音線と判別された音線L18～L21およびL24～L26における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を決定すると共に、不明瞭な音線と判別された音線L22およびL23における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置について判定を行う。

まず、血管後壁内膜 - 内腔境界が明瞭な音線L18～L21およびL24～L26については、それぞれ対応する音線信号の強度分布に基づいて血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を決定する。例えば、音線信号の強度に基づいて深さ位置d221付近から深さ方向に向かって検索した際に、最初に現れる極大の立ち上がり部分に血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を決定することができる。図4では、明瞭な音線L18～L21の立ち上がり部分はそれぞれほぼ同じ深さ位置に存在するのに対し、明瞭な音線L24～L26の立ち上がり部分は明瞭な音線L18～L21よりもそれぞれ深い位置に存在しており、血管後壁内膜

10

20

30

40

50

- 内腔境界の深さ位置は明瞭な音線 L 1 8 ~ 2 1 に対して明瞭な音線 L 2 4 ~ L 2 6 において深い位置に決定されることになる。

【 0 0 3 1 】

続いて、境界深さ位置決定部 8 は、血管後壁内膜 - 内腔境界が不明瞭な音線 L 2 2 および L 2 3 における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置について判定を行う。

ここで、図 4 に示されるように、血管後壁内膜 - 内腔境界が明瞭な音線 L 1 8 ~ 2 1 および L 2 4 ~ L 2 6 の音線信号の強度分布の形状は隣り合う音線の間で類似すると共に、不明瞭な音線 L 2 2 および L 2 3 の音線信号についても隣り合う音線の間で強度分布の形状の類似性が確認される。すなわち、血管後壁内膜 - 内腔境界が不明瞭な音線 L 2 2 および L 2 3 の音線信号は、信号強度の著しい低下はみられるものの、その形状については隣り合う音線との間で類似した状態で保たれている。そこで、不明瞭な音線 L 2 2 および L 2 3 については、隣り合う音線の間における音線信号の類似性を利用することにより、血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を定めることができる。

10

【 0 0 3 2 】

具体的には、境界深さ位置決定部 8 は、血管後壁内膜 - 内腔境界が不明瞭な音線 L 2 2 に隣り合う明瞭な音線 L 2 1 の音線信号を第 1 の基準信号として、不明瞭な音線 L 2 2 の音線信号との間で、所定の深さ範囲内でパターンマッチングを行うことにより、両者の相関係数を求める。この時、パターンマッチングは、音線信号の強度分布、例えば音線信号の振幅に基づいて行うことができる。

相関係数は、例えば、下記式 (1) から求めることができる。ここで、R は相関係数、f は音線信号の振幅を表す関数を示し、i は音線の番号、j は深さ位置、N はパターンマッチングを行う深さ範囲の浅部側の深さ位置、n はパターンマッチングを行う深さ範囲をそれぞれ示す。

20

【 0 0 3 3 】

【 数 1 】

$$R[i] = \frac{\sum_{j=N}^{N+n-1} (f[i, j] - f[i, j]/n)(f[i+1, j] - f[i+1, j]/n)}{\sqrt{\sum_{j=N}^{N+n-1} (f[i, j] - f[i, j]/n)^2} \sqrt{\sum_{j=N}^{N+n-1} (f[i+1, j] - f[i+1, j]/n)^2}} \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 4 】

続いて、境界深さ位置決定部 8 は、第 1 の基準信号に対して相関係数が最も高くなる不明瞭な音線 L 2 2 の音線信号の位置を求めて、その時の第 1 の基準信号に対する不明瞭な音線 L 2 2 の音線信号のずれ量を算出する。そして、算出されたずれ量を、明瞭な音線 L 2 1 (第 1 の基準信号の音線) において決定された血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置に加えることにより、不明瞭な音線 L 2 2 における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置が定められる。続いて、境界深さ位置決定部 8 は、この不明瞭な音線 L 2 2 を第 2 の基準信号として、不明瞭な音線 L 2 2 に隣り合う不明瞭な音線 L 2 3 の音線信号との間でパターンマッチングを行うことにより両者の相関係数を求め、同様にして、第 2 の基準信号に対する不明瞭な音線 L 2 3 の音線信号のずれ量を算出する。そして、算出されたずれ量を、不明瞭な音線 L 2 2 において定められた血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置に加えることにより、不明瞭な音線 L 2 3 における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置が定められる。

30

40

【 0 0 3 5 】

なお、2 つ以上の多数の不明瞭な音線が連続して配列される場合においても、同様にして、それぞれの不明瞭な音線について血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を判定することができる。

例えば、図 5 に示すように、血管後壁内膜 - 内腔境界が明瞭な一対の明瞭な音線 L a 1 および L a 2 に挟まれて 4 つの不明瞭な音線 L b 1 ~ L b 4 が走査方向に連続して配列する場合には、複数の不明瞭な音線 L b 1 ~ L b 4 に対し、一方の明瞭な音線 L a 1 の音線信号を第 1 の基準信号として、一方の明瞭な音線 L a 1 に隣り合う不明瞭な音線 L b 1 との間でパターンマッチングを開始し、続いて不明瞭な音線 L b 1 を第 2 の基準信号として

50

不明瞭な音線 L b 2 との間でパターンマッチングが行われる。このようにして、順次基準信号をパターンマッチングが終了した不明瞭な音線 L b 1 ~ L b 3 にずらしながら、基準信号として用いた不明瞭な音線 L b 1 ~ L b 3 に隣り合う不明瞭な音線 L b 2 ~ L b 4 のパターンマッチングを繰り返し行うことにより、不明瞭な音線 L b 1 ~ L b 4 に対応する音線信号の強度分布のずれ量をそれぞれ求めて血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を判定することができる。

【 0 0 3 6 】

このようにして、境界深さ位置決定部 8 は、全ての音線 L 1 ~ L 3 2 について、血管後壁内膜 - 内腔境界が明瞭な音線における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を決定すると共に、不明瞭な音線における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を判定することにより、血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を決定することができる。

このように、不明瞭な音線における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置が、不明瞭な音線において保たれている、隣り合う音線の音線信号の類似性に基づいて判定されるため、誤検出を抑制して血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を高精度に定めることができる。

【 0 0 3 7 】

なお、同様にして、境界判別部 7 が、血管後壁外膜 - 内膜境界が明瞭な音線と不明瞭な音線を判別し、境界深さ位置決定部 8 が、血管後壁外膜 - 内膜境界が明瞭な音線における血管後壁外膜 - 内膜境界の深さ位置を決定すると共に、明瞭な音線において決定された境界の深さ位置に基づいて不明瞭な音線における血管後壁外膜 - 内膜境界の深さ位置を判定する。この時、血管後壁外膜 - 内膜境界の深さ位置については、上記のように明瞭な音線と不明瞭な音線を判別することなく、全ての音線について音線信号の強度分布に基づいて決定してもよく、また、表示部 6 に表示された血管の超音波画像からオペレータが決定してもよい。

決定された血管後壁内膜 - 内腔境界と血管後壁外膜 - 内膜境界の深さ位置は、それぞれ境界深さ位置決定部 8 から I M T 算出部 9 に出力される。

【 0 0 3 8 】

I M T 算出部 9 は、境界深さ位置決定部 8 により決定された血管後壁内膜 - 内腔境界と血管後壁外膜 - 内膜境界の深さ位置に基づいて、内膜中膜複合体厚を算出する。算出された内膜中膜複合体厚は、表示制御部 5 を介して表示部 6 に表示される。

【 0 0 3 9 】

本実施の形態によれば、内膜中膜複合体の境界が不明瞭な音線について、隣り合う音線の間で保たれた音線信号の形状の類似性に基づいて、内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定するため、その境界の深さ位置をより正確に定めることができ、内膜中膜複合体厚を高精度に算出することができる。

【 0 0 4 0 】

なお、上記の実施の形態では、内膜中膜複合体の境界が不明瞭な音線について、音線信号の振幅を用いてパターンマッチングが行われたが、音線信号を、位相情報を用いた複素相互相関関数によるパターンマッチングを行うことにより、内膜中膜複合体の境界の深さ位置を判定することもできる。また、拡張複合自己相関法により、音線信号の振幅を用いたパターンマッチングにより基準信号に対するずれ量を推測し、推測されたずれ量に基づいて音線信号の位相を用いたパターンマッチングを行うことにより最終的なずれ量を判定することもできる。

図 6 (A) および (B) に、血管後壁内膜 - 内腔境界が不明瞭な音線について音線信号の振幅および位相を用いてパターンマッチングを行うことにより、実際に血管後壁内膜 - 内腔境界を決定した実施例を示す。図 6 (A) は音線信号の振幅に基づいてパターンマッチングを行ったものであり、図 6 (B) は音線信号の位相情報に基づいて、複素相互相関関数を用いたパターンマッチングを行ったものである。音線信号の強度と傾きに基づいて血管後壁内膜 - 内腔境界を決定した図 1 1 (B) に対して、図 6 (A) および (B) では、血管後壁内膜 - 内腔境界が不明瞭な音線においても連続的に境界が検出されているのが分かる。このことから、不明瞭な音線において隣り合う音線の音線信号の類似性に基づい

10

20

30

40

50

て血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を判定することにより、その精度が向上することが確認された。

【 0 0 4 1 】

また、内膜中膜複合体の境界が不明瞭な音線について、その境界の深さ位置を境界深さ位置決定部 8 が判定する際に、パターンマッチングを順次繰り返す方向は特に限定されるものではない。

例えば、図 5 に示すパターンマッチングでは、一对の明瞭な音線 L a 1 および L a 2 において一方の明瞭な音線 L a 1 に第 1 の基準信号を設定してパターンマッチングを開始し、一方の明瞭な音線 L a 1 から他方の明瞭な音線 L a 2 に向かって一方向に順次パターンマッチングを繰り返したが、境界深さ位置決定部 8 は、他方の明瞭な音線 L a 2 に第 1 の基準信号を設定してパターンマッチングを開始し、他方の明瞭な音線 L a 2 から一方の明瞭な音線 L a 1 に向かってパターンマッチングを繰り返すこともできる。

10

【 0 0 4 2 】

また、図 7 に示すように、境界深さ位置決定部 8 は、一对の明瞭な音線 L a 1 および L b 2 の両方に第 1 の基準信号を設定してパターンマッチングを開始し、それぞれの明瞭な音線 L a 1 および L a 2 から不明瞭な音線 L b 1 ~ L b 4 の中間位置に向かって順次パターンマッチングを繰り返して行くこともできる。

パターンマッチングでは、明瞭な音線に設定される第 1 の基準信号に対して、不明瞭な音線の間でパターンマッチングを繰り返して行くほど、算出されるずれ量の誤差が増加する。このため、一方の明瞭な音線に第 1 の基準信号を設定して一方向にパターンマッチングを繰り返す上記の方法と比べ、一方の明瞭な音線 L a 1 と他方の明瞭な音線 L a 2 の両方にそれぞれ第 1 の基準信号を設定して二方向からパターンマッチングを行うことにより、パターンマッチングの回数を少なくすることができ、内膜中膜複合体の境界の深さ位置をより高精度に判定することができる。

20

【 0 0 4 3 】

また、境界深さ位置決定部 8 は、パターンマッチングにおいて最後に決定された不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界位置が、隣り合う音線において決定された内膜中膜複合体の境界位置に対して所定の深さ以上のずれが生じた場合には、動的計画法により複数の不明瞭な音線における内膜中膜複合体の境界位置を再度演算するのが好ましい。

例えば、図 8 に示すように、一对の明瞭な音線 L a 1 および L a 2 に対して一方の明瞭な音線 L a 1 から他方の明瞭な音線 L a 2 に向かってパターンマッチングを行った時に、最後に決定された不明瞭な音線 L b 4 における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置が、隣りに位置する他方の明瞭な音線 L a 2 における血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置に対して、所定の深さ以上のずれ g が生じている。このような場合には、パターンマッチングにおいて全ての組み合わせ（不明瞭な音線 L b 1 ~ L b 4 の数 × 基準信号からのずれ量の範囲）について相関係数を調べ、それぞれのパターンマッチングで求められた相関係数の和が最小となるように血管後壁内膜 - 内腔境界の深さ位置を定めることができ、その際に動的計画法を用いて演算の負荷を低減することができる。

30

【 0 0 4 4 】

また、境界判別部 7 は、内膜中膜複合体の境界が明瞭な音線と不明瞭な音線を判別する前に、走査方向または深さ方向に音線信号の平滑化処理を行うことが好ましい。

また、境界深さ位置決定部 8 は、送信焦点が複数の音線、例えば図 9 に示すように音線 L 2 および L 3 の 2 本の音線にわたるように幅広に形成した超音波ビーム B を被検体に送信することにより得られた音線信号に基づいてパターンマッチングを行うことができる。このように、超音波ビームを幅広に形成することにより、音線信号に隣り合う音線の音線信号を混在させることができ、隣り合う音線の音線信号の間で類似性を高めてパターンマッチングをより高精度に行うことができる。

40

また、境界深さ位置決定部 8 は、超音波ビームを送受信した際の波連長よりも小さい深さ範囲の音線信号に基づいてパターンマッチングを行うことが好ましい。波連長よりも大きい深さ範囲では、音線信号の強度が著しく低下したものが検出されるため、その領域を

50

予めパターンマッチングの範囲から除いておくことで、不要なパターンマッチングにより演算の負荷が増大するのを抑制することができる。

【0045】

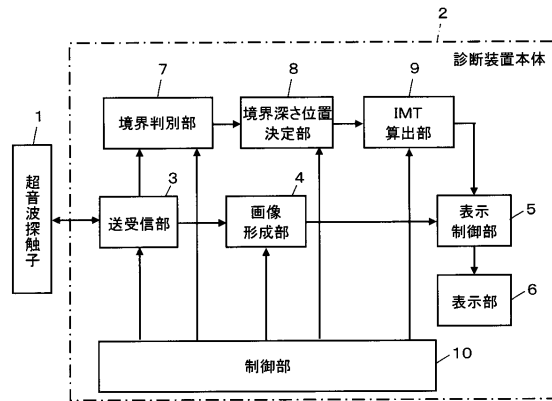
また、上記の実施の形態では、境界判別部7が音線信号の強度分布に基づいて内膜中膜複合体の境界が明瞭な音線と不明瞭な音線を自動的に判別したが、表示部6に表示された超音波画像からオペレータが明瞭な音線と不明瞭な音線を判別することもできる。例えば、図10に示すように、境界判別部7にオペレータが入力操作を行うための入力部11を接続し、オペレータが入力部11を介して内膜中膜複合体の境界が明瞭な音線と不明瞭な音線を入力することができる。入力部11は、キーボード、マウス、トラックボール、タッチパネル等から構成することができる。

【符号の説明】

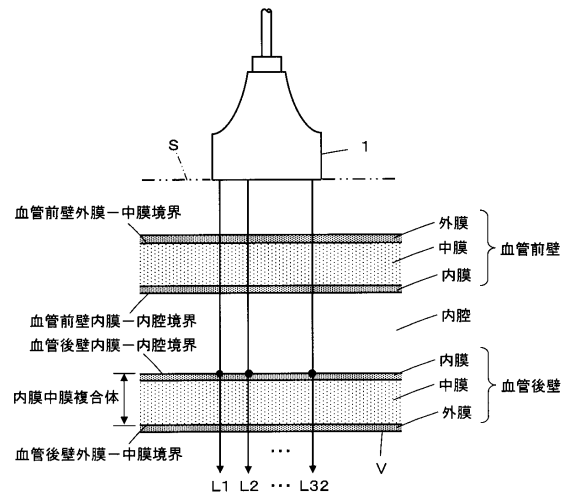
【0046】

1 超音波探触子、2 診断装置本体、3 送受信部、4 画像形成部、5 表示制御部、6 表示部、7 境界判別部、8 境界深さ位置決定部、9 IMT算出部、10 制御部、V 血管、L1~L32 音線、S 被検体。

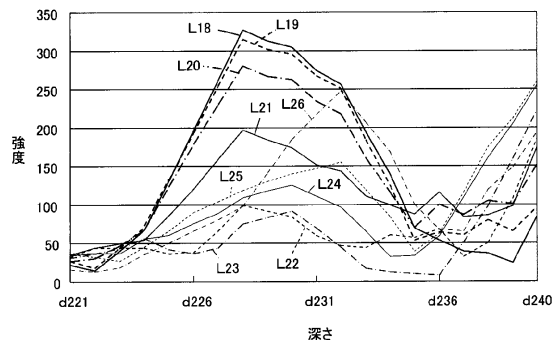
【図1】



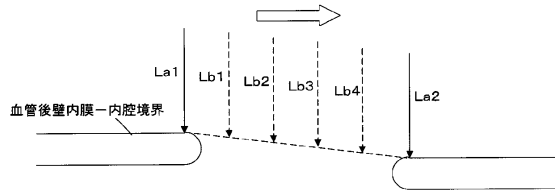
【図2】



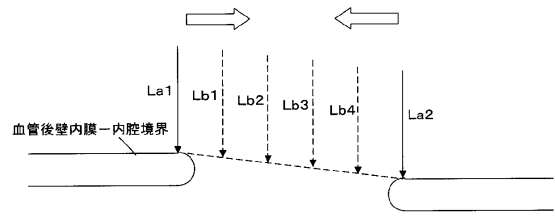
【図4】



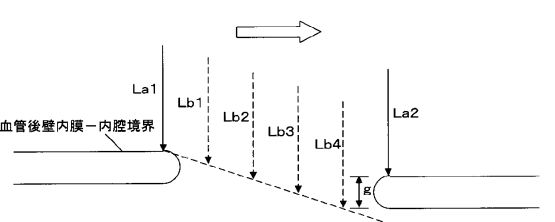
【図5】



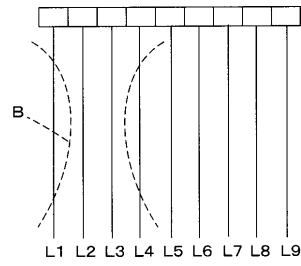
【図7】



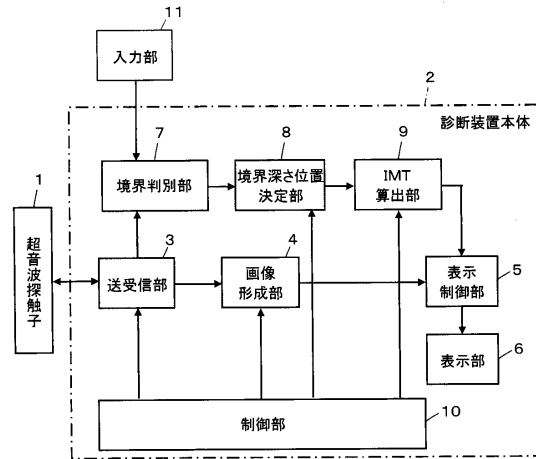
【図8】



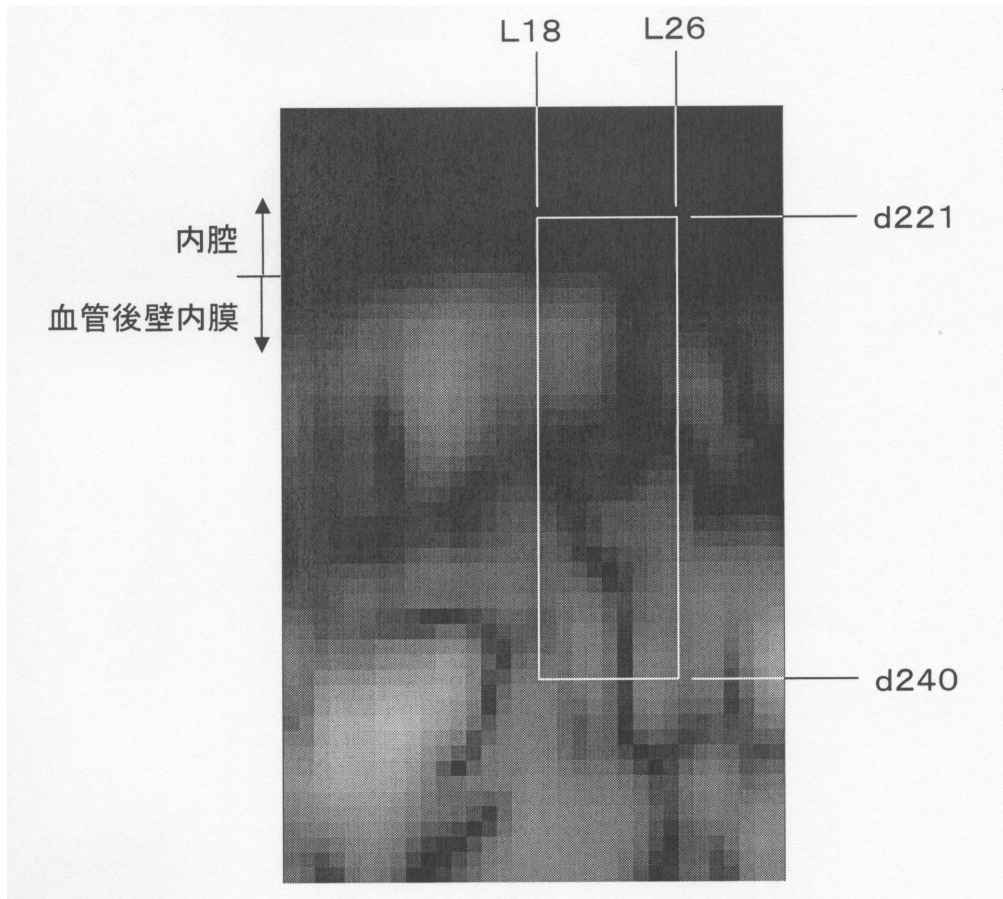
【図9】



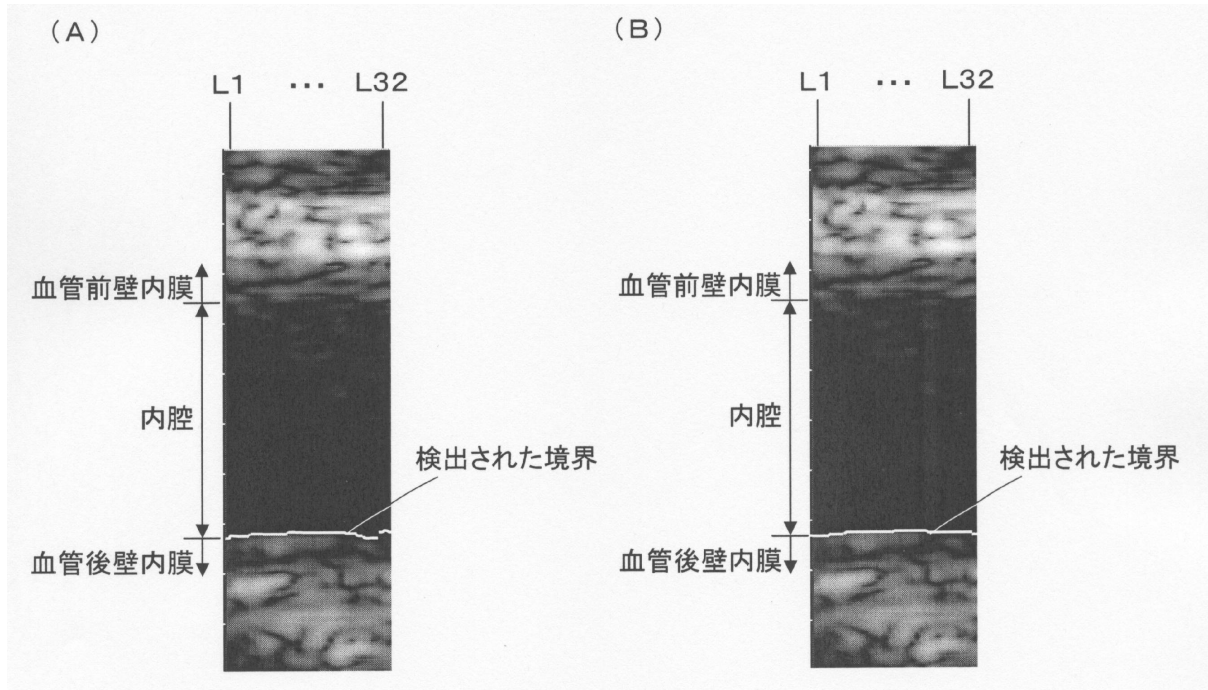
【図10】



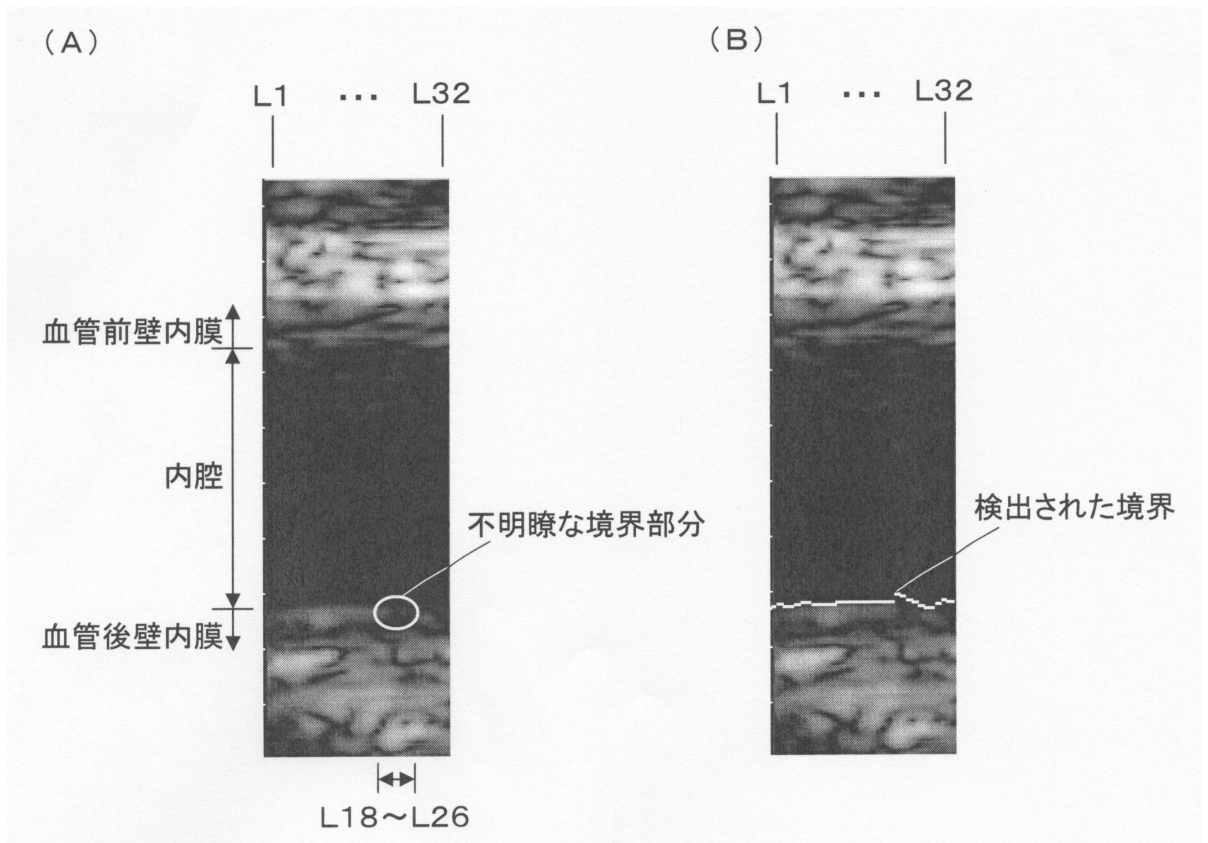
【図3】



【図6】



【図11】



フロントページの続き

審査官 右 高 孝幸

- (56)参考文献 特開2006-122686 (J P , A)
特開平4-317641 (J P , A)
特開2010-124852 (J P , A)
特開平11-318896 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)
A 6 1 B 8 / 0 0

专利名称(译)	超声诊断设备和超声图像产生方法		
公开(公告)号	JP5806189B2	公开(公告)日	2015-11-10
申请号	JP2012210924	申请日	2012-09-25
[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		
发明人	宫地 幸哉		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/0891 A61B8/0858 A61B8/14 A61B8/461 A61B8/5207 A61B8/5223		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14 A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/DD01 4C601/DD14 4C601/EE09 4C601/JB36 4C601/JB37 4C601/JB40 4C601/JB41 4C601/JC09 4C601/KK41		
代理人(译)	伊藤英明		
其他公开文献	JP2014064659A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供一种超声波诊断装置，其能够精确地确定其中内膜 - 中膜复合体的边界不清楚的声线的边界位置，并且以高精度测量内膜 - 中膜复合体的厚度。边界深度位置确定单元 (8) 基于与由边界确定单元 (7) 确定的清晰声线对应的声线信号的强度分布来确定清晰声线的内膜 - 媒体复合体。通过确定边界的深度位置和与不清晰光线对应的光线信号匹配的图案与对应于与不清晰光线相邻的透明光线的光线信号作为参考信号确定不清晰声线处的内膜 - 中膜复合体边界的深度位置，以确定内膜 - 中膜复合体边界的深度位置，并确定内膜 - 中膜复合体的深度。基于边界的深度位置，IMT计算器9计算内膜 - 中膜复合厚度。 [选图]图1

(21) 出願番号	特願2012-210924 (P2012-210924)	(73) 特許権者	308037311 富士フイルム株式会社
(22) 出願日	平成24年9月25日 (2012. 9. 25)		東京都港区西麻布2丁目2番30号
(65) 公開番号	特開2014-64659 (P2014-64659A)	(74) 代理人	100080159 弁理士 渡辺 望悠
(43) 公開日	平成26年4月17日 (2014. 4. 17)	(74) 代理人	100090217 弁理士 三和 晴子
審査請求日	平成26年10月8日 (2014. 10. 8)	(74) 代理人	100152984 弁理士 伊藤 秀明
		(74) 代理人	100148080 弁理士 三橋 史生
		(72) 発明者	宮地 幸哉 神奈川県足柄上郡開成町官台798番地 富士フイルム株式会社内