

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5294687号  
(P5294687)

(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21日 (2013.6.21)

(51) Int.Cl.

F I

**A 6 1 B** 8/08 (2006.01)  
**G O 1 S** 15/89 (2006.01)  
**G O 1 N** 29/00 (2006.01)  
**G O 1 B** 17/04 (2006.01)

A 6 1 B 8/08  
 G O 1 S 15/89 B  
 G O 1 N 29/00  
 G O 1 B 17/04

請求項の数 27 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2008-120326 (P2008-120326)  
 (22) 出願日 平成20年5月2日 (2008.5.2)  
 (65) 公開番号 特開2009-268622 (P2009-268622A)  
 (43) 公開日 平成21年11月19日 (2009.11.19)  
 審査請求日 平成23年4月27日 (2011.4.27)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100085006  
 弁理士 世良 和信  
 (74) 代理人 100100549  
 弁理士 川口 嘉之  
 (74) 代理人 100106622  
 弁理士 和久田 純一  
 (74) 代理人 100131532  
 弁理士 坂井 浩一郎  
 (74) 代理人 100125357  
 弁理士 中村 剛  
 (74) 代理人 100131392  
 弁理士 丹羽 武司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波測定装置およびその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波測定装置であって、

第1の超音波プローブと第2の超音波プローブを少なくとも含む複数の超音波プローブと、

測定対象物に加わる力もしくは測定対象物の変形量の時間変化が、増加傾向を示す増加期間であるか、または前記時間変化が減少傾向を示す減少期間であるかに関する情報を取得する情報取得部と、

前記第1及び第2の超音波プローブに、超音波を送信するための信号を入力する送信回路と、

前記第1及び第2の超音波プローブが超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路と、

演算処理部と、

出力部と、

前記送信回路と前記受信回路と前記演算処理部と前記出力部とを制御するシステム制御部と、

前記第1及び第2の超音波プローブの相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサと、

を備え、

前記第1の超音波プローブは、該第1の超音波プローブの超音波送信領域と前記第2の

10

20

超音波プローブの超音波送信領域との重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第1の受信データを生成し、

前記第2の超音波プローブは、前記重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第2の受信データを生成し、

前記演算処理部は、

前記第1の受信データの内、前記増加期間あるいは前記減少期間のいずれか一方の期間におけるデータを用いて、前記測定対象物の第1の方向に関する第1の変位関連情報を演算し、且つ

前記第2の受信データの内、前記第1の変位関連情報を演算するために用いた期間と同じ期間におけるデータを用いて、前記測定対象物の第2の方向に関する第2の変位関連情報を演算し、

前記センサから取得される情報を用いて、前記第1の方向と前記第2の方向との相対関係を取得し、

前記第1の方向と前記第2の方向の相対関係に基づいて、前記第1及び第2の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成し、

前記出力部は、前記多次元の変位関連情報を用いて前記測定対象物の情報を出力することを特徴とする超音波測定装置。

【請求項2】

前記情報取得部は、圧力センサ、速度センサ、加速度センサ、あるいは位置センサによって、前記測定対象物に加わる力もしくは前記測定対象物の変形量の時間変化を検知することを特徴とする請求項1に記載の超音波測定装置。

【請求項3】

前記情報取得部は、前記第1の受信データあるいは前記第2の受信データから、前記測定対象物の変形量の時間変化を算出することを特徴とする請求項1に記載の超音波測定装置。

【請求項4】

前記測定対象物に対して力を加える圧迫手段を有する  
請求項1から3のいずれか1項に記載の超音波測定装置。

【請求項5】

前記圧迫手段は、前記第1及び第2の超音波プローブの間、若しくは前記複数の超音波プローブの形成する多角形の内側に位置することを特徴とする請求項4に記載の超音波測定装置。

【請求項6】

前記複数の超音波プローブは治具により相対的に固定されており、且つ前記圧迫手段は前記第1及び第2の超音波プローブの中間、または前記多角形の中心若しくは重心に位置する

ことを特徴とする請求項5に記載の超音波測定装置。

【請求項7】

前記変位関連情報とは、前記測定対象物の変位、歪みあるいは弾性係数に関する情報のことである

請求項1から6のいずれか1項に記載の超音波測定装置。

【請求項8】

前記第1の超音波プローブの超音波送信領域と前記第2の超音波プローブの超音波送信領域とが前記重複箇所を有しているか否かの情報を出力する手段を有することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の超音波測定装置。

【請求項9】

前記第1の超音波プローブの超音波の音線と前記第2の超音波プローブの超音波の音線とが、互いに交差しているか否かの情報を出力する手段を有することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の超音波測定装置。

【請求項10】

10

20

30

40

50

前記システム制御部は、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブが交互に超音波を送受信するように、前記送信回路及び前記受信回路を制御することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置。

【請求項 1 1】

前記システム制御部は、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブが互いに異なる周波数の超音波を送受信するように、前記送信回路及び前記受信回路を制御することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置。

【請求項 1 2】

前記演算処理部は、前記第 1 及び第 2 の方向から構成される座標系から直交座標系へと、前記第 1 及び第 2 の変位関連情報を座標変換することにより、前記多次元の変位関連情報を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波測定装置。

【請求項 1 3】

超音波測定装置であって、

第 1 の超音波プローブと第 2 の超音波プローブを少なくとも含む複数の超音波プローブと、

前記第 1 及び第 2 の超音波プローブに、超音波を送信するための信号を入力する送信回路と、

前記第 1 及び第 2 の超音波プローブが超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路と、

演算処理部と、

出力部と、

前記第 1 及び第 2 の超音波プローブの相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサと、

を備え、

前記第 1 の超音波プローブは、該第 1 の超音波プローブの超音波送信領域と前記第 2 の超音波プローブの超音波送信領域との重複箇所に位置する測定対象物によって反射された超音波を受信して、第 1 の受信データを生成し、

前記第 2 の超音波プローブは、前記重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第 2 の受信データを生成し、

前記演算処理部は、

前記第 1 の受信データを用いて、前記測定対象物の第 1 の方向に関する第 1 の変位関連情報を演算し、且つ

前記第 2 の受信データを用いて、前記測定対象物の第 2 の方向に関する第 2 の変位関連情報を演算し、

前記センサから取得される情報を用いて、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向との相対関係を取得し、

前記第 1 の方向と前記第 2 の方向の相対関係に基づいて、前記第 1 及び第 2 の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成し、

前記出力部は、前記多次元の変位関連情報を用いて前記測定対象物の情報を出力することを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 1 4】

前記演算処理部は、

前記第 1 の受信データの内、前記測定対象物に力が加わっている期間もしくは前記測定対象物が変形している期間のデータを用いて、前記測定対象物の第 1 の方向に関する第 1 の変位関連情報を演算し、且つ

前記第 2 の受信データの内、前記測定対象物に力が加わっている期間もしくは前記測定対象物が変形している期間のデータを用いて、前記測定対象物の第 2 の方向に関する第 2 の変位関連情報を演算する

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 15】

測定対象物に加わる力もしくは測定対象物の変形量の時間変化が、増加傾向を示す増加期間であるか、または前記時間変化が減少傾向を示す減少期間であるかに関する情報を取得する情報取得部をさらに備え、

前記情報取得部は、圧力センサ、速度センサ、加速度センサ、あるいは位置センサによって、前記測定対象物に加わる力もしくは前記測定対象物の変形量の時間変化を検知することを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 16】

測定対象物に加わる力もしくは測定対象物の変形量の時間変化が、増加傾向を示す増加期間であるか、または前記時間変化が減少傾向を示す減少期間であるかに関する情報を取得する情報取得部をさらに備え、

前記情報取得部は、前記第 1 の受信データあるいは前記第 2 の受信データから、前記測定対象物の変形量の時間変化を算出することを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 17】

前記測定対象物に対して力を加える圧迫手段を有する  
請求項 13 から 16 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 18】

前記圧迫手段は、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブの間、若しくは前記複数の超音波プローブの形成する多角形の内側に位置することを特徴とする請求項 17 に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 19】

前記複数の超音波プローブは治具により相対的に固定されており、且つ前記圧迫手段は前記第 1 及び第 2 の超音波プローブの中間、または前記多角形の中心若しくは重心に位置することを特徴とする請求項 18 に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 20】

前記変位関連情報とは、前記測定対象物の変位、歪みあるいは弾性係数に関する情報のことである  
請求項 13 から 19 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 21】

前記第 1 の超音波プローブの超音波送信領域と前記第 2 の超音波プローブの超音波送信領域とが前記重複箇所を有しているか否かの情報を出力する手段を有することを特徴とする請求項 13 から 20 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 22】

前記第 1 の超音波プローブの超音波の音線と前記第 2 の超音波プローブの超音波の音線とが、互いに交差しているか否かの情報を出力する手段を有することを特徴とする請求項 13 から 20 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 23】

前記送信回路と前記受信回路と前記演算処理部と前記出力部とを制御するシステム制御部をさらに備え、

当該システム制御部は、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブが交互に超音波を送受信するように、前記送信回路及び前記受信回路を制御することを特徴とする請求項 13 から 22 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 24】

前記送信回路と前記受信回路と前記演算処理部と前記出力部とを制御するシステム制御部をさらに備え、

当該システム制御部は、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブが互いに異なる周波数の超音波を送受信するように、前記送信回路及び前記受信回路を制御することを特徴とする請求項 13 から 22 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 25】

前記演算処理部は、前記第1及び第2の方向から構成される座標系から直交座標系へと、前記第1及び第2の変位関連情報を座標変換することにより、前記多次元の変位関連情報を生成する

ことを特徴とする請求項13に記載の超音波測定装置。

## 【請求項 26】

第1の超音波プローブと第2の超音波プローブを少なくとも含む複数の超音波プローブと、測定対象物に加わる力もしくは測定対象物の変形量の時間変化が、増加傾向を示す増加期間であるか、または前記時間変化が減少傾向を示す減少期間であるかに関する情報を取得する情報取得部と、前記第1及び第2の超音波プローブに、超音波を送信するための信号を入力する送信回路と、前記第1及び第2の超音波プローブが超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路と、演算処理部と、出力部と、前記送信回路と前記受信回路と前記演算処理部と前記出力部とを制御するシステム制御部と、前記第1及び第2の超音波プローブの相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサと、を備える超音波測定装置の制御方法であって、

前記第1の超音波プローブが、該第1の超音波プローブの超音波送信領域と前記第2の超音波プローブの超音波送信領域との重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第1の受信データを生成するステップと、

前記第2の超音波プローブが、前記重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第2の受信データを生成するステップと、

前記演算処理部が、前記第1の受信データの内、前記増加期間あるいは前記減少期間のいずれか一方の期間におけるデータを用いて、前記測定対象物の第1の方向に関する第1の変位関連情報を演算するステップと、

前記演算処理部が、前記第2の受信データの内、前記第1の変位関連情報を演算するために用いた期間と同じ期間におけるデータを用いて、前記測定対象物の第2の方向に関する第2の変位関連情報を演算するステップと、

前記演算処理部が、前記センサから取得される情報を用いて、前記第1の方向と前記第2の方向との相対関係を取得するステップと、

前記演算処理部が、前記第1の方向と前記第2の方向の相対関係に基づいて、前記第1及び第2の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成するステップと、

前記出力部が、前記多次元の変位関連情報を用いて前記測定対象物の情報を出力するステップと、

を有することを特徴とする超音波測定装置の制御方法。

## 【請求項 27】

第1の超音波プローブと第2の超音波プローブを少なくとも含む複数の超音波プローブと、前記第1及び第2の超音波プローブに、超音波を送信するための信号を入力する送信回路と、前記第1及び第2の超音波プローブが超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路と、演算処理部と、出力部と、前記第1及び第2の超音波プローブの相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサと、を備える超音波測定装置の制御方法であって、

前記第1の超音波プローブが、該第1の超音波プローブの超音波送信領域と前記第2の超音波プローブの超音波送信領域との重複箇所に位置する測定対象物によって反射された超音波を受信して、第1の受信データを生成するステップと、

前記第2の超音波プローブが、前記重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第2の受信データを生成するステップと、

前記演算処理部が、前記第1の受信データを用いて、前記測定対象物の第1の方向に関する第1の変位関連情報を演算するステップと、

前記演算処理部が、前記第2の受信データを用いて、前記測定対象物の第2の方向に関する第2の変位関連情報を演算するステップと、

前記演算処理部が、前記センサから取得される情報を用いて、前記第1の方向と前記第

2の方向との相対関係を取得するステップと、

前記演算処理部が、前記第1の方向と前記第2の方向の相対関係に基づいて、前記第1及び第2の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成するステップと、

前記出力部が、前記多次元の変位関連情報を用いて前記測定対象物の情報を出力するステップと、

を有することを特徴とする超音波測定装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて測定対象物の断層像若しくは三次元像を取得する超音波測定装置およびその制御方法に関し、特に、試料の歪特性や弾性特性を取得する超音波測定装置およびその制御方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来一般的な超音波を用いて断層像を得る装置は、超音波を測定対象物（試料）に送信する送信部と、反射波を受信する受信部と、送受信波を走査するための走査手段と、受信した反射信号を輝度信号に変換、可視化するための手段によって構成されている。そして、これらの手段により取得された時系列断層画像を用いて試料の内部を観察することが行われている。また、上記装置の一つの形態においては、上記走査手段によって超音波を上下左右に走査し三次元像を得ることも行われている。

20

【0003】

最近では、試料の表面を圧迫することによって人為的に試料内部に歪を生じさせ、超音波信号の処理によって歪を計測する方法や、ヤング率等の弾性係数を画像化する方法も検討されてきている。

【0004】

特許文献1においては、試料を縦方向に圧迫し各点の相対位置変化を測定することによって試料の弾性特性を測定することが記載されている。また、弾性体である試料が自ら動きを持つ場合には、上記圧迫動作を行うことなく超音波信号の処理のみによって歪を計測することが可能となっている。

【0005】

30

また、特許文献2には、心筋の厚み変動を心臓壁の2点の相対位置変動に基づいて計測する方法が開示されている。

【特許文献1】米国特許第5,178,147号明細書

【特許文献2】特開平9-313486号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前記特許文献1及び2において開示されている技術の共通する点は、一つの超音波プローブによって得られた超音波信号を演算することにより試料内各点の位置ずれ量（変位）を測定していることである。そして、前述の文献によれば、試料の圧迫及び超音波信号の測定は一方向に関してのみ行われている。

40

【0007】

試料の変位や歪が、圧迫方向（例えば、超音波の送受信方向）にのみ生ずる場合には、前述のように一つの超音波プローブによる測定で精度の高い情報が得られるが、実際には、試料は圧迫方向と異なる方向にも変位したり、歪む場合が多い。

【0008】

従って、上記従来例を用いて圧迫方向と異なる方向にも歪む試料を測定した場合等には、当該試料の変位や歪みに関して十分な情報が得られていなかった。

【0009】

そこで、本発明は、測定対象物に関して、一方向の変位や歪みに関する情報のみならず

50

、複数方向の歪みに関する情報を出力することのできる超音波測定装置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】

【0010】

上記目的を達成するために本発明は、以下の構成を採用する。

【0011】

本発明は、以下の構成を採用する。すなわち、

超音波測定装置であって、

第1の超音波プローブと第2の超音波プローブを少なくとも含む複数の超音波プローブと、

10

測定対象物に加わる力もしくは測定対象物の変形量の時間変化が、増加傾向を示す増加期間であるか、または前記時間変化が減少傾向を示す減少期間であるかに関する情報を取得する情報取得部と、

前記第1及び第2の超音波プローブに、超音波を送信するための信号を入力する送信回路と、

前記第1及び第2の超音波プローブが超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路と、

演算処理部と、

出力部と、

前記送信回路と前記受信回路と前記演算処理部と前記出力部とを制御するシステム制御部と、

20

前記第1及び第2の超音波プローブの相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサと、

を備え、

前記第1の超音波プローブは、該第1の超音波プローブの超音波送信領域と前記第2の超音波プローブの超音波送信領域との重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第1の受信データを生成し、

前記第2の超音波プローブは、前記重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第2の受信データを生成し、

前記演算処理部は、

30

前記第1の受信データの内、前記増加期間あるいは前記減少期間のいずれか一方の期間におけるデータを用いて、前記測定対象物の第1の方向に関する第1の変位関連情報を演算し、且つ

前記第2の受信データの内、前記第1の変位関連情報を演算するために用いた期間と同じ期間におけるデータを用いて、前記測定対象物の第2の方向に関する第2の変位関連情報を演算し、

前記センサから取得される情報を用いて、前記第1の方向と前記第2の方向との相対関係を取得し、

前記第1の方向と前記第2の方向の相対関係に基づいて、前記第1及び第2の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成し、

40

前記出力部は、前記多次元の変位関連情報を用いて前記測定対象物の情報を出力することを特徴とする超音波測定装置である。

本発明はまた、以下の構成を採用する。すなわち、

超音波測定装置であって、

第1の超音波プローブと第2の超音波プローブを少なくとも含む複数の超音波プローブと、

前記第1及び第2の超音波プローブに、超音波を送信するための信号を入力する送信回路と、

前記第1及び第2の超音波プローブが超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路と、

50

演算処理部と、  
出力部と、  
前記第 1 及び第 2 の超音波プローブの相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサと、  
を備え、  
前記第 1 の超音波プローブは、該第 1 の超音波プローブの超音波送信領域と前記第 2 の超音波プローブの超音波送信領域との重複箇所に位置する測定対象物によって反射された超音波を受信して、第 1 の受信データを生成し、  
前記第 2 の超音波プローブは、前記重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第 2 の受信データを生成し、  
前記演算処理部は、  
前記第 1 の受信データを用いて、前記測定対象物の第 1 の方向に関する第 1 の変位関連情報を演算し、且つ  
前記第 2 の受信データを用いて、前記測定対象物の第 2 の方向に関する第 2 の変位関連情報を演算し、  
前記センサから取得される情報を用いて、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向との相対関係を取得し、  
前記第 1 の方向と前記第 2 の方向の相対関係に基づいて、前記第 1 及び第 2 の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成し、  
前記出力部は、前記多次元の変位関連情報を用いて前記測定対象物の情報を出力することを特徴とする超音波測定装置である。  
本発明はまた、以下の構成を採用する。すなわち、  
第 1 の超音波プローブと第 2 の超音波プローブを少なくとも含む複数の超音波プローブと、測定対象物に加わる力もしくは測定対象物の変形量の時間変化が、増加傾向を示す増加期間であるか、または前記時間変化が減少傾向を示す減少期間であるかに関する情報を取得する情報取得部と、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブに、超音波を送信するための信号を入力する送信回路と、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブが超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路と、演算処理部と、出力部と、前記送信回路と前記受信回路と前記演算処理部と前記出力部とを制御するシステム制御部と、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブの相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサと、を備える超音波測定装置の制御方法であって、  
前記第 1 の超音波プローブが、該第 1 の超音波プローブの超音波送信領域と前記第 2 の超音波プローブの超音波送信領域との重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第 1 の受信データを生成するステップと、  
前記第 2 の超音波プローブが、前記重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第 2 の受信データを生成するステップと、  
前記演算処理部が、前記第 1 の受信データの内、前記増加期間あるいは前記減少期間のいずれか一方の期間におけるデータを用いて、前記測定対象物の第 1 の方向に関する第 1 の変位関連情報を演算するステップと、  
前記演算処理部が、前記第 2 の受信データの内、前記第 1 の変位関連情報を演算するために用いた期間と同じ期間におけるデータを用いて、前記測定対象物の第 2 の方向に関する第 2 の変位関連情報を演算するステップと、  
前記演算処理部が、前記センサから取得される情報を用いて、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向との相対関係を取得するステップと、  
前記演算処理部が、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向の相対関係に基づいて、前記第 1 及び第 2 の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成するステップと、  
前記出力部が、前記多次元の変位関連情報を用いて前記測定対象物の情報を出力するステップと、  
を有することを特徴とする超音波測定装置の制御方法である。  
本発明はまた、以下の構成を採用する。すなわち、

10

20

30

40

50



第 1 の超音波プローブと第 2 の超音波プローブを少なくとも含む複数の超音波プローブと、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブに、超音波を送信するための信号を入力する送信回路と、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブが超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路と、演算処理部と、出力部と、前記第 1 及び第 2 の超音波プローブの相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサと、を備える超音波測定装置の制御方法であって、

前記第 1 の超音波プローブが、該第 1 の超音波プローブの超音波送信領域と前記第 2 の超音波プローブの超音波送信領域との重複箇所に位置する測定対象物によって反射された超音波を受信して、第 1 の受信データを生成するステップと、

前記第 2 の超音波プローブが、前記重複箇所に位置する前記測定対象物によって反射された超音波を受信して、第 2 の受信データを生成するステップと、

前記演算処理部が、前記第 1 の受信データを用いて、前記測定対象物の第 1 の方向に関する第 1 の変位関連情報を演算するステップと、

前記演算処理部が、前記第 2 の受信データを用いて、前記測定対象物の第 2 の方向に関する第 2 の変位関連情報を演算するステップと、

前記演算処理部が、前記センサから取得される情報を用いて、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向との相対関係を取得するステップと、

前記演算処理部が、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向の相対関係に基づいて、前記第 1 及び第 2 の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成するステップと、

前記出力部が、前記多次元の変位関連情報を用いて前記測定対象物の情報を出力するステップと、

を有することを特徴とする超音波測定装置の制御方法である。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、複数方向の変位や歪みに関する情報を出力することのできる超音波測定装置が提供される。

【0013】

特に、本発明は、第 1 及び第 2 の変位関連情報を共に増加期間のデータ（あるいは共に減少期間のデータ）から算出するため、測定対象物の弾性特性をより正確に反映した情報を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

まず、本発明の実施形態を説明するに際して、使用単語を定義する。

【0015】

「変位関連情報」とは、測定対象物の変位（位置の変化）そのもの、あるいは変位から算出される情報であり、「変位から算出される情報」には、たとえば、測定対象物の歪み、弾性係数、硬さ（柔らかさ）などが含まれる。これらの変位関連情報は、測定対象物の硬さ（変形しにくさ）に依存する量ということもできる。

【0016】

次に、本発明の実施形態に係る超音波測定装置を図面を用いて説明する。

【0017】

本実施形態では超音波測定装置の一例として、医用超音波診断装置の例を示しているが、本発明は、医用超音波診断装置に限らず、弾性体計測のための探傷用装置などのその他の装置にも適用できることはいうまでもない。

【0018】

図 1 は、本実施形態に係る超音波測定装置 1000 を説明するための模式図である。

【0019】

1010 は第 1 の超音波プローブであり、1020 は第 2 の超音波プローブである。各超音波プローブは複数の振動子を含み構成される。1015 は第 1 の超音波プローブ 1010 の超音波送信領域を示し、1011 は第 1 の超音波プローブ 1010 の超音波の音線

10

20

30

40

50

方向を示している。また、1025は第2の超音波プローブ1020の超音波送信領域を示し、1021は第2の超音波プローブ1020の超音波の音線方向を示している。図1の例では、音線が交差し、且つ超音波送信領域1015と1025とが一部で重複するように、第1及び第2の超音波プローブ1010、1020が配置されている。超音波測定装置1000は、超音波送信領域1015と1025の重複箇所に位置する測定対象物1089（たとえば、腫瘍、しこり、臓器など）について、変位関連情報を測定することができる。

#### 【0020】

1040は、測定対象物1089に加わる力あるいは測定対象物の変形量の時間変化が増加傾向を示す増加期間であるか、あるいは前記時間変化が減少傾向を示す減少期間であるかに関する情報を取得する情報取得部である。

10

#### 【0021】

図2は、情報取得部が出力する情報（信号）の一例を示している。図2の縦軸は測定対象物に加わる力もしくは測定対象物の変形量を示し、横軸は時間を示している。なお、測定対象物の変形量は、測定対象物上に設定された点（たとえば重心、端点など）や境界線の変位量として捉えてもよいし、測定対象物の高さや幅の変化量として捉えることもできる。図2における $t_0$ から $t_1$ が増加期間、 $t_1$ から $t_2$ が減少期間、 $t_2$ から $t_3$ が増加期間である。変位関連情報を測定する際は、超音波プローブあるいは別途設けられた圧迫手段によって、人体1099の外側から測定対象物1089に対し間接的に周期的な力を加えることで、測定対象物1089を周期的に変形させる。ただし、心臓の心筋運動などのように外部からの加圧力が無くても周期的な変形をしている物を測定する場合には、外部から力を加える必要はない。

20

#### 【0022】

1060は、第1及び第2の超音波プローブ1010、1020に、超音波を送信するための信号を入力する送信回路である。1090は、第1及び第2の超音波プローブ1010、1020が超音波を受信することにより生成する信号を受信する受信回路である。受信回路1090は、超音波プローブで受信した反射信号を増幅し、各素子の信号に対して適当な遅延量制御を行った後、整相加算を行う。1050は、後述する演算処理を行なうための演算処理部である。1080は、演算処理部1050により得られた情報を出力するための出力部であり、例えばディスプレイである。1070は、送信回路1060と受信回路1090と演算処理部1050と出力部1080とを制御するためのシステム制御部である。システム制御部1070は、例えば送信回路1060と受信回路1090の送受信タイミングの制御や送受信周波数の制御を行うものである。

30

#### 【0023】

第1の超音波プローブ1010は、超音波送信領域1015、1025の重複箇所に位置する測定対象物1089によって反射された超音波を受信して、第1の受信データを生成する。また、第2の超音波プローブ1020は、測定対象物1089によって反射された超音波を受信して、第2の受信データを生成する。第1及び第2の受信データは演算処理部1050にそれぞれ入力される。

#### 【0024】

40

演算処理部1050は、前記第1の受信データの内、増加期間あるいは減少期間のいずれか一方の期間におけるデータを用いて、測定対象物1089の第1の方向に関する第1の変位関連情報を演算する。更に、演算処理部1050は、第2の受信データの内、第1の変位関連情報を演算するために用いた期間と同じ期間におけるデータを用いて、測定対象物1089の第2の方向に関する第2の変位関連情報を演算する。たとえば、演算処理部1050は、図2の $t_0$ から $t_1$ の増加期間において得られた受信データを用いて第1の変位関連情報を演算したら、第2の変位関連情報も $t_0$ から $t_1$ の増加期間において得られた受信データから演算するのである。具体的には、時刻 $t_0$ から $t_1$ の範囲内の互いに異なる時刻に受信した受信データから変位を求めることができる。そして、必要に応じて、変位から歪みを求めたり、当該測定対象物に加わる力が分かれば弾性係数を求めるこ

50

ともできる。ここで、第1の方向は、第1の超音波プローブ1010から発信される超音波の進行方向であり、典型的には音線方向1011に一致する。また、第2の方向は、第2超音波プローブ1020から発信される超音波の進行方向であり、典型的には音線方向1021に一致する。なお、前記第1及び第2の変位関連情報は互いに共通する傾向を示す期間内同士で求めることができる。つまり、「第1の変位関連情報を演算するために用いた期間と同じ期間におけるデータ」には、前記第1の変位関連情報を時刻 $t_0$ から $t_1$ の範囲で求めて、前記第2の変位関連情報を時刻 $t_0$ から $t_1$ に含まれる期間の一部のデータを用いて取得する場合をも含む。また、増加期間と減少期間との境界に位置する時刻は、両方の期間に含まれるものとする。

#### 【0025】

そして、出力部1090は、前記第1及び第2の変位関連情報を用いて測定対象物1089の情報を出力する。具体的には、出力部1090は、第1及び第2の変位関連情報を同時に出力することもできるし、選択的に一方の変位関連情報のみを出力することもできる。さらに、出力部1090は、第1及び第2の変位関連情報に基づき生成した多次元の変位関連情報を出力することもできる。変位関連情報は、数値データの形式で出力することもできるし、画像情報の形式で出力することも可能である。また、出力部1090は、変位関連情報を、受信データから生成された超音波断層像（Bモード像など）に合成（オーバーラップ）表示することができる。たとえば、超音波断層像中の測定対象物1089の該当位置に数値データを表示したり、変位、歪み、弾性係数などの数値の大きさを擬似色で表した超音波断層像を表示したりすることができる。このような出力結果により、人体1099の内部にある測定対象物1089（腫瘍など）の歪特性や弾性特性を容易に検査でき、診断に役立てることができる。

#### 【0026】

第1の超音波プローブ1010の送受信と第2の超音波プローブ1020の送受信が異なるタイミングで行われる場合、厳密には異なる時刻に受信した第1及び第2の受信データを用いざるを得ない。このような場合に、本実施形態では、増加期間に得られた受信データと減少期間に得られた受信データとを混在して用いることを禁止し、必ず同じ（もしくは同じ種類の）期間において得られた受信データから変位関連情報を演算する。これにより、測定対象物1089の変形状態や挙動が共通する受信データから各方向の変位を算出することができ、極めて有用性の高い、高精度な歪情報及び弾性パラメータ情報が得られる。

#### 【0027】

なお、不図示の治具で予め第1及び第2の超音波プローブが固定され、両者の位置関係（プローブの相対位置と向き）が分かっている場合には、特定の二方向に関する歪み情報が得られることになる。勿論、超音波プローブが治具により固定されていない場合であっても、例えばそれぞれの超音波プローブに、その位置や向きに関する情報を出力するセンサを備えさせておけば、当該センサからの情報を用いて、所定方向に関する歪み情報に変換することができる。詳細は後述する。

#### 【0028】

なお、増加期間の受信データのみを用いる場合に、各プローブからの超音波の送信は以下のように行うことが可能である。i) 増加期間か減少期間かにかかわらず、常時、超音波信号の送信及び受信を行う。そして、演算処理部1050が増加期間の受信データのみを処理の対象として抽出する。ii) 増加期間か減少期間かにかかわらず、常時、超音波信号は送信する。ただし、受信は、前記第1及び第2の超音波プローブ共に、増加期間でしか行わない。iii) 増加期間においてしか、第1及び第2の超音波プローブによる超音波信号の送信及び受信を行わない。なお、減少期間の受信データのみを用いる場合についても、同様に考えることができる。勿論、本発明は、これらi)、ii)、iii)に記載した超音波信号の送受制御に限定されるものではない。

#### 【0029】

（第1及び第2の超音波プローブ）

本発明においては、2以上の複数の超音波プローブを備えていれば良く、使用する周波数帯域としては、例えば1MHzから15MHzである。

【0030】

超音波プローブ同士が治具などで相対的に固定されている構成では、プローブ同士の相対的な位置関係情報（相対位置とプローブの向きに関する情報）は、予めわかっている。ただし、プローブの配置に関して高い自由度を確保するという点からは、プローブにセンサを設けておき、当該センサからの情報を用いて前述の位置関係情報を取得することが望ましい。ここでいうセンサには、6軸方向の情報を取得できる磁気センサや光学センサやエンコーダなどが含まれる。特に、センサの精度は1mm以下であることが好ましい。

【0031】

また、超音波プローブ同士が治具により固定されていない場合は、両者の測定領域（図1の1015, 1025）や音線方向が交差していることを前述のセンサを用いて確認したりすることは望ましい形態である。

【0032】

超音波プローブ同士を治具により固定する場合には、複数のプローブは各々、n回対称（nは2以上の整数）な位置に配置されているのがよい。非対称配置はプローブの位置精度に対する非対称性を招き、誤差論上不利だからである。

【0033】

また、複数のプローブの相対位置は、例えば10mm以上（400mm以下）離れているように固定しておくことも望ましい形態である。相対位置が近すぎると精度上の問題が生じるためである。また複数のプローブを用いる効果が薄れるからである。

【0034】

これらの超音波プローブを用いることにより、同定された方向に関する測定対象の変位情報、歪み情報の取得が可能となる。なお、測定対象に対して加える圧力の情報を用いれば、変位情報と圧力情報とから弾性係数に関する情報の取得も可能である。

【0035】

複数の超音波プローブを使用する超音波測定装置においては、受信時の混信などを防ぐために、それぞれのプローブから出力される超音波の周波数を異ならせておくこともできる。受信信号から周波数分離により、いずれのプローブから出力された超音波により生じた信号であるかを同定できれば、誤った信号処理が回避できるからである。このように互いに異なる周波数で超音波の送受を行うことは、予め設定しておいてもよい。あるいはシステム制御部1070が、第1及び第2の超音波プローブが互いに異なる周波数の超音波を送受信するように、送信回路1060及び受信回路1090を制御することもできる。

【0036】

また、受信時の混信は、プローブ同士の超音波送信領域が重複している場合に生じると考えられ、当該混信回避の為に、超音波プローブによる超音波の送受信を図10に示すように、交互に行うことが考えられる。一方、それぞれのプローブで取得された受信信号を元に測定対象物の断層像を生成し表示している場合には、複数のプローブ間の信号の送受を図10のように交互に行うと、必然的にフレームレートを落とさざるを得ず、滑らかな画像表示が難しい。そのため、複数の超音波プローブを使って多次元の歪みに関する情報を取得する時、即ち、プローブ同士の測定領域を重複させて信号の送受を行う際に、選択的に図10のようにプローブ間で交互の信号送受を行う構成にすることも可能である。そして、多次元の歪みに関する情報を取得する必要が無い場合や、プローブ同士の超音波送信領域が重複していない場合には、フレームレートを高めるべく、一つのプローブのみで、フレームレートの高い画像情報を取得することができる。具体的なフローを図11に示す。まず、第1の及び第2の超音波プローブの相対位置と向きに関する情報を取得する（S1）。そして、第1及び第2の超音波プローブの送信領域を入力し（S2）、互いの超音波送信領域が重複しているか否かを判断する（S3）。重複している場合には（S3；YES）、2本のプローブを送信タイミングをずらして用いる（S4）。一方、重複していない場合には（S3；NO）、2本のプローブの一方を用いて送受信する（S5）。

10

20

30

40

50

各プローブによる超音波の送信タイミングは、システム制御部 1070 によって制御可能である。

#### 【0037】

演算処理部 1050 が、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向の相対関係に基づいて、前記第 1 及び第 2 の変位関連情報から多次元の変位関連情報を生成し、出力部 1080 に出力することができる。前述のように第 1 及び第 2 の超音波プローブ 1010、1020 の相対的な位置と向きに関する情報を取得するセンサを備えている場合、演算処理部 1050 は、該センサから取得される情報を用いて、第 1 の方向と第 2 の方向との相対関係を取得できる。演算処理部 1050 は、前記第 1 及び第 2 の方向から構成される座標系（斜行座標系）から直交座標系へと、第 1 及び第 2 の変位関連情報を座標変換することにより、多次元の変位関連情報を生成することができる。なお、第 1 及び第 2 の超音波プローブが、後述する実施例のように、プローブの位置と向きに関する情報を出力するためのセンサを備えていることは好ましい形態である。

10

#### 【0038】

なお、第 1 の超音波プローブ 1010 の超音波送信領域 1015 と第 2 の超音波プローブ 1020 の超音波送信領域 1025 とが重複箇所を有しているか否かの情報を出力する手段（例えば、画面表示や通知音である）を有することも好ましい形態である。また、第 1 の超音波プローブ 1010 の超音波の音線 1011 と第 2 の超音波プローブ 1020 の超音波の音線 1021 とが、互いに交差しているか否かの情報を出力する手段（例えば、画面表示や通知音である）を有することも好ましい形態である。このような情報を出力することで、プローブの位置や向きが、多次元の変位関連情報を測定するのに適切か否かを操作者に知らせることができ、操作性の向上を図ることができる。なお、超音波送信領域が重複しているか否か、及び、音線が交差しているか否かは、演算処理部 1050 が、プローブの位置と向きに関する情報に基づいて判定することができる。

20

#### 【0039】

##### （情報取得部）

情報取得部 1040 は、圧力センサ、速度センサ、加速度センサ、あるいは位置センサで構成可能である。たとえばプローブ（あるいは圧迫手段）に圧力センサを設けることで、プローブ等が人体 1099 を押圧する力を検知することができるため、測定対象物 1089 に加わる力の時間変化を間接的に検知可能となる。同様に、プローブ等に速度センサ、加速度センサ、位置センサなどを設けることで、プローブ等の変位を検知でき、測定対象物 1089 の変形量の時間変化を間接的に検知することができる。

30

#### 【0040】

なお、情報取得部は、第 1 の受信データあるいは第 2 の受信データから、測定対象物の変形量の時間変化を算出することも可能である。すなわち、異なる時刻の受信データを解析することにより、測定対象物の変位量（変形量）を取得することができる。あるいは、受信データから生成された画像情報（エコー像）を解析してもよい。たとえば、時系列画像の差分をとることで、測定対象物の変位量（変形量）を求めることができる。このように受信データに基づき増加期間か減少期間かを判断する場合、情報取得部は、演算処理部 1050 の一機能として実現される。

40

#### 【0041】

##### （圧迫手段）

測定対象物 1089 に対して力を加える為の圧迫手段を、第 1 及び第 2 の超音波プローブ 1010、1020 とは別に設けることができる。勿論、圧迫手段として、第 1 及び第 2 の超音波プローブ 1010、1020 の一方あるいは両方を利用することもできる。

#### 【0042】

圧迫手段を前記超音波プローブとは別に設ける場合には、第 1 及び第 2 の超音波プローブ 1010、1020 の間に配置することができる。3 つ以上の超音波プローブを用いる場合には、それらの超音波プローブの形成する多角形の内側に圧迫手段を配置することが好ましい形態である。斯かる配置は、圧迫による各プローブの測定変位量がほぼ等しくな

50

り、測定精度を向上させる効果がある。

【 0 0 4 3 】

また、複数の超音波プローブが治具により相対的に固定されている場合には、前記圧迫手段は前記第 1 及び第 2 の超音波プローブの中間、または上記 3 つ以上の超音波プローブで構成される多角形の中心若しくは重心に配置することができる。勿論、圧迫手段は、複数具備されていてもよい。

【 0 0 4 4 】

次に、具体的な実施例を詳細に説明する。

【 0 0 4 5 】

( 実施例 1 )

以下、実施例 1 では試料（測定対象物）を圧迫することによって試料の弾性特性を計測する方法について説明する。

【 0 0 4 6 】

図 3 は実施例 1 の超音波測定装置の概略図である。図 3 を使用し信号の流れを以下説明する。超音波測定装置は、複数の超音波プローブ 1 a、1 b、1 c、送信回路系 6、受信回路系 7、プローブ位置処理系 8、断層信号処理系 9、変位信号処理系 1 0、画像処理系 1 1、画像表示装置 1 2、システム制御部 1 3、圧迫データ処理部 1 7 を備える。なお、図 3 における変位信号処理系 1 0 が、上述の実施形態における演算処理部に該当する。

【 0 0 4 7 】

図 3 において、システム制御部 1 3 によって送信回路系 6 に超音波送信の命令が転送され、送信回路系 6 から超音波プローブ 1 a、1 b、1 c に超音波信号が送信される。超音波プローブ 1 a、1 b、1 c は試料 2 に超音波を照射し、反射した超音波を受信する。この際、超音波プローブ 1 a、1 b、1 c それぞれの 6 軸位置は各超音波プローブ 1 a、1 b、1 c に取り付けられた位置センサ 5 a、5 b、5 c によって随時検出されている。受信された超音波信号及び超音波プローブ位置信号はそれぞれ受信回路系 7、プローブ位置処理系 8 によって処理される。また、プローブ位置処理系 8 によって処理された各プローブ位置は受信回路系 7 に入力され、超音波信号の補正に使用される。さらに、プローブ 1 a には圧力センサ 1 6 が取付けられており、プローブ 1 a に加えられる力の状態をモニタできるようになっている。この圧力センサ 1 6 と圧迫データ処理部 1 7 が、上述した実施形態の情報取得部に該当する。

【 0 0 4 8 】

次に受信信号は断層信号処理系 9 及び変位信号処理系 1 0 に入力され、断層信号生成処理、変位信号処理がなされる。断層信号処理系 9 は、得られた超音波信号を包絡線検波し、その強度を輝度信号として画像処理系 1 1 に入力する。変位信号処理系 1 0 は試料中の各点に対応する超音波信号の時間変動を変位信号として演算処理し、輝度信号もしくは色信号として画像処理系 1 1 に入力する。これら処理結果は画像処理系 1 1 に入力され画像表示装置 1 2 によって断層信号及び変位信号が表示される。

【 0 0 4 9 】

次に試料の弾性特性を計測するプロセス及び変位信号処理系 1 0 の処理プロセスについて説明する。図 4 は本実施例にかかる超音波測定装置のプローブ部分を拡大した図である。本実施例の超音波測定装置は、3 つのプローブ 1 a、1 b、1 c を有しており、これらプローブより試料 2 に超音波の照射を行っている。試料の弾性特性の計測は、試料に歪を生じさせることによって実現される。本実施例においては、プローブ 1 a により試料を圧迫し、圧迫前及び圧迫後の試料中各点の移動を測定することによって試料の変位や歪を演算する。さらに圧力センサ 1 6 によって測定された圧力を圧迫データ処理部 1 7 によって解析することによって、加えられた圧力が増加傾向にあるか減少傾向にあるかを判別している。

【 0 0 5 0 】

試料中各点の歪量は、3 本の超音波プローブ 1 a、1 b、1 c によって取得された試料からの反射超音波信号を処理することによって求めることができる。信号処理の概念を図

10

20

30

40

50

5を用いて説明する。図5では圧迫動作前後の試料の動きと、各々の超音波信号を示している。試料中に2aの如く周囲と音響インピーダンス、弾性パラメータの異なる物質が存在する場合、超音波プローブ1aによって得られる信号は15aの如く物質界面にて強い反射信号を伴う。試料圧迫前と圧迫後に其々の超音波信号15a、15bを取得すると、界面間の距離 $L$ 、 $L'$ を測定することができる。従って超音波プローブ1aによって得られる歪量は $(L - L')$ のように求めることができる。同様にプローブ1b、1cについても同様の演算によって各軸方向の歪を求めることができる。

#### 【0051】

実際の信号処理においては信号の位相変化もしくは得られた画像の処理によって歪量を演算するが、本実施例では信号処理方法としては自己相関法と呼ばれる方法を用いて説明する。空間相関法もしくはその他の演算処理を用いてもほぼ同様の結果を得ることができる。自己相関法は異なる二つの時間における超音波信号の位相差を計測するものであり、特開平5-161647号公報によれば下記の原理による。

#### 【0052】

散乱体から反射してくる超音波受信信号 $S_1(t)$ は、次の(1)式で表される。ここに、 $A_1(t)$ は振幅、 $\phi_1(t)$ は位相、 $\omega_0$ は送信信号の角周波数を示す。

$$S_1(t) = A_1(t) \exp[-j(\omega_0 t + \phi_1(t))] \quad \dots (1)$$

#### 【0053】

散乱媒質全体が $x$ だけ変位したときの受信信号を $S_2(t)$ とすると、これは次の(2)式で表される。

$$S_2(t) = S_1(t - t) = A_1(t - t) \exp[-j(\omega_0 \cdot (t - t) + \phi_1(t - t))] \quad \dots (2)$$

#### 【0054】

ここで、 $t$ は散乱媒質が $x$ だけ変位したときの伝搬時間差(変位時間)であり、次の(3)式で表される。ただし、 $c$ は音速である。

$$t = 2 \cdot x / c \quad \dots (3)$$

#### 【0055】

この受信信号 $S_1(t)$ 、 $S_2(t)$ を角周波数 $\omega_0$ で直交検波した出力をそれぞれ $I_1(t)$ 、 $Q_1(t)$ 、 $I_2(t)$ 、 $Q_2(t)$ とすると、位相 $\phi_1(t)$ 、 $\phi_2(t)$ は次の(4)、(5)式で与えられる。

$$\begin{aligned} \phi_1(t) &= \phi_1(t) \\ &= \tan^{-1}(Q_1(t) / I_1(t)) \quad \dots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_2(t) &= \phi_1(t - t) + \omega_0 t \\ &= \tan^{-1}(Q_2(t) / I_2(t)) \quad \dots (5) \end{aligned}$$

#### 【0056】

従って、変位前後の両者の位相差は、次の(6)式で与えられる。

$$\begin{aligned} &= \phi_2(t) - \phi_1(t) \\ &= \phi_1(t - t) - \phi_1(t) + \omega_0 t \\ &= \tan^{-1}(Q_1(t) / I_1(t)) \\ &\quad - \tan^{-1}(Q_2(t) / I_2(t)) \quad \dots (6) \end{aligned}$$

## 【 0 0 5 7 】

ここで、 $\gamma_1(t - t_0)$  は  $\gamma_1(t)$  にほぼ等しいことから、( 6 ) 式は次の ( 7 ) 式となる。

$$\begin{aligned} x &= (c/2 \quad 0) \\ &= (c/2 \quad 0) \{ \tan^{-1}(Q_1(t)/I_1(t)) - \tan^{-1}(Q_2(t)/I_2(t)) \} \quad \dots (7) \end{aligned}$$

## 【 0 0 5 8 】

10

従って、変位量  $x$  は超音波信号を ( 7 ) 式を用いた処理を行うことによって容易に求められる。

## 【 0 0 5 9 】

次に試料中各点の移動より歪量を求める方法について説明する。圧迫による試料中各点の移動は 3 本の超音波プローブ 1 a , 1 b , 1 c によって計測される。図 6 は図 4 における、超音波プローブ面と各プローブの視野及びある計測点を模式的に示したものである。超音波プローブ 1 a , 1 b , 1 c の各プローブ面を 3 a , 3 b , 3 c 、一つの計測点を 4 a とする。各超音波プローブ面から試料中の 1 点に向かう音線によって形成される座標系は斜交座標系であり、各プローブによって計測される点の三次元的な移動は上記 ( 1 ) ~ ( 7 ) 式の演算を用いて斜交座標系上の射影として記録される。ここで、各プローブの相

20

## 【 0 0 6 0 】

従って本実施例によれば、試料中各点の移動を 3 次元的に計測することができ、それに伴い歪量  $S$  も以下の式にて求めることができる。

## 【 数 1 】

$$S = \begin{bmatrix} \partial/\partial x & 0 & 0 \\ 0 & \partial/\partial y & 0 \\ 0 & 0 & \partial/\partial z \\ 0 & \partial/\partial z & \partial/\partial y \\ \partial/\partial z & 0 & \partial/\partial x \\ \partial/\partial y & \partial/\partial x & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

30

$u_x$  ,  $u_y$  ,  $u_z$  は試料中各点の変位量を示す。つまり式 ( 8 ) の処理を試料中の必要な領域に対して行うことによって、領域の歪量分布を精確に知ることが可能となる。

40

## 【 0 0 6 1 】

試料の弾性係数分布は下式の通り試料内部の歪分布と応力分布から求められる。

$$T = C : S \quad \dots (9)$$

## 【 0 0 6 2 】

しかしながら試料内部の応力分布  $T$  を直接計測することは現状では困難である為、歪分布と試料圧縮の際の境界条件から逆問題的に弾性係数分布を計算することとなる。また、幾つかの仮定を置くことにより弾性係数分布を計算する方法も試みられている。以下に弾性係数分布を求める手法の一例を示す。

50



## 【 0 0 6 3 】

応力分布を求める際に無限均質媒体の無限一様応力場を仮定した場合には、以下の式が成り立つ。

## 【 数 2 】

$$\begin{bmatrix} T_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = C : S \quad \dots (10)$$

10

## 【 0 0 6 4 】

$T_1$  は超音波プローブに圧力センサを付加することにより測定可能である。従って弾性係数  $C$  も求めることが可能である。また応力場が有限長である場合においても均質媒体である場合には応力分布を理論的に計算することができる。つまり式 (10) において 0 とした  $T_2 \sim T_6$  は  $T_1$  の関数となる為、同様に応力場を計算することが可能である。

## 【 0 0 6 5 】

以上の計算によって弾性係数  $C$  を求めることができた為、ヤング率  $E$ 、ポアソン比  $\nu$  などの弾性パラメータは以下の式を用いて導くことが可能となる。

20

## 【 数 3 】

$$E = C_{11} - \frac{2C_{12}^2}{C_{11} + C_{12}} \quad \dots (11)$$

$$\sigma = \frac{C_{12}}{C_{11} + C_{12}} \quad \dots (12)$$

## 【 0 0 6 6 】

以上の方式に限らず、歪から弾性係数を導出する方法は試料が非圧縮であることを仮定する方法、有限要素法を用いた方法等考案されているが、何れの方法を用いても同様の演算によって弾性パラメータを導出できる。

30

## 【 0 0 6 7 】

次に超音波信号の取得タイミングについて詳述する。超音波データの取得は圧迫動作中に取得される。取得可能な超音波データには、プローブ 1 a, 1 b, 1 c の 3 種類及び圧迫前後の時系列データが存在する。本実施例では、データの取得は圧力の増加期間、もしくは減少期間のいずれかの期間でなされる。この状態を説明したものが図 9 である。図 9 では横軸に時間、縦軸に圧迫圧力を示している。図示するように、プローブ 1 a, 1 b, 1 c の超音波データが交互に取得されていく。本方式の原理上、圧迫方向が反転する時点（つまり増加期間と減少期間が切り替わる時点）の前後のデータでは歪量の差が非常に小さく、有意なデータを取得することができない。よって、圧迫データ処理部 17 によって圧迫方向の判別を行い、圧迫方向が反転する際にはデータ取得を行わない。これにより常に良好な歪量計測が可能となる。

40

## 【 0 0 6 8 】

以上述べたように本実施例によれば、超音波信号から試料の変位、歪、弾性パラメータを導出することが可能となる。

## 【 0 0 6 9 】

上記方法を用いて歪及び弾性分布を求める場合には各超音波プローブの配置によって得られる精度が異なることに注意する必要がある。これは上に述べたように各超音波プローブの音線が形成される座標系は斜交座標系であるためであり、各超音波プローブの間隔が

50

狭い場合大きな誤差を伴う。医用超音波診断装置であることを考慮した場合には、試料は人体であり観察深さは数mm～数十cm程度であるため、最大深さを20cm、精度の悪化を直交座標の5%までとすると、プローブ間隔は約10mm以上離れていることが好ましい。また、センサ5a, 5b, 5cに要求される精度も同様に測定点の測定精度より小さいことが必要である。医用超音波装置の解像度が1mm以下であることから、センサ精度も1mm以下であることが望ましい。さらに各超音波プローブの計測誤差を最も小さくするには超音波プローブは3回対称であることが好ましい。

#### 【0070】

以上の方法による歪及び弾性分布を求める方法では圧迫手段は一つのプローブであるが、二本、もしくは三本のプローブを同時もしくは交互に圧迫し、各々の圧迫によって得られた歪量から演算によって歪量を推定しても良い。平均値、最大、最小値、中央値等、対象に応じた演算結果を出力することが可能である。

#### 【0071】

また、本実施例においては、増加期間か減少期間かを判定する目的にて圧力センサを用いている。しかし、圧力センサに限らず速度センサ、加速度センサ、位置センサ等のセンサ、プローブ1a, 1b, 1cによる超音波信号の解析、ディスプレイ出力の解析等の方法によって圧迫方向を演算することによっても同様の効果を得ることができる。あるいは、プローブ間の位置及び向きを計測する目的にて配置されている位置センサ5a, 5b, 5cの出力を解析して、増加期間か減少期間かを判定することもできる。

#### 【0072】

なお、本実施例においては超音波プローブが3本である場合について説明したが、4本またそれ以上の複数のプローブを用いた場合においても同様の類比演算によって同様の効果を得ることができる。プローブが2本である場合についても精度は落ちるものの等方性などの仮定を入れることによって同様の効果を得ることができる。また、各精度及び対称性に関しては本実施例から外れた場合には精度が落ちることとなるが同様の効果を得ることが出来る。

#### 【0073】

##### (実施例2)

実施例2においては実施例1と異なる方法にて試料の歪を計測する方法を説明する。実施例1では試料を圧迫することによって試料の歪計測を行ったが、試料が自ら動く場合には測定点の移動を伴うため圧迫動作を行うことなく歪計測を行うことができる。たとえば、心臓や心臓周辺の部位は、心筋運動によって周期的に変形しているため、外部からの圧迫動作は不要である。このような場合、図3において超音波プローブ1a, 1b, 1cを動かすことなく歪計測を行う。また計測方法及び演算も実施例1と全く同じ方式であり、同様の効果を得ることが出来る。

#### 【0074】

##### (実施例3)

実施例3においては実施例1と異なる圧迫手段を用いて弾性係数分布計測を行った例について説明する。図7に本実施例を用いた試料周辺の図を示す。実施例1と同様に超音波プローブ1a, 1b, 1c、位置センサ5a, 5b, 5c及び試料2が配置されているが、本実施例においてはプローブ以外に圧迫手段14が配置されている。超音波装置の全体システムは実施例1(図3)と同様である。測定時は、圧迫手段14で試料を圧迫し、圧迫前及び圧迫後の超音波信号を超音波プローブ1a, 1b, 1cによって取得する。また、各超音波プローブ1a, 1b, 1c及び圧迫手段14は対称性を持つことが最も測定精度が高くなる。よって、図8の上面図に示す如く、超音波プローブ1a, 1b, 1cを圧迫手段14を対称軸とする3回対称性を持つ配置とするのがよい。本実施例によっても実施例1と同様の歪量及び弾性量を取得することが可能となる。

#### 【0075】

さらに実施例1と同様に十分に精度の高い計測を行うにはプローブ間隔は約10mm以上離れていることが必要であり、センサの精度は1mm以下が必要である。

## 【 0 0 7 6 】

以上の方法による歪及び弾性分布を求める方法では圧迫手段は一つの圧迫手段であるが、二本、もしくは三本以上の圧迫手段もしくはプローブを同時もしくは交互に圧迫し、各々の圧迫によって得られた歪量から演算によって歪量を推定しても良い。平均値、最大、最小値、中央値等、対象に応じた演算結果を出力することが可能である。

## 【 0 0 7 7 】

なお、本実施例においては超音波プローブが3本である場合について説明したが、2本、4本またそれ以上の複数のプローブを用いた場合においても同様の類比演算によって同様の効果を得ることが出来る。また、各精度及び対称性に関しては本実施例から外れた場合には精度が落ちることとなるが同様の効果を得ることが出来る。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 7 8 】

【図1】本発明の実施形態に係る超音波測定装置の構成を示す図。

【図2】測定対象物に加わる力又は測定対象物の変形量の、増加期間と減少期間を説明するための図。

【図3】本発明の実施例1、2、3に係る超音波測定装置の構成を示す図。

【図4】実施例1、2における、プローブの構成を示す図。

【図5】プローブの圧迫動作と取得信号を説明する図。

【図6】プローブ面と視野、測定点の関係を表した図。

【図7】実施例3における、プローブ及び圧迫手段の構成を示す図。

20

【図8】実施例3における、プローブ及び圧迫手段の配置を示す図。

【図9】実施例1における圧迫動作と超音波データの取得タイミングを説明するための図。

。

【図10】複数のプローブの送受信タイミングを説明する図。

【図11】プローブの送信タイミングを切り替える制御のフロー図。

## 【符号の説明】

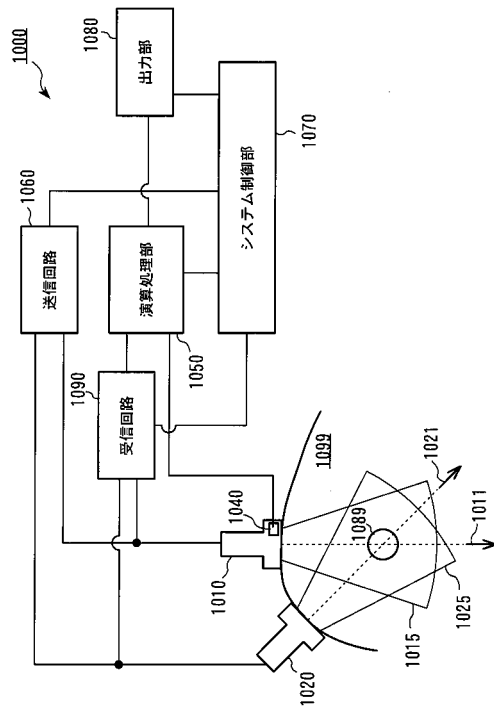
## 【 0 0 7 9 】

- 1 a、1 b、1 c 超音波プローブ
- 2、2 a 試料
- 3 a、3 b、3 c 超音波プローブ面
- 4、4 a 超音波プローブの作る視野と測定点
- 5 a、5 b、5 c 位置センサ
- 6 送信回路系
- 7 受信回路系
- 8 プローブ位置処理系
- 9 断層信号処理系
- 10 変位信号処理系
- 11 画像処理系
- 12 画像表示装置
- 13 システム制御部
- 14 圧迫手段
- 15 a、15 b 超音波信号
- 16 圧力センサ
- 17 圧迫データ処理部

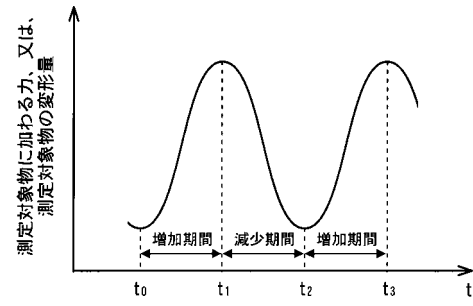
30

40

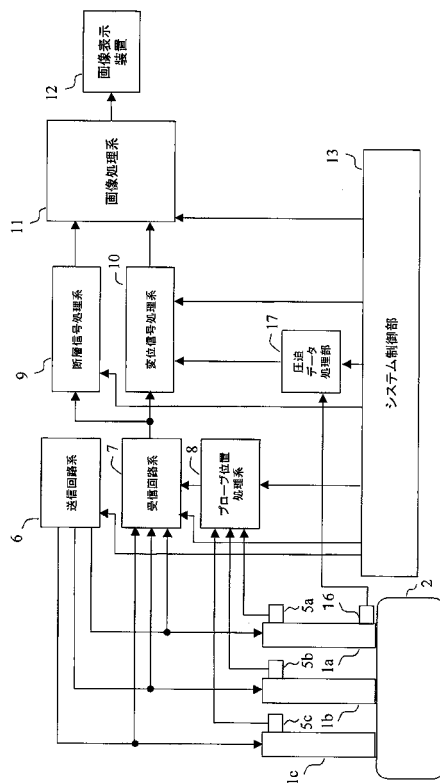
【図 1】



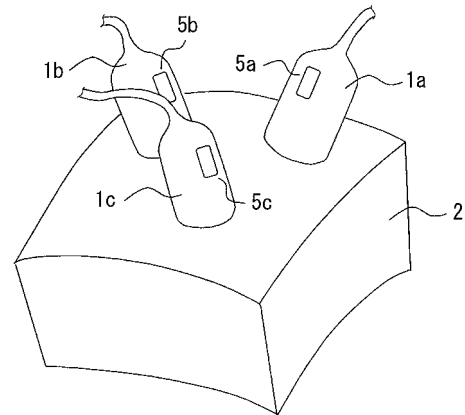
【図 2】



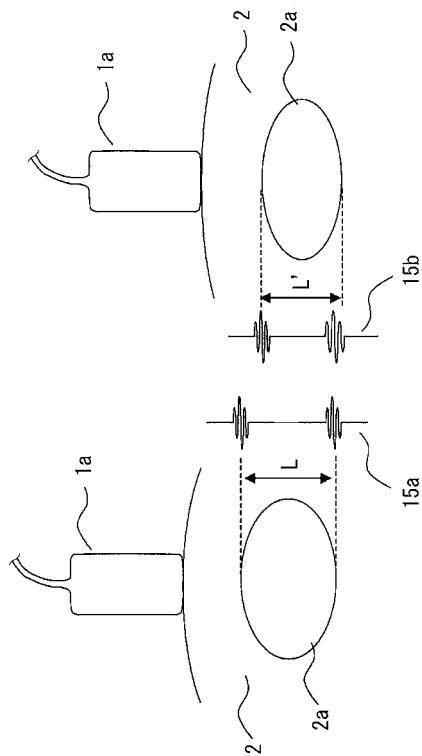
【図 3】



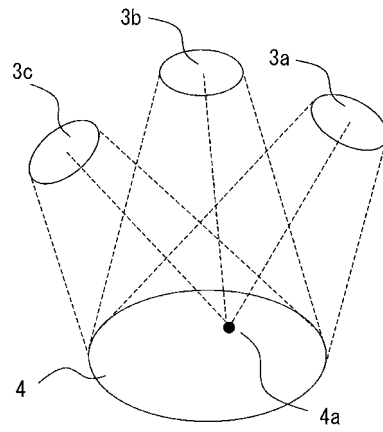
【図 4】



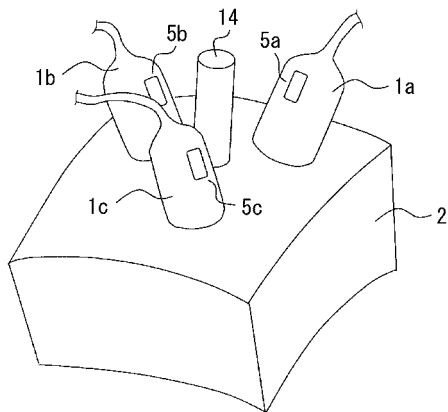
【図 5】



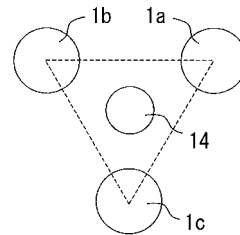
【図 6】



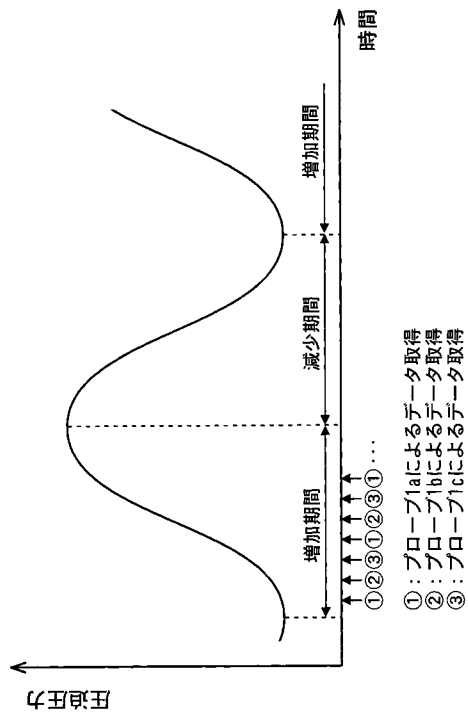
【図 7】



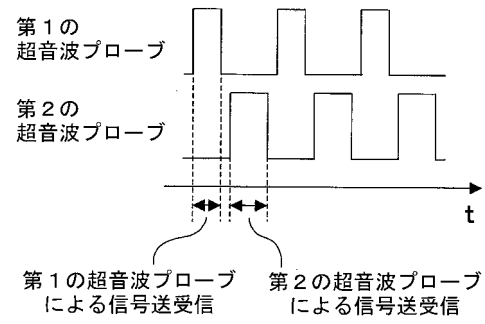
【図 8】



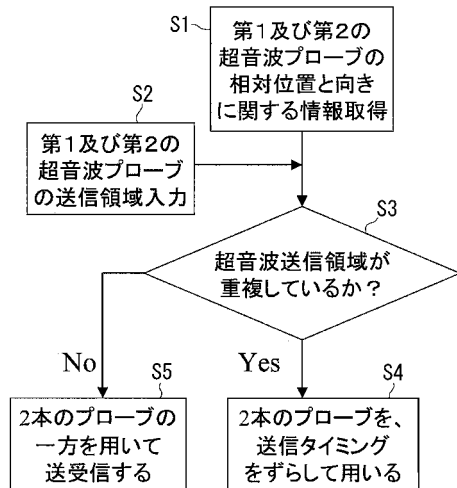
【図 9】



【図 10】



【図 11】



## フロントページの続き

- (72)発明者 椎名 毅  
茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立大学法人筑波大学内
- (72)発明者 染田 恭宏  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 長永 兼一  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 及川 克哉  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 宮澤 浩

- (56)参考文献 特開2006-325704(JP,A)  
特開2005-160704(JP,A)  
特開昭55-103839(JP,A)  
国際公開第2005/120358(WO,A1)  
特開2007-307042(JP,A)  
特開2001-276070(JP,A)  
国際公開第01/085031(WO,A1)  
特開平11-169365(JP,A)  
特開2006-034342(JP,A)  
特開2006-280532(JP,A)  
特表平02-500412(JP,A)  
特表平05-505731(JP,A)  
特表昭62-502307(JP,A)  
特表2000-503223(JP,A)  
特表2005-537835(JP,A)  
特表2006-524115(JP,A)  
国際公開第2004/089222(WO,A1)  
国際公開第2007/047046(WO,A1)  
米国特許出願公開第2004/0006266(US,A1)  
米国特許出願公開第2004/0034307(US,A1)  
米国特許出願公開第2008/0009721(US,A1)  
米国特許第06511427(US,B1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B	8/08
G01B	17/04
G01N	29/00
G01S	15/89