

(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2005-118320

(P2005-118320A)

(43) 公開日 平成17年5月12日(2005.5.12)

(51) Int.Cl.⁷

A61B 8/08

F I

A61B 8/08

テーマコード (参考)

4C601

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-356923 (P2003-356923)

(22) 出願日 平成15年10月16日 (2003.10.16)

(71) 出願人 397065804

大洋電子株式会社

宮城県柴田郡大河原町大谷字西原前140
番地の2

(71) 出願人 399059005

ライズ株式会社

宮城県仙台市宮城野区榴岡3丁目9番15
号

(71) 出願人 503380434

株式会社メディカルアール・アンド・ディ
東京都江東区三好二丁目1番1号

(74) 代理人 100095359

弁理士 須田 篤

最終頁に続く

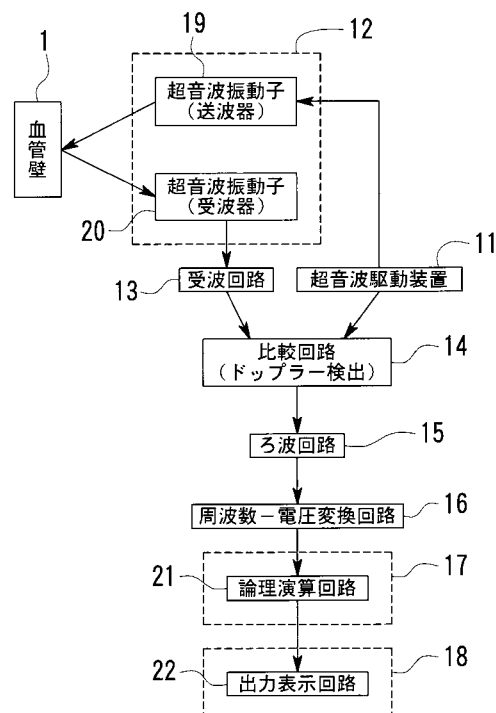
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】動脈瘤、膠原病、糖尿病等の病的疾患およびその重症度の種類により相異なる血管壁の性質変化を認識することができ、簡便、的確な無侵襲診断を行うことができる超音波診断装置を提供する。

【解決手段】超音波駆動装置11は、送波指令を超音波プローブ12に送信する。超音波プローブ12は、拍動する血管に対して垂直に超音波を送波し、ドップラー効果により生じた反射エコーを受波する。受波回路13は、反射エコーを増幅する。比較回路14は、反射エコー中のドップラー信号を抽出する。ろ波回路15は、ドップラー信号中の雑音ノイズを除去する。周波数-電圧変換回路16は、ドップラー信号の周波数を電圧に変換する。演算手段17は、反射エコーの電圧出力波形について、ボックスカウンティング法を用いたフラクタル解析によりフラクタル次元を求める。出力手段18は、演算手段17による演算結果を出力する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

血管壁の力学的性質変化により生じた血管の拍動に基づき、病的疾患およびその重症度の無侵襲診断を行うための超音波診断装置であって、

拍動する血管に対して垂直に超音波を送波し、ドップラー効果により生じた反射エコーを受波する超音波プローブと、

前記超音波プローブにより受波された反射エコーの波形についてフラクタル解析を行う演算手段と、

前記演算手段による演算結果の出力手段とを、

有することを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記演算手段は前記波形からボックスカウンティング法を用いたフラクタル解析によりフラクタル次元を求めることを、特徴とする請求項 1 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、ドップラー法により動脈瘤、膠原病、糖尿病等の疾患の診断に有効な超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

20

従来のドップラー効果を利用した超音波診断装置は、例えば、特定部位の血流速度を測定し、この分布をモニターに表示する。この従来の超音波診断装置では、図 4 に示すように、プローブ 31 から診断部の特定部位に超音波が送波される。その超音波は、血球の運動速度に比例したドップラー効果を受けて反射エコーとなり、プローブ 31 に受波される。反射エコーを受波したプローブ 31 は、反射エコーを検知信号に変換してこれを送受波回路 32 に送信する。送信された検知信号は、A/D 変換回路 33 を経てデジタル信号として血流演算回路 34 に送信される。血流演算回路 34 は、送信された検知信号をもとに平均血流データや断層データを演算し、データをデジタルスキャンコンバータ(DSC) 35 を介してモニター 36 に出力する。モニター 36 は、入力されたデータに基づいて、例えば CRT 画面に血流データを表示し、あるいは断層像を表示する。従来の超音波診断装置は、この表示に基づいて、医師等が診断を行うものである。

30

【0003】

しかしながら、従来の超音波診断装置では、動脈瘤等の疾患により起こる血管壁の力学的性質変化を測定することは極めて困難であるという問題があった。この問題を解決するために、申請者等は、超音波ドップラー効果を血管壁の拍動運動の加速度検出に応用し、血管壁の加速度応答から血管壁の劣化を無侵襲かつ定量的にもとめる超音波診断装置を提案している(特許文献 1 参照)。図 5 に示すように、この超音波診断装置は、出来るだけ波形を平均化して合成波形とし、その特徴を表すパラメータ、P1、P2、 t_m/T を求めるものであり、これにより医師等が血管壁劣化を評価するものである。ここで、P1 は波形立上りの傾斜(加速度)、P2 は波形立下りの傾斜(加速度)、 t_m は波形が最高点に達する時刻、T は周期である。

40

【0004】

【特許文献 1】特許第 3105952 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の超音波診断装置および特許文献 1 に記載の超音波診断装置では、血管壁の性質変化による反射エコーの複雑な波形形状の相異を定量的に解析することができない。このため、動脈瘤等の疾患の種類により相異なる血管壁の性質変化を認識することは、極めて困難であるという課題があった。

50

【 0 0 0 6 】

本発明は、このような課題に着目してなされたもので、動脈瘤、膠原病、糖尿病等の病的疾患およびその重症度の種類により相異なる血管壁の性質変化を認識することができ、簡便、的確な無侵襲診断を行うことができる超音波診断装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

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、血管壁の力学的性質変化により生じた血管の拍動に基づき、病的疾患およびその重症度の無侵襲診断を行うための超音波診断装置であって、拍動する血管に対して垂直に超音波を送波し、ドップラー効果により生じた反射エコーを受波する超音波プローブと、前記超音波プローブにより受波された反射エコーの波形についてフラクタル解析を行う演算手段と、前記演算手段による演算結果の出力手段とを、有することを特徴とする。

10

【 0 0 0 8 】

近時、ドップラー信号の受波感度が上り、波形の検出度が良好になってきた。このため、波形の微妙な形状の相異を定量的に認識して、類型化することが可能である（波形の個別認識）。このような波形形状の相異を定量的に認識するためには、複雑性の科学（カオス理論）による手法を用いることが有効である。

【 0 0 0 9 】

複雑性の科学による波形の個別認識による類型化手法は、波形の個別解析を行う。すなわち、図5に示す平均化した合成波形において、P1、P2、 t_m/T を用いずに、フラクタル解析により形状解析を行う。また、図5に示す合成波形を用いず、図6に示すように、一定時間で検出される同期的検出全体の形状解析を行う。ここで、 $t_i + nT$ 、 $t_j + nT$ 、 $t_R + nT$ は、同期的周期の時刻である。

20

手法として形状のフラクタル解析を行う。

フラクタルとはフラクション（部分）、フラクチュア（破片）を連想させる言葉で、フラクタルな物体は拡大しても同じ構造を示すという入れ籠構造をしている（自己相似である）。フラクタルは簡単な構造を示し、例えば雲、稲妻、海岸線などの形はその例である。

【 0 0 1 0 】

本発明に係る超音波診断装置では、演算手段により、反射エコーの波形についてカオス理論に基づいたフラクタル解析を行うため、血管壁の性質変化による反射エコーの複雑な波形形状の相異を定量的に解析して類型化することができる。また、これに基づいて、動脈瘤、膠原病、糖尿病等の病的疾患およびその重症度の種類により相異なる血管壁の性質変化を認識することができる。これにより、本発明に係る超音波診断装置は、簡便、的確な無侵襲診断を行うことができる。

30

【 0 0 1 1 】

本発明に係る超音波診断装置で、前記演算手段は前記波形からボックスカウンティング法を用いたフラクタル解析によりフラクタル次元を求めることが好ましい。この場合、フラクタル解析は、ボックスカウンティング法で1波形および多数の波形を含めたフラクタル次元の解析を行う。

40

【 0 0 1 2 】

フラクタル次元は（1）式に従う。

$$N = A \eta^{-D} \dots \dots (1)$$

ここで、Nは一辺の長さ η のエレメントで被う時のエレメントの数であり、Aは定数である。Dはフラクタル次元であり、形状の自己相似性を特徴化するパラメータである。例えば、「三等分中抜き」過程によって線分の集合をつくるとき、（1）式は

$$N = (2^{n-1}) = [(1/3)^{n-1}]^{-D} \dots \dots (2)$$

となり、ここから $D = 1 \lg 2 / 1 \lg 3 = 0.63$ となる。このDは点の0次元と線分の1次元との中間の値で、ハウスドルフ次元と呼ばれる。

50

本方法は、図 7 に示すように、観察視野 η を η_1 、 η_2 、 η_3 ... と拡げて行き、その都度各観察視野のフラクタル次元 D をもとめ、 D と η の関係を調べていく。すなわち、マルチフラクタル空間分布特性をもとめて出力波形の形態特徴化を行うものである。この点が一視野でフラクタル解析を行い、形態の特徴化を行う、従来行われているモノフラクタル解析と異なる特徴的な部分である。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、動脈瘤、膠原病、糖尿病等の病的疾患およびその重症度による血管壁の性質変化を認識することができ、簡便、的確な無侵襲診断を行うことができる超音波診断装置を提供することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、図面に基づき、本発明の実施の形態について説明する。

図 1 乃至図 3 は、本発明の実施の形態の超音波診断装置を示している。

図 1 に示すように、超音波診断装置は、超音波駆動装置 11 と超音波プローブ 12 と受波回路 13 と比較回路 14 とろ波回路 15 と周波数 - 電圧変換回路 16 と演算手段 17 と出力手段 18 とを有している。

【0015】

超音波駆動装置 11 は、超音波を送波させるための送波指令を超音波プローブ 12 に送信し、その超音波と同じ波形信号を比較回路 14 に送信するものである。

20

超音波プローブ 12 は、超音波振動子から成る送波器 19 と受波器 20 とを有している。超音波プローブ 12 は、超音波駆動装置 11 からの送波指令に基づいて、送波器 19 が拍動する血管壁 1 に対して垂直に超音波を送波する。さらに、その血管壁 1 の拍動に応じてドップラー効果を受けた超音波の反射エコーを、受波器 20 で受波するものである。なお、ドップラー効果を利用した手法は、動くものを音で捉える物理的手法の一つである。

【0016】

受波回路 13 は、受波器 20 で受波した反射エコーを受信し、増幅するものである。

比較回路 14 は、受波回路 13 で増幅された反射エコーと、超音波駆動装置 11 からの波形信号とを比較し、反射エコー中のドップラー信号を抽出するものである。このとき、超音波駆動装置 11 からの波形信号の信号周波数を f_1 、受波回路 13 からの反射エコーの信号周波数を f_2 としたとき、比較回路 14 の出力信号（ドップラー信号）の周波数 Δf は $\Delta f = f_1 - f_2$ となる。

30

【0017】

ろ波回路 15 は、比較回路 14 で抽出したドップラー信号中のドップラー信号成分以外の雑音ノイズを除去するものである。

周波数 - 電圧変換回路 16 は、信号処理に便利なように、ろ波回路 15 で雑音ノイズを除去されたドップラー信号の周波数を電圧に変換するものである。このとき、周波数 - 電圧変換回路 16 は、周波数の大きさを電圧値に比例換算して変換するよう構成されている。

【0018】

40

演算手段 17 は、電算機から成り、論理演算回路 21 を有している。論理演算回路 21 は、電圧に変換されたドップラー信号の波形から、ボックスカウンティング法を用いたフラクタル解析により、1 波形および多数の波形を含めたフラクタル次元を求めるよう構成されている。演算手段 17 は、フラクタル解析以外にも様々な処理を行うことができる。

出力手段 18 は、出力表示回路 22 を有している。出力表示回路 22 は、演算手段 17 による演算結果をモニタに表示するものである。

【0019】

次に、作用について説明する。

図 1 に示すように、超音波診断装置では、超音波駆動装置 11 から送波器 19 に対して送波指令が送られる。その送波指令に基づき、送波器 19 から血管壁 1 に対して垂直に超

50

音波が送波される。その超音波は、血管壁 1 の拍動に応じたドップラー効果による周波数偏位を受けた反射エコーとなり、受波器 20 に受波される。受波器 20 から受波回路 13 へ反射エコーの電気信号が送信され、適当な増幅がなされる。

【0020】

比較回路 14 が、受波回路 13 で増幅された反射エコーと、超音波駆動装置 11 からの波形信号との比較を行い、ドップラー信号 Δf をとり出す。なお、 Δf は、血管の動きに対応して時々刻々変化するものである。また、対象物（ここでは血管壁 1）が素早い動きをすれば Δf は大きい信号に、緩慢な動きであれば Δf は小さい信号になる。

ドップラー信号 Δf は、ろ波回路 15 で不要な雑音ノイズが除去され、周波数—電圧変換回路 16 で電圧変化信号に変換され、論理演算回路 21 へ入力される。

10

【0021】

超音波診断装置の特徴は、論理演算回路 21 での処理についてである。

図 2 に論理演算回路 21 の入力口、即ち周波数—電圧変換回路 16 の出力口の電圧出力波形の典型的な例を表示する。図 2 の

イは若年、健常者の拍動（急峻な立上り、立下り）

ロは動脈硬化患者の拍動（緩慢な立上り、立下り）

ハは疾病 X 患者の拍動（複雑な立上り、立下り）

ニは疾病 Y 患者の拍動（複雑な立上り、立下り）、を示している。

イ及びロの判定については、電圧出力波形を平均化し、立上り立下りの傾斜（加速度）を計算により求めて行っており、既に特許文献 1 に開示済である。

20

超音波診断装置は、図 2 のハ及びニの波形の様な複雑な形状をもつ波形の解析による確定方法について特徴を有しており、イ、ロの波形解析をも包含できるものである。

【0022】

超音波診断装置は、周期的波形のフラクタル次元の相違から形状を認識し、これを動脈瘤等の病態と関連づけて疾患の診断に用いるものである。フラクタル次元 D は、自己相似性の次元とも呼ばれ、これを用いて各症例の連続的な出力波形の形態認識を行うものである。

【0023】

図 3 (a) に示すように、論理演算回路 21 は、出力波形に対し観察領域を段階的に広げながら、それぞれの領域でボックスカウンティング法によりフラクタル次元 D を求める。このフラクタル次元 D と観察領域の代表寸法 η との関係をもとめ、この関係式の特性パラメータから出力波形を特定する。すなわち、マルチフラクタルの局所分布特性を求めて出力波形のパターン認識を行う。

30

【0024】

論理演算回路 21 は、時限 t_i の場合の出力波形の高さ Y_{ix} を X 座標、 t_i から 1 周期 (T) 後の $t_i + T$ 時限における出力波形の高さ Y_{iy} を Y 座標とし、二次元相空間の 1 点として登録する。時刻 t_i を順に変化させて行けば、この様にして定めた状態点は二次元相空間の中を動きまわる。血管壁 1 の拍動が規則的な場合には、出力波形が規則的となり、二次元相空間の中で安定したリミットサイクルとして表現される。一方、血管壁 1 の拍動が動脈瘤などにより乱されると、出力波形が複雑な形状となり、リミットサイクルからの乱れが生じる。超音波診断装置では、このリミットサイクルからの乱れに基づいて病的疾患およびその進行度を診断することができる。

40

【0025】

フラクタル次元 D と波形の例においては、観察視野を広げることによる D の変化特性における最大値をそれぞれ D1, D2, D3, D4 とすると、図 3 (b) の

イは D1 1.35

ロは D2 1.2

ハは D3 1.1

ニは D4 1.4

といった風に仕分けられる。また、それぞれの D の変化特性を表わす特徴的パラメータと

50

組み合わせれば、病的疾患の進行度も診断可能となる。

【0026】

出力表示回路22は、図3(b)に示す波形およびフラクタル次元Dの演算結果を表示する。また、出力表示回路22は、二次元相空間内の状態点の軌道、フラクタル次元Dと観察領域の代表寸法 η との関係図(または式)、フラクタル次元Dの変化特性を表わす特徴的パラメータなどを表示することができる。超音波診断装置では、これらの表示に基づいて、病的疾患およびその進行度を診断することができる。

【0027】

実際の疾患との対応に関しては、次の様である。動脈硬化の進行度は、既に提案済の特許文献1記載の方法にて定量的に計測し、診断できる。しかし、動脈瘤などの疾患があった場合は必ずしも動脈硬化の進行度と相関しない。血流脈拍が動脈瘤にて乱されると、測定系の出力波形が図3(b)ハ、ニに示すごとく乱れる。これらは動脈硬化の患者の波形、図3(b)ロに比べて明らかに差異が表われている。このため、疾患と波形の対応付がなされておれば、波形の個別認識は、動脈瘤等の疾患診断に有効である。超音波診断装置は、動脈硬化や動脈瘤等の病的疾患の波形形状を個別認識して類型化し、それぞれの疾患と対応させることができる。さらに、その対応関係に基づき、得られた出力波形を個別認識して、動脈瘤等の疾患を診断することができる。

【0028】

特許文献1記載の波形の平均化による合成は、いままで他の分野でも共通した手法である。それに対し、超音波診断装置は、波形の個別認識による類型化を行うため、今まで行われてきた考え方に対して逆方向的思考である。

超音波診断装置は、血管壁1の動きが疾病により特有の変化を来たす様な場合、その動きを超音波ドップラー効果により細部にわたり観測する。その観測波形を複雑性の科学(カオス理論)により個別認識して定量化し、簡便、的確で無侵襲な病気診断を行うことができる。

【0029】

このように、超音波診断装置では、演算手段17により、反射エコーの波形についてカオス理論に基づいたフラクタル解析を行うため、血管壁1の性質変化による反射エコーの複雑な波形形状の相異を定量的に解析して類型化することができる。また、これに基づいて、動脈瘤、膠原病、糖尿病等の病的疾患およびその重症度の種類により相異なる血管壁1の性質変化を認識することができる。これにより、超音波診断装置は、簡便、的確な無侵襲診断を行うことができる。

【0030】

本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲で適宜に変形して実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の実施の形態の超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示す超音波診断装置の論理演算回路の入力口の電圧を示す波形図である。

【図3】図1に示す超音波診断装置のボックスカウンティング法の(a)解析方法を示す説明図、(b)解析結果を示す説明図である。

【図4】従来例の超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

【図5】従来例の超音波診断装置の(a)第1の波形例を示す波形図、(b)第2の波形例を示す波形図、(c)第3の波形例を示す波形図、(d)解析方法を示す説明図である。

【図6】複雑性の科学(カオス理論)の解析方法の(a)第1の波形例を示す波形図、(b)第2の波形例を示す波形図、(c)第3の波形例を示す波形図である。

【図7】ボックスカウンティング法によるフラクタル解析方法を示す説明図である。

【符号の説明】

【0032】

10

20

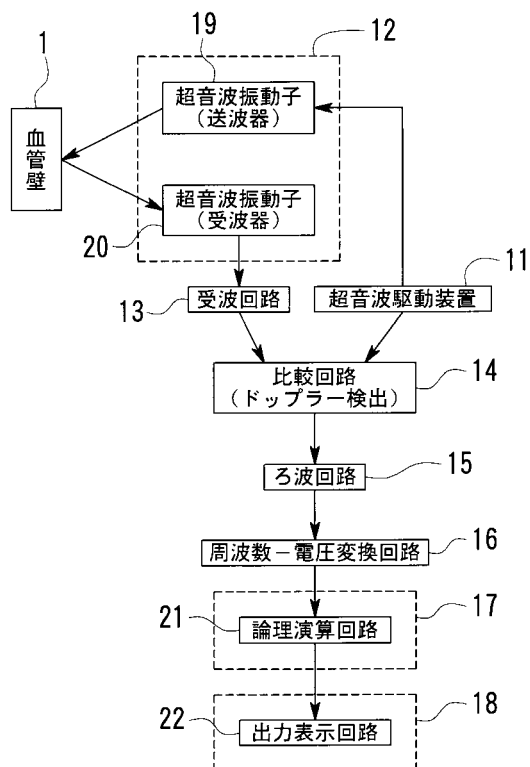
30

40

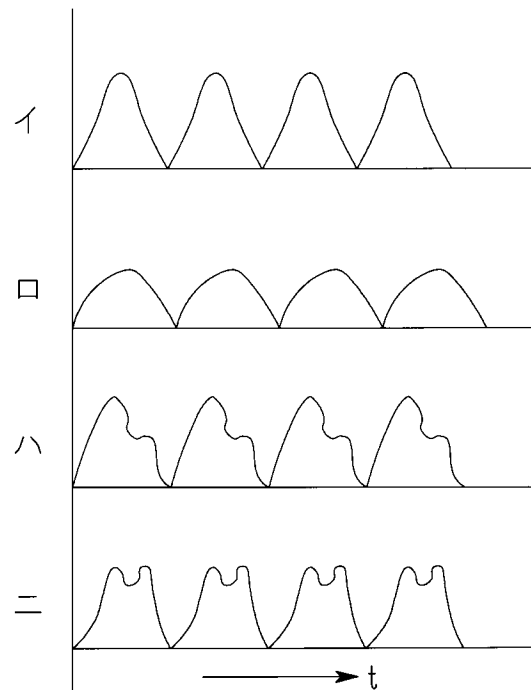
50

- 1 血管壁
- 1 1 超音波駆動装置
- 1 2 超音波プローブ
- 1 3 受波回路
- 1 4 比較回路
- 1 5 ろ波回路
- 1 6 周波数 - 電圧変換回路
- 1 7 演算手段
- 1 8 出力手段
- 1 9 送波器
- 2 0 受波器
- 2 1 論理演算回路
- 2 2 出力表示回路

【図 1】

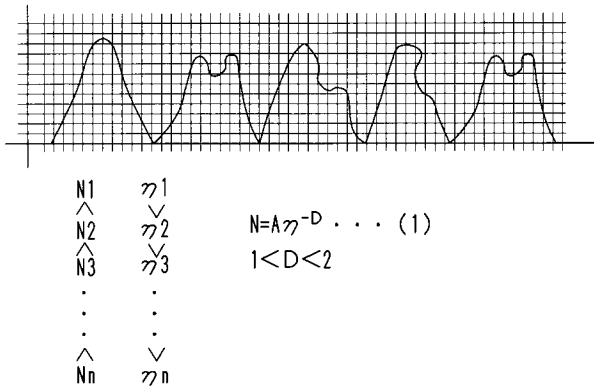


【図 2】

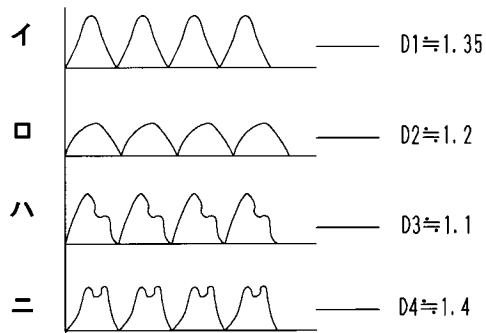


【図 3】

(a)



(b)

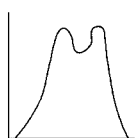


【図 5】

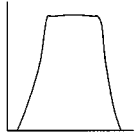
(a)

個々の波形の
合成平均化

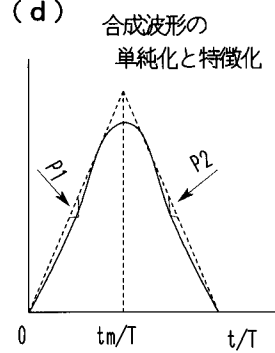
(b)



(c)

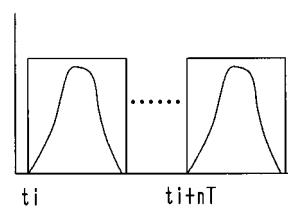


(d)

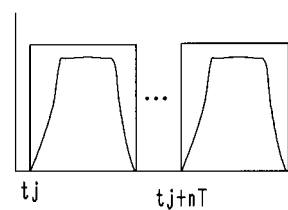


【図 6】

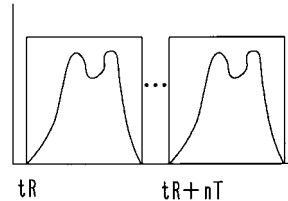
(a)



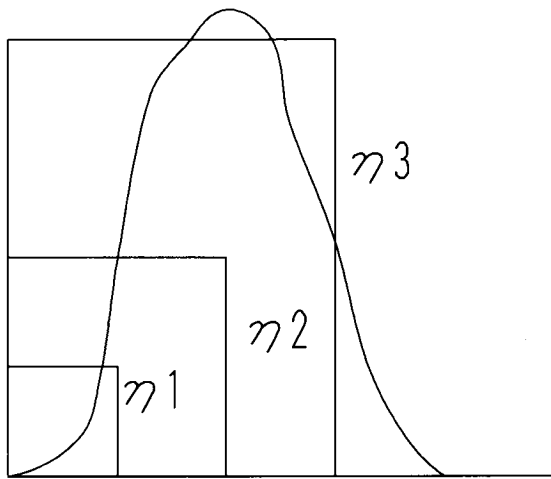
(b)



(c)



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 横堀 壽光
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉01 東北大学工学研究科附属破壊制御システム研究施設
- (72)発明者 庄司 武
宮城県柴田郡大河原町大谷字西原前140番地の2 大洋電子株式会社内
- (72)発明者 佐藤 智樹
宮城県仙台市宮城野区榴岡3丁目9番15号 ライズ株式会社内
- (72)発明者 大越 誠一
宮城県仙台市太白区東中田6丁目18-24 有限会社オー・テック内
- (72)発明者 本田 一樹
宮城県仙台市青葉区中山4丁目1-23 メイハイム110号
- (72)発明者 宮武 哲也
東京都江東区三好2-1-1 仲峰ビル2階 有限会社メディカルR&D内
- Fターム(参考) 4C601 DD14 DE03 EE09 JB31 JB34 KK17

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP2005118320A	公开(公告)日	2005-05-12
申请号	JP2003356923	申请日	2003-10-16
[标]申请(专利权)人(译)	RISE公司 医疗伯爵 & D		
申请(专利权)人(译)	大洋电子株式会社 上升有限公司 有限公司医疗R & 迪		
[标]发明人	横堀 壽光 庄司 武 佐藤 智樹 大越 誠一 本田 一樹 宮武 哲也		
发明人	横堀 壽光 庄司 武 佐藤 智樹 大越 誠一 本田 一樹 宮武 哲也		
IPC分类号	A61B8/08		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/DD14 4C601/DE03 4C601/EE09 4C601/JB31 4C601/JB34 4C601/KK17		
代理人(译)	须田 淳		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种能够识别血管壁上的自然变化的超声诊断设备，该变化根据疾病的类型而变化，包括动脉瘤，胶原疾病和糖尿病及其严重程度，并且可以容易地进行非侵入性诊断。准确。解决方案：超声波驱动设备11向超声波探头12发送波传输命令。超声波探头12垂直地向打击的血管发射超声波，并接收由多普勒效应产生的反射回波。波接收电路13放大反射回波。比较电路14提取反射回波中的多普勒信号。噪声滤波器电路15消除多普勒信号中的噪声。频率 - 电压转换器电路16将多普勒信号的频率转换为电压。计算装置17通过使用盒计数方法的分形分析获得反射回波的电压输出波形的分形维数。输出装置18输出由计算装置17计算的结果

