

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第5936734号  
(P5936734)

(45) 発行日 平成28年6月22日 (2016. 6. 22)

(24) 登録日 平成28年5月20日 (2016. 5. 20)

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

請求項の数 6 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-48230 (P2015-48230) (22) 出願日 平成27年3月11日 (2015. 3. 11) 審査請求日 平成28年2月3日 (2016. 2. 3)</p>	<p>(73) 特許権者 390029791 日立アロカメディカル株式会社 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 (74) 代理人 110001210 特許業務法人YK I 国際特許事務所 (72) 発明者 園山 輝幸 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立 アロカメディカル株式会社内 (72) 発明者 井上 敬章 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立 アロカメディカル株式会社内  審査官 宮川 哲伸</p>
--	--

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】

超音波のプッシュ波を送波して被検体内にせん断波を発生させ、当該被検体に対して超音波のトラッキング波を送波する超音波探触子と、

前記トラッキング波を送波して得られた受信信号に基づいて前記せん断波を測定することにより、前記被検体内の複数深さにおける各深さごとの測定値からなる測定値列を得るせん断波測定部と、

前記せん断波の測定を複数回行うことにより得られる複数の前記測定値列の中から、棄却条件を満たす測定値を特定する測定値処理部と、

を有する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波診断装置において、

前記受信信号に基づいて、前記被検体内における組織の周期的な変位であるゆらぎを検出する検出部をさらに有し、

前記棄却条件には、前記ゆらぎが検出された各深さの測定値を棄却する条件が含まれ、

前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記ゆらぎが検出された各深さの測定値を棄却する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の超音波診断装置において、  
前記棄却条件には、閾値範囲外である測定値を棄却する条件が含まれ、  
前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記閾値範囲外である測定値を棄却する、  
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置において、  
前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記棄却条件を満たす測定値を棄却し、棄却されずに残された複数の測定値の割合を算出する、  
ことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置において、  
前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記棄却条件を満たす測定値を棄却し、棄却されずに残された複数の測定値に基づく統計値を算出する、  
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置において、  
前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記棄却条件を満たす測定値を棄却し、棄却されずに残された複数の測定値のヒストグラムを形成する、  
ことを特徴とする超音波診断装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置に関し、特に、せん断波を測定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

被検体内における組織の変位を測定してその被検体内から診断情報を得る超音波診断装置が知られている。例えば、超音波を送波して被検体内にせん断波を発生させ、せん断波の伝搬に伴う組織の変位を超音波で測定し、せん断波の伝搬速度等の計測値に基づいて被検体内における組織の硬さ等の診断情報を得ることができる。

30

【0003】

例えば、特許文献 1 には、互いに異なる複数の位置においてせん断波の変位を測定し、各位置において最大変位が得られた時刻に基づいて、せん断波の伝搬速度を算出する発明が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 8 1 1 8 7 4 4 号明細書

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、超音波を利用して得られる組織内におけるせん断波の測定値（伝播速度など）を単に表示するのみでは、その測定値が信頼できる値なのか否かを判断することが難しい。例えば、被検体内の複数深さにおいて各深さごとにせん断波の伝播速度が測定された場合に、つまり複数深さに対応した複数の伝播速度が得られた場合に、それら複数の伝播速度にばらつきがあると、各深さごとの組織性状を反映した信頼性のあるばらつきであるのか、測定状態の不安定さ等に伴う信頼性の低いばらつきなのか、を判断することが難しい。

50

## 【0006】

そのため、せん断波の測定値（伝搬速度など）を単に表示するだけでなく、例えば測定値の信頼性などを評価できることが望ましい。

## 【0007】

本発明は、上述した背景事情に鑑みて成されたものであり、その目的は、超音波を利用して計測されたせん断波の測定値を評価する改良技術を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明の具体例として好適な超音波診断装置は、超音波のプッシュ波を送波して被検体内にせん断波を発生させ、当該被検体に対して超音波のトラッキング波を送波する超音波探触子と、前記トラッキング波を送波して得られた受信信号に基づいて前記せん断波を測定することにより、前記被検体内の複数深さにおける各深さごとの測定値からなる測定値列を得るせん断波測定部と、前記せん断波の測定を複数回行うことにより得られる複数の前記測定値列の中から、棄却条件を満たす測定値を特定する測定値処理部と、を有することを特徴とする。

10

## 【0009】

上記装置における棄却条件としては、例えば、測定値の大きさに基づく条件や、被検体内における組織状態に基づく条件などが好適である。例えば、測定値の大きさに基づく条件により、測定値として相応しくないものが棄却対象とされる。また、被検体内における組織状態に基づく条件により、例えば、良好な測定が困難な領域（深さなど）における測定値が棄却対象とされる。

20

## 【0010】

上記装置によれば、棄却条件に基づいてせん断波の測定値を評価することができる。例えば、棄却条件を満たす（棄却条件に該当する）測定値の信頼性が低いとみなすことにより、棄却条件を満たさない（棄却条件に該当しない）信頼性の高い測定値を特定することができる。

## 【0011】

望ましい具体例において、前記超音波診断装置は、前記受信信号に基づいて、前記被検体内における組織の周期的な変位であるゆらぎを検出する検出部をさらに有し、前記棄却条件には、前記ゆらぎが検出された各深さの測定値を棄却する条件が含まれ、前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記ゆらぎが検出された各深さの測定値を棄却する、ことを特徴とする。

30

## 【0012】

望ましい具体例において、前記棄却条件には、閾値範囲外である測定値を棄却する条件が含まれ、前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記閾値範囲外である測定値を棄却する、ことを特徴とする。

## 【0013】

望ましい具体例において、前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記棄却条件を満たす測定値を棄却し、棄却されずに残された複数の測定値の割合を算出する、ことを特徴とする。

40

## 【0014】

望ましい具体例において、前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記棄却条件を満たす測定値を棄却し、棄却されずに残された複数の測定値に基づく統計値を算出する、ことを特徴とする。

## 【0015】

望ましい具体例において、前記測定値処理部は、前記複数の測定値列を構成する複数の測定値のうち、前記棄却条件を満たす測定値を棄却し、棄却されずに残された複数の測定値のヒストグラムを形成する、ことを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0016】

50

本発明により、超音波を利用して計測されたせん断波の測定値を評価する改良技術が提供される。例えば、本発明の好適な態様によれば、棄却条件に基づいてせん断波の測定値を評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施において好適な超音波診断装置の全体構成を示す図である。

【図2】せん断波の発生と変位の測定に係る具体例を説明するための図である。

【図3】時空間マップの具体例を示す図である。

【図4】ゆらぎの具体例を示す図である。

【図5】ゆらぎの検出の具体例を説明するための図である。

【図6】測定セットの測定結果の具体例を示す図である。

【図7】棄却条件の具体例を説明するための図である。

【図8】伝搬速度 $V_s$ に関するヒストグラムの具体例を示す図である。

【図9】表示画像の具体例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図1は、本発明の実施において好適な超音波診断装置の全体構成を示す図である。プローブ10は、被検体（生体）内の組織、例えば臓器等の診断対象を含む領域に対して超音波を送受する超音波探触子である。プローブ10は、各々が超音波を送受または送波する複数の振動素子を備えており、複数の振動素子が送信部12により送信制御されて送信ビームが形成される。

【0019】

また、プローブ10が備える複数の振動素子が、診断対象を含む領域内から超音波を受波し、これにより得られた信号が受信部14へ出力され、受信部14が受信ビームを形成して受信ビームに沿って受信信号（エコーデータ）が収集される。なお、プローブ10は例えばコンベックス型が望ましいもののリニア型等であってもよい。

【0020】

プローブ10は、診断対象となる組織を含む領域内においてせん断波を発生させる超音波（プッシュ波）を送波する機能と、せん断波に伴う組織の変位を測定する超音波（トラッキング波）を送受する機能と、画像形成用の超音波を送受する機能を備えている。

【0021】

超音波の送波は、送信部12によって制御される。せん断波を発生させる場合、送信部12は、プッシュ波の送信信号をプローブ10が備える複数の振動素子へ出力し、これにより、プッシュ波の送信ビームが形成される。また、せん断波を測定する場合、送信部12は、トラッキング波の送信信号をプローブ10が備える複数の振動素子へ出力し、これによりトラッキング波の送信ビームが形成される。さらに、超音波画像を形成する場合、送信部12は、画像形成用の送信信号をプローブ10が備える複数の振動素子へ出力し、これにより、画像形成用の送信ビームが走査される。

【0022】

また、受信部14は、プローブ10がトラッキング波を送受することにより複数の振動素子から得られる受波信号に基づいて、トラッキング波の受信ビームを形成し、その受信ビームに対応した受信信号を得る。さらに、受信部14は、プローブ10が画像形成用の超音波を送受することにより複数の振動素子から得られる受波信号に基づいて、画像形成用の受信ビームを形成しその受信ビームに対応した受信信号を生成する。

【0023】

画像形成用の超音波ビーム（送信ビームと受信ビーム）は、診断対象を含む二次元平面内において走査され、二次元平面内から画像形成用の受信信号が収集される。もちろん、画像形成用の超音波ビームが三次元空間内において立体的に走査され、三次元空間内から画像形成用の受信信号が収集されてもよい。

【0024】

10

20

30

40

50

画像形成部 20 は、受信部 14 において収集された画像形成用の受信信号に基づいて、超音波の画像データを形成する。画像形成部 20 は、例えば診断対象である臓器等の組織を含む領域の B モード画像（断層画像）の画像データを形成する。なお、画像形成用の受信信号が三次元的に収集されている場合に、画像形成部 20 は、三次元超音波画像の画像データを形成してもよい。

#### 【0025】

変位測定部 30 は、受信部 14 から得られるトラッキング波の受信ビームに対応した受信信号に基づいて、被検体内のせん断波発生後における組織の変位を測定する。ゆらぎ検出部 40 は、変位測定部 30 から得られる変位の測定結果に基づいて周期的な変位を検出する。せん断波速度算出部 50 は、変位測定部 30 から得られる測定結果に基づいて、被  
10  
検体内におけるせん断波の伝搬速度を算出する。速度評価部 60 は、せん断波速度算出部 50 において算出された伝搬速度を評価する。その評価において、ゆらぎ検出部 40 から得られる検出結果も参照される。変位測定部 30 とゆらぎ検出部 40 とせん断波速度算出部 50 と速度評価部 60 における処理については後に詳述する。

#### 【0026】

表示処理部 70 は、画像形成部 20 から得られる超音波画像の画像データと、せん断波速度算出部 50 において得られる速度情報と、変位測定部 30 から得られる測定結果と、速度評価部 60 から得られる評価結果に基づいて表示画像を形成する。表示処理部 70 において形成された表示画像は表示部 72 に表示される。

#### 【0027】

制御部 80 は、図 1 に示す超音波診断装置内を全体的に制御する。図 1 の超音波診断装置は、例えば、マウス、キーボード、トラックボール、タッチパネル、その他のスイッチ類等で構成される操作デバイスを備えていることが望ましい。そして、制御部 80 による全体的な制御には、操作デバイス等を介してユーザから受け付けた指示も反映される。

#### 【0028】

図 1 に示す構成（符号を付された各機能ブロック）のうち、送信部 12，受信部 14，画像形成部 20，変位測定部 30，ゆらぎ検出部 40，せん断波速度算出部 50，速度評価部 60，表示処理部 70 の各部は、例えば電気電子回路やプロセッサ等のハードウェアを利用して実現することができ、その実現において必要に応じてメモリ等のデバイスが利用されてもよい。なお、上記各部に対応した機能が、CPU やプロセッサやメモリ等のハード  
30  
ウェアと、CPU やプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現されてもよい。また、表示部 72 の好適な具体例は液晶ディスプレイ等である。そして、制御部 80 は、例えば、CPU やプロセッサやメモリ等のハードウェアと、CPU やプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現することができる。

#### 【0029】

図 1 の超音波診断装置の全体構成は以上のとおりである。次に、図 1 の超音波診断装置によるせん断波の発生と変位の測定等について詳述する。なお、図 1 に示した各構成（各機能ブロック）については、以下の説明において図 1 の符号を利用する。

#### 【0030】

図 2 は、せん断波の発生と変位の測定に係る具体例を説明するための図である。図 2（A）には、プローブ 10 を利用して形成されるプッシュ波の送信ビーム P と、トラッキング波の超音波ビーム T1，T2 の具体例が図示されている。

#### 【0031】

図 2（A）において、プッシュ波の送信ビーム P は、X 方向の位置 p を通るように深さ Y 方向に沿って形成される。例えば、図 2（A）に示す X 軸上の位置 p を焦点としてプッシュ波の送信ビーム P が形成される。位置 p は、例えば、表示部 72 に表示される生体内の診断対象に関する超音波画像を確認した医師または検査技師等のユーザ（検査者）により、所望の位置に設定される。

#### 【0032】

10

20

30

40

50

位置  $p$  を焦点として送信ビーム  $P$  が形成されてプッシュ波が送波されると、生体内において、位置  $p$  とその近傍において比較的強いせん断波が発生する。図 2 (A) は、位置  $p$  において発生するせん断の  $X$  方向における伝搬速度を測定する具体例を示している。

【 0 0 3 3 】

図 2 (A) の具体例では、トラッキング波の 2 本の超音波ビーム  $T_1$  ,  $T_2$  が形成される。超音波ビーム (送信ビームと受信ビーム)  $T_1$  は、例えば図 2 (A) に示す  $X$  軸上の位置  $x_1$  を通るように形成され、超音波ビーム (送信ビームと受信ビーム)  $T_2$  は、例えば図 2 (A) に示す  $X$  軸上の位置  $x_2$  を通るように形成される。位置  $x_1$  と位置  $x_2$  は、例えば、表示部 7 2 に表示される診断対象の超音波画像を確認したユーザにより所望の位置に設定されてもよいし、図 1 の超音波診断装置が、位置  $p$  から  $X$  方向に沿って所定の距離だけ離れた個所に位置  $x_1$  と位置  $x_2$  を設定してもよい。

10

【 0 0 3 4 】

図 2 (B) は、プッシュ波の送信ビーム  $P$  とトラッキング波の超音波ビーム  $T_1$  ,  $T_2$  の生成タイミングの具体例を示している。図 2 (B) の横軸は時間軸  $t$  である。

【 0 0 3 5 】

図 2 (B) において、期間  $P$  は、プッシュ波の送信ビーム  $P$  が形成される期間であり、期間  $T_1$  ,  $T_2$  は、それぞれ、トラッキング波の超音波ビーム  $T_1$  ,  $T_2$  が形成される期間である。

【 0 0 3 6 】

期間  $P$  内においては、多数波のプッシュ波が送波される。例えば、期間  $P$  内において連続波の超音波が送波される。そして、例えば期間  $P$  が終了した直後から位置  $p$  においてせん断波が発生する。

20

【 0 0 3 7 】

期間  $T_1$  ,  $T_2$  においては、1 波から数波程度のいわゆるパルス波のトラッキング波が送波され、そのパルス波に伴う反射波が受波される。例えば位置  $x_1$  ,  $x_2$  を通る超音波ビーム  $T_1$  ,  $T_2$  が形成され、位置  $x_1$  ,  $x_2$  を含む複数の深さにおいて受信信号が得られる。つまり、超音波ビーム  $T_1$  ,  $T_2$  の各々について、複数の深さから受信信号が得られる。

【 0 0 3 8 】

トラッキング波の送受は、複数の期間に亘って繰り返し行われる。つまり、図 2 (B) に示すように、期間  $T_1$  ,  $T_2$  が交互に、例えばせん断波に伴う組織の変位が確認されるまで繰り返される。

30

【 0 0 3 9 】

変位測定部 3 0 は、トラッキング波の超音波ビーム  $T_1$  の受信信号に基づいて、超音波ビーム  $T_1$  に関する時空間マップを形成し、トラッキング波の超音波ビーム  $T_2$  の受信信号に基づいて、超音波ビーム  $T_2$  に関する時空間マップを形成する。

【 0 0 4 0 】

図 3 は、時空間マップの具体例を示す図である。変位測定部 3 0 は、トラッキング波の超音波ビーム  $T_1$  の受信信号に基づいて、複数の深さ (深さ方向の複数箇所) において、受信信号の位相変位を算出する。変位測定部 3 0 は、各深さごとに複数の時刻に亘って受信信号の位相変位 (位相の微分値) を算出する。そして、変位測定部 3 0 は、横軸を時刻 (時間軸) とし縦軸を深さとして、受信信号の位相変位をマッピングした時空間マップを形成する。

40

【 0 0 4 1 】

図 3 に示す時空間マップの具体例では、時空間マップ内の輝度により受信信号の位相変位が表現されている。例えば、位相変位が正方向で絶対値が大きいほど高輝度 (白) とし、位相変位が負方向で絶対値が大きいほど低輝度 (黒) とする。図 3 の具体例では、時刻 0 (ゼロ) から 1 0 m s (ミリ秒) の期間において、位相変位が高輝度 (白) から低輝度 (黒) に比較的大きく変化しており、この期間にせん断波が通過している。

【 0 0 4 2 】

50

なお、図3の時空間マップは、あくまでも具体例の一つに過ぎず、輝度以外の表示態様により、例えば色により受信信号の位相変位が表現されてもよい。例えば、位相変位が正方向で絶対値が大きいほど赤を基調とした色とし、位相変位がゼロに近いほど緑を基調とした色とし、位相変位が負方向で絶対値が大きいほど青を基調とした色としてもよい。

【0043】

このように、変位測定部30は、トラッキング波の超音波ビームT1の受信信号に基づいて、超音波ビームT1に関する時空間マップを形成する。さらに、変位測定部30は、トラッキング波の超音波ビームT2の受信信号に基づいて、複数の深さにおいて受信信号の位相変位を算出して、超音波ビームT2に関する時空間マップを形成する。

【0044】

図2に戻り、せん断波速度算出部50は、位置pにおいて発生したせん断波の影響により変化する位置x1と位置x2における位相変位に基づいてせん断波のX軸方向の伝搬速度Vsを算出する。例えば、位置x1における位相変位が最大となる時刻t1と、位置x2における位相変位が最大となる時刻t2と、位置x1と位置x2の距離xと、に基づいて、せん断波のX軸方向の伝搬速度 $V_s = x / (t_2 - t_1)$ が算出される。なお、せん断波の伝搬速度は、他の公知の手法を利用して算出されてもよい。

【0045】

せん断波速度算出部50は、例えば、超音波ビームT1と超音波ビームT2の時空間マップ(図3)に基づいて、複数深さの各深さごとに伝搬速度Vsを算出する。さらに、せん断波の伝搬速度Vsに基づいて、せん断波が測定された組織の弾性値などの弾性情報が算出されてもよいし、組織の情報として、粘弾性パラメータ、減衰、周波数特性などが導出されてもよい。

【0046】

図2(B)に示す測定シーケンスは、プッシュ波の送波が開始されてから、せん断波の伝搬速度が算出されるまでの期間である。測定シーケンスの終了後には、プローブ10をクリーニングするための休止期間を設けることが望ましい。また、休止期間の後に、さらに次の測定シーケンスが開始されてもよい。

【0047】

なお、図2の具体例においては、プッシュ波の送信ビームPに対して、X軸の正方向側に、トラッキング波の超音波ビームT1、T2を形成しているが、プッシュ波の送信ビームPに対して、X軸の負方向側にトラッキング波の超音波ビームT1、T2を形成して、X軸の負方向側に伝搬するせん断波を測定するようにしてもよい。もちろん、プッシュ波の送信ビームPの位置pや、トラッキング波の超音波ビームT1、T2の位置x1、x2は、診断対象や診断状況等に応じて適切に設定されることが望ましい。

【0048】

ところで、せん断波の伝搬速度の測定においては、測定領域(関心領域)内における微小血管の動きや血流により、組織の変位が周期的にゆらいでしまい、この周期的なゆらぎがせん断波の伝搬速度の測定に影響を及ぼす場合がある。

【0049】

図4は、ゆらぎの具体例を示す図である。図4には、ゆらぎが発生した場合に得られる時空間マップの具体例が図示されている。図3に示す時空間マップと比較して、図4に示す時空間マップにおいては、深さ45mm(ミリメートル)付近において、ゆらぎが発生している。つまり、深さ45mm付近において、比較的長い期間(0~30ms以上)に亘り、受信信号の位相変位が低輝度(黒)と高輝度(白)を周期的に繰り返しており、位相変位が周期的にゆらいでいる。

【0050】

そのため、深さ45mm付近においては、せん断波の通過に伴う位相変位の変化を特定することが困難であり、せん断波の伝搬速度を測定することができない。仮に、ゆらぎが発生している領域(深さ)においてせん断波の伝搬速度が測定できたとしても、測定結果の信頼性が懸念される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

そこで、ゆらぎ検出部 40 は、変位測定部 30 における変位の測定結果に基づいて、周期的な変位であるゆらぎを検出する。

## 【 0 0 5 2 】

図 5 は、ゆらぎの検出の具体例を説明するための図である。ゆらぎ検出部 40 は、変位測定部 30 から得られる時空間マップに基づいて、各深さにおける位相変位の時間的な変化を周波数解析し、ゆらぎに相当する周波数成分があるかどうかを確認する。

## 【 0 0 5 3 】

図 5 には、位相変位の時間的な変化を周波数解析した結果が図示されている。図 5 において、横軸は周波数 (Hz : ヘルツ) であり、縦軸はパワースペクトルの強度、つまり各周波数成分の強度 (dB : デシベル) である。

10

## 【 0 0 5 4 】

図 5 には、ゆらぎが発生している深さにおける「位相ゆらぎ」の周波数スペクトル (実線) と、ゆらぎが発生していない深さにおける「せん断波」の周波数スペクトル (破線) が示されている。

## 【 0 0 5 5 】

「位相ゆらぎ」の周波数スペクトルには、特定の周波数、図 5 の具体例では 100 Hz 付近に、強度の突出したピーク (極大) が現れる。これに対し、ゆらぎを含んでいない「せん断波」の周波数スペクトルには「位相ゆらぎ」のような突出したピークは現れない。そこで、ゆらぎ検出部 40 は、各深さにおける位相変化の周波数スペクトル内に、強度の突出したピークが存在する場合に、その深さにおける変位が周期的であり、その深さにゆらぎが発生していると判定する。ゆらぎ検出部 40 は、例えば、各深さにおける位相変化の周波数スペクトル内に、閾値を超える強度のピークが存在する場合に、その深さにゆらぎが発生していると判定する。

20

## 【 0 0 5 6 】

なお、ゆらぎ検出部 40 は、周波数解析とは異なる処理でゆらぎを検出してよい。例えば、時空間マップ内において、各深さごとに複数時刻に亘って位相変位の絶対値を加算し、各深さごとに得られる加算結果に基づいて、ゆらぎが発生している深さを特定してもよい。図 4 に例示したように、ゆらぎが発生している深さでは、比較的長い期間に亘って受信信号の位相変位が周期的に変動しているため、位相変位の絶対値の加算結果が比較的大きくなり、逆に、ゆらぎが発生していない深さでは受信信号の位相変位が 0 (ゼロ) となる期間が支配的であるため、位相変位の絶対値の加算結果が比較的小さくなる。そこでゆらぎ検出部 40 は、例えば、各深さごとに複数時刻に亘って位相変位の絶対値を加算して、各深さごとに得られる加算結果が判定閾値を超える場合に、その深さにおいてゆらぎが発生していると判定してもよい。また、時空間マップに対する画像解析処理により、ゆらぎが発生している画像部分 (深さ) が判定されてもよい。

30

## 【 0 0 5 7 】

ゆらぎ検出部 40 は、超音波ビーム T1 の時空間マップと超音波ビーム T2 の時空間マップのそれぞれにおいて、ゆらぎが発生している深さを検出する。そして、超音波ビーム T1 と超音波ビーム T2 の時空間マップの少なくとも一方にゆらぎが発生している深さが速度評価部 60 に伝えられる。

40

## 【 0 0 5 8 】

次に、図 1 の超音波診断装置によるせん断波計測の具体例を説明する。せん断波の測定においては、図 2 を利用して説明した測定シーケンスにより、せん断波の伝搬速度  $V_s$  が測定される。せん断波速度算出部 50 は、トラッキング波の超音波ビーム T1 と超音波ビーム T2 に関する時空間マップ (図 3 参照) に基づいて、被検体内の各深さごとにせん断波の伝搬速度  $V_s$  を算出する。これにより、複数深さに対応した複数の伝搬速度  $V_s$  からなる測定値列が得られる。さらに、せん断波の測定においては、図 2 を利用して説明した測定シーケンスが複数回実行され、複数回の測定シーケンスからなる測定セットが実行され、複数回の測定シーケンスに対応した複数の測定値列が得られる。

50

## 【 0 0 5 9 】

図 6 は、測定セットの測定結果の具体例を示す図である。図 6 には、4 回の測定シーケンスにより得られる伝搬速度  $V_s$  の測定値列が図示されている。図 6 に示す具体例では、例えば、1 回目の測定シーケンス ( 1 ) により、複数深さ  $r_1, r_2, \dots$  に対応した複数の伝搬速度  $V_s ( 1, 1 ), V_s ( 1, 2 ), \dots$  からなる測定値列が得られ、2 回目の測定シーケンス ( 2 ) により、複数深さ  $r_1, r_2, \dots$  に対応した複数の伝搬速度  $V_s ( 2, 1 ), V_s ( 2, 2 ), \dots$  からなる測定値列が得られる。もちろん、5 回以上又は 3 回以下の測定シーケンスからなる測定セットが実行されてもよい。

## 【 0 0 6 0 】

複数回の測定シーケンスからなる測定セットが実行され、せん断波速度算出部 5 0 により測定セットを構成する複数の測定値 ( 複数の伝播速度  $V_s$  ) が算出されると、速度評価部 6 0 は、それら複数の測定値の中から、棄却条件を満たす少なくとも一つの測定値を特定する。棄却条件としては、例えば、測定値 ( 伝播速度  $V_s$  ) の大きさに基づく条件や、被検体内における組織状態に基づく条件などが好適である。

## 【 0 0 6 1 】

図 7 は、棄却条件の具体例を説明するための図である。図 7 には、せん断波速度算出部 5 0 において算出された伝搬速度  $V_s$  に係る速度マップが図示されている。図 7 に示す速度マップは、1 回の測定シーケンスにより得られる伝搬速度  $V_s$  に対応しており、縦軸は深さであり横軸が伝搬速度  $V_s$  である。そして、図 7 には、棄却条件の具体例として、条件 1 から条件 3 が図示されている。

## 【 0 0 6 2 】

条件 1 では、符号がマイナス ( 逆方向 ) である伝搬速度  $V_s$  が棄却の対象とされる。例えば、図 2 を利用して説明したせん断波の測定では、プッシュ波の送信ビーム P が送波された位置 p とその近傍において比較的強いせん断波が発生し、そのせん断波がトラッキング波の 2 本の超音波ビーム T 1, T 2 の方向に伝搬する。したがって、図 2 の具体例において、位置 p から位置 x 1 に向かう方向を正 ( プラス ) 方向とすると、せん断波の伝搬速度  $V_s$  が正常であれば正 ( プラス ) の値となる。ところが、せん断波の乱れなどによりせん断波を正常に検出できない場合などに、負 ( マイナス ) 方向の伝搬速度  $V_s$  が算出されてしまう可能性がある。そこで、符号がマイナス ( 逆方向 ) である伝搬速度  $V_s$  は、信頼性の低い結果であるとして、棄却の対象とされる。

## 【 0 0 6 3 】

また、図 7 に示す具体例において、条件 2 では、閾値範囲外である伝搬速度  $V_s$  が棄却の対象とされる。せん断波の伝搬速度  $V_s$  が取り得る値は、例えば診断対象となる組織等に応じて、臨床的にある程度の範囲内に収まる傾向にある。そこで、例えば多数の臨床結果などに基づいて閾値範囲を設定しておき、その閾値範囲外となる伝搬速度  $V_s$  は、信頼性が低い結果であるとみなして、棄却の対象とされる。例えば、診断対象となる組織の種類、被検者の年齢、性別などに応じて、閾値範囲が決定されてもよいし、医師や検査技師などのユーザ ( 測定者 ) が閾値範囲を調整できるようにしてもよい。

## 【 0 0 6 4 】

そして、条件 3 では、ゆらぎが検出された各深さにおける伝搬速度  $V_s$  が棄却の対象とされる。図 4 を利用して説明したように、せん断波の伝搬速度  $V_s$  の測定においては、測定領域 ( 関心領域 ) 内における微小血管の動きや血流により、組織の変位が周期的にゆらいでしまい、この周期的なゆらぎがせん断波の伝搬速度  $V_s$  の測定に影響を及ぼす場合がある。例えば、ゆらぎが発生している領域 ( 深さ ) では、せん断波の通過に伴う位相変位の変化を特定することが困難であり、せん断波の伝搬速度  $V_s$  を測定することが難しい。仮に、ゆらぎが発生している領域 ( 深さ ) においてせん断波の伝搬速度  $V_s$  が測定できたとしても、測定結果の信頼性が懸念される。そこで、ゆらぎが検出された各深さにおける伝搬速度  $V_s$  は、信頼性の低い結果であるとして、棄却の対象とされる。なお、ゆらぎが発生している深さは、ゆらぎ検出部 4 0 において検出されることは既に説明したとおりである。棄却の対象となる伝搬速度  $V_s$  は、測定値処理部の好適な具体例である速度評価部

10

20

30

40

50

60により特定される。

【0065】

速度評価部60は、せん断波速度算出部50により算出された伝搬速度 $V_s$ 、例えば図6に示した測定セット内の複数の伝搬速度 $V_s$ のうち、棄却条件を満たす伝搬速度 $V_s$ を棄却の対象とする。例えば、図7を利用して説明した条件1から条件3のいずれかに該当する伝搬速度 $V_s$ が棄却の対象とされる。なお、棄却の対象とされた伝搬速度 $V_s$ は、例えば図6に示す測定セット内から削除されてもよいし、伝搬速度 $V_s$ の値(データ)は削除せずに棄却対象であることを示すフラグ等が対応付けられてもよい。

【0066】

そして、速度評価部60は、測定セット内の複数の伝搬速度 $V_s$ のうち、棄却条件を満たす伝搬速度 $V_s$ を棄却し、棄却されずに残された複数の伝搬速度 $V_s$ 、つまり有効な測定値とみなされた複数の伝搬速度 $V_s$ の割合である $V_s N$ (有効 $V_s$ 割合)を算出する。

10

【0067】

速度評価部60は、測定セット内において各測定シーケンスごとに $V_s N$ を算出する。例えば、図6に示す測定セット内において、測定シーケンス(1)から測定シーケンス(4)の各測定シーケンスを構成する複数深さの伝搬速度 $V_s$ について、各測定シーケンスごとに $V_s N$ (有効 $V_s$ 割合)を算出する。そして、例えば、各測定シーケンスの $V_s N$ が閾値以下の場合には、その測定シーケンスの信頼性が低いとみなして、その測定シーケンスの全深さの伝搬速度 $V_s$ を棄却するようにしてもよい。例えば、図6の具体例において、測定シーケンス(3)の $V_s N$ が閾値である30パーセント以下である場合に、測定

20

【0068】

さらに、速度評価部60は、測定セット内の複数の伝搬速度 $V_s$ のうち、棄却されずに残された複数の伝搬速度 $V_s$ 、つまり有効な測定値とみなされた複数の伝搬速度 $V_s$ に基づいて、伝搬速度 $V_s$ に関する統計値を算出する。統計値としては、例えば、有効な測定値とみなされた複数の伝搬速度 $V_s$ に関する平均値、中央値、IQR、標準偏差、 $V_s N$ (有効 $V_s$ 割合)などが好適であるものの、他の統計値が算出されてもよい。そして、算出された統計値は、例えば数値などにより表示部72に表示される。

【0069】

また、速度評価部60は、測定セット内の複数の伝搬速度 $V_s$ のうち、棄却されずに残された複数の伝搬速度 $V_s$ 、つまり有効な測定値とみなされた複数の伝搬速度 $V_s$ に基づいて、伝搬速度 $V_s$ に関するヒストグラムを形成してもよい。

30

【0070】

図8は、伝搬速度 $V_s$ に関するヒストグラムの具体例を示す図である。図8において(A)は、 $V_s N$ (有効 $V_s$ 割合)が比較的大きい安定した測定において得られるヒストグラムの具体例であり、分布が単峰となっている。これに対し(B)は、 $V_s N$ が比較的小さい不安定な測定において得られるヒストグラムの具体例であり、分散的な分布となっている。なお(A)と(B)の各ヒストグラムにおいて、横軸は伝搬速度 $V_s$ であり縦軸が頻度である。縦軸(頻度)の最大値は、例えば次式により決定されることが望ましい。

40

【0071】

【数 1】

$$Y_{max} = \text{ceil}\left(\frac{N \cdot \Delta BIN}{std} \cdot \sigma\right)$$

ここで、各記号の意味は以下のとおり。

$Y_{max}$	縦軸頻度の最大値	
$\text{ceil}(\cdot)$	小数を切り上げる操作	10
$N$	棄却前のVs数	
$\Delta BIN$	ヒストグラム bins の幅	
$std$	Vs の想定標準偏差	
$\sigma$	正規分布を仮定したときの $1\sigma$	

【0072】

数 1 式は、伝搬速度 Vs の縦軸頻度を規格化する具体例の一つである。数 1 式では、伝搬速度 Vs が理想的に安定して測定できた場合に正規分布が得られると仮定して、ヒストグラムの bins 幅 ( $\Delta BIN$ ) と、伝搬速度 Vs の想定標準偏差 ( $std$ ) に基づいて、縦軸頻度の最大値 ( $Y_{max}$ ) が算出される。

20

【0073】

例えば、数 1 式により縦軸頻度を規格化することにより、ヒストグラムの対象となる有効な伝搬速度 Vs (棄却されなかった複数の伝搬速度 Vs) の個数に応じて、ヒストグラムの面積が変化するようになる。

【0074】

図 8 に示すヒストグラムは、数 1 式に基づいて縦軸頻度の最大値が決定されている。(A) のヒストグラムは、Vs N (有効 Vs 割合) が比較的大きい安定した測定により得られたものであり、有効な伝搬速度 Vs の個数が比較的多いため、ヒストグラムの面積が比較的大きい。これに対し (B) のヒストグラムは、Vs N (有効 Vs 割合) が比較的小さい不安定な測定により得られたものであり、有効な伝搬速度 Vs の個数が比較的小さいため、ヒストグラムの面積が比較的小さい。

30

【0075】

このように、例えば、数 1 式に基づいて縦軸頻度の最大値を規格化することにより、ヒストグラムに反映される有効な伝搬速度 Vs の個数がヒストグラムの面積に反映され、ヒストグラムの面積から、安定した測定結果か否かを視覚的に判断することが可能になる。

【0076】

速度評価部 60 において形成されてヒストグラム、例えば図 8 に示すヒストグラムは、表示部 72 に表示される。なお、ヒストグラムが B モード画像と共に表示されてもよい。

【0077】

図 9 は、表示画像の具体例を示す図である。図 9 には、表示処理部 70 において形成されて表示部 72 に表示される表示画像の具体例が図示されている。図 9 の表示画像は、画像形成部 20 において形成された B モード画像 (断層画像) と、速度評価部 60 において形成されたヒストグラムに基づいて得られる。

40

【0078】

B モード画像内には、関心領域 (ROI) が表示されてもよい。例えば、図 9 に示す具体例のように、関心領域 (ROI) を示す矩形のマークが表示される。関心領域 (ROI) は、せん断波の測定が行われた領域、つまり、時空間マップ (図 3) が得られた領域である。

【0079】

さらに、関心領域 (ROI) 内には、ゆらぎ検出部 40 において検出されたゆらぎ部分

50

に対応した領域が明示されてもよい。例えば、関心領域（ROI）内において、ゆらぎ部分が模様や輝度や色等の表示態様により強調表示される。これにより、例えば、関心領域（ROI）内においてゆらぎ部分が大きい（広い）場合に、ユーザが関心領域（ROI）の位置を再設定するようにしてもよい。

【0080】

そして、図9の具体例では、Bモード画像上に、伝搬速度 $V_s$ のヒストグラム（図8）が表示されている。ヒストグラムは、Bモード画像に重ならないように表示されてもよいし、例えばユーザからの指示に応じて表示と非表示が切り替えられてもよい。もちろん、ヒストグラムのみが大きく表示されてもよい。

【0081】

また、速度評価部60において算出された伝搬速度 $V_s$ に関する統計値（有効な伝搬速度 $V_s$ に関する平均値、中央値、IQR、標準偏差、 $V_s N$ など）の数値が、Bモード画像上に、またはBモード画像の近傍に表示されてもよい。

【0082】

以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、上述した実施形態は、あらゆる点で単なる例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。本発明は、その本質を逸脱しない範囲で各種の変形形態を包含する。

【符号の説明】

【0083】

10 プローブ、12 送信部、14 受信部、20 画像形成部、30 変位測定部、40 ゆらぎ検出部、50 せん断波速度算出部、60 速度評価部、70 表示処理部、72 表示部、80 制御部。

【要約】

【課題】超音波を利用して計測されたせん断波の測定値を評価する改良技術を提供する。

【解決手段】速度評価部は、複数の測定値の中から棄却条件を満たす測定値を特定する。条件1では、符号がマイナス（逆方向）である伝搬速度 $V_s$ が棄却の対象とされる。条件2では、閾値範囲外である伝搬速度 $V_s$ が棄却の対象とされる。条件3では、ゆらぎが検出された各深さにおける伝搬速度 $V_s$ が棄却の対象とされる。ゆらぎが発生している領域（深さ）では、せん断波の通過に伴う位相変位の変化を特定することが困難であり、せん断波の伝搬速度 $V_s$ を測定することが難しい。仮に、ゆらぎが発生している領域（深さ）においてせん断波の伝搬速度 $V_s$ が測定できたとしても測定結果の信頼性が懸念される。そこで、ゆらぎが検出された各深さにおける伝搬速度 $V_s$ は、信頼性の低い結果であるとして、棄却の対象とされる。

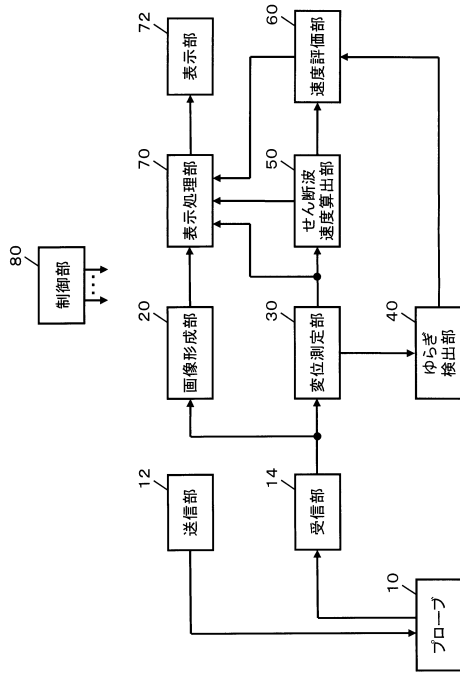
【選択図】図7

10

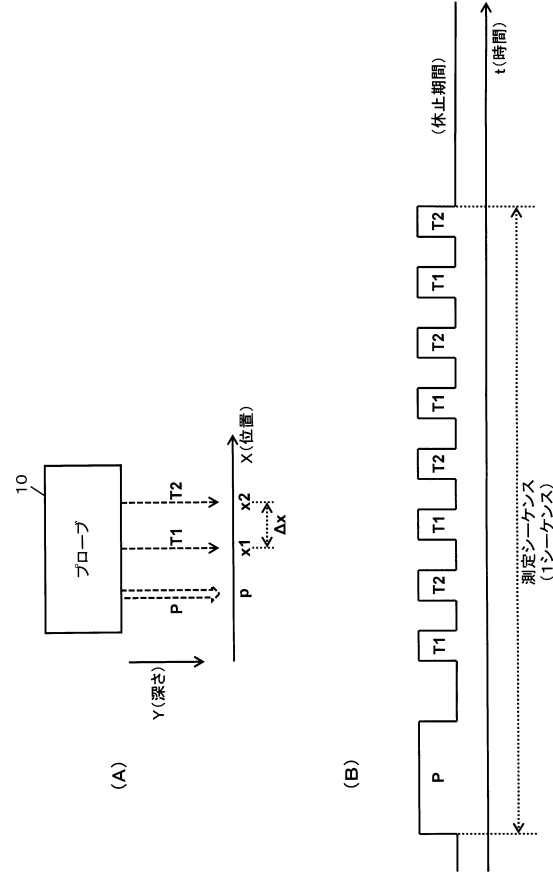
20

30

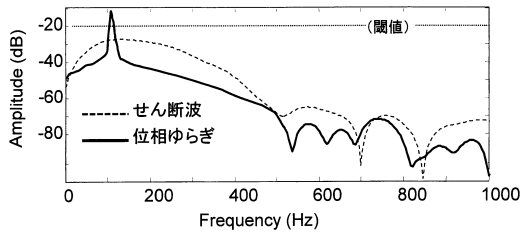
【図1】



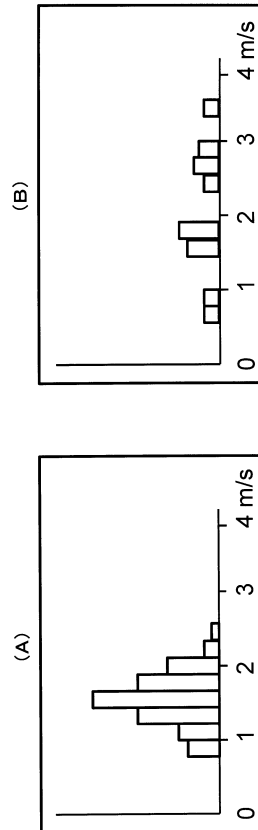
【図2】



【図5】



【図8】

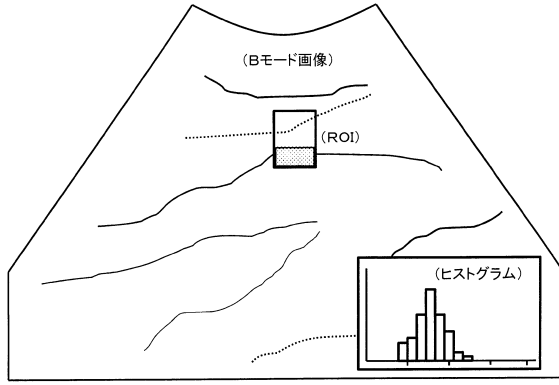


【図6】

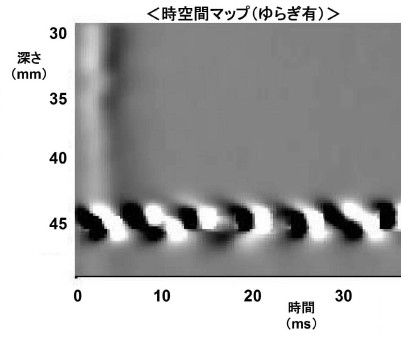
<測定セット(4測定シーケンス)>

深さ	測定シーケンス (1)	測定シーケンス (2)	測定シーケンス (3)	測定シーケンス (4)
r1	Vs(1,1)	Vs(2,1)	Vs(3,1)	Vs(4,1)
r2	Vs(1,2)	Vs(2,2)	Vs(3,2)	Vs(4,2)
r3	Vs(1,3)	Vs(2,3)	Vs(3,3)	Vs(4,3)
r4	Vs(1,4)	Vs(2,4)	Vs(3,4)	Vs(4,4)
r5	Vs(1,5)	Vs(2,5)	Vs(3,5)	Vs(4,5)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

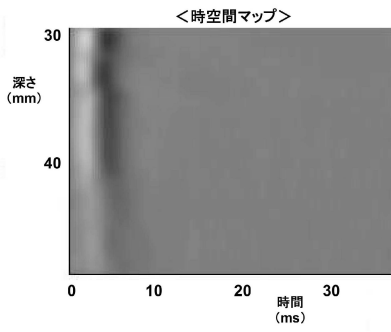
【図9】



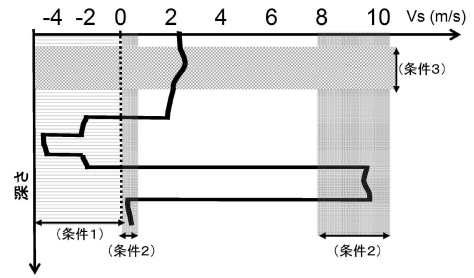
【図4】



【図3】



【図7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2015/029651(WO,A1)  
国際公開第2011/004661(WO,A1)  
特開2014-42637(JP,A)  
特開2014-260(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
A61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP5936734B1</a>	公开(公告)日	2016-06-22
申请号	JP2015048230	申请日	2015-03-11
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	日立アロカメディカル株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	日立アロカメディカル株式会社		
[标]发明人	園山輝幸 井上敬章		
发明人	園山 輝幸 井上 敬章		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/08 A61B8/4483 A61B8/461 A61B8/483 A61B8/485 A61B8/5207 A61B8/54		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/DD19 4C601/DD20 4C601/DD23 4C601/EE10 4C601/KK07 4C601/KK23 4C601/KK31		
其他公开文献	JP2016168091A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种改进的技术来评估使用超声波测量的剪切波的测量值。速度评估单元从多个测量值中识别满足拒绝条件的测量值。在条件1中，具有负号（反向）的传播速度Vs被拒绝。在条件2中，超过阈值范围的传播速度Vs被拒绝。在条件3中，拒绝检测到波动的每个深度处的传播速度Vs。在发生波动的区域（深度）中，难以识别与剪切波的通过相关的相位的变化，并且难以测量剪切波的传播速度Vs。即使可以在发生波动的区域（深度）中测量剪切波的传播速度Vs，也要考虑测量结果的可靠性。因此，因为结果具有低可靠性，所以拒绝了在检测到波动的每个深度处的传播速度Vs。[选择图]图7

(21) 出願番号	特願2015-48230 (P2015-48230)	(73) 特許権者	390029791 日立アロカメディカル株式会社 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(22) 出願日	平成27年3月11日 (2015.3.11)	(74) 代理人	110001210 特許業務法人YK1国際特許事務所
審査請求日	平成28年2月9日 (2016.2.3)	(72) 発明者	園山 輝幸 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内
		(72) 発明者	井上 敬章 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内
		審査官	宮川 哲伸