

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5401330号
(P5401330)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013.11.1)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 29/06 (2006.01) GO 1 N 29/06

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2010-479 (P2010-479)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成22年1月5日(2010.1.5)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2011-141124 (P2011-141124A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成23年7月21日(2011.7.21)	(74) 代理人	100077816
審査請求日	平成24年3月12日(2012.3.12)		弁理士 春日 譲
		(72) 発明者	北澤 聡
			茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
			株式会社日立製作所
			エネルギー・環境システム研究所内
		(72) 発明者	河野 尚幸
			茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
			株式会社日立製作所
			エネルギー・環境システム研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探傷装置及び超音波探傷方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の圧電振動子を備えた超音波センサと、
該超音波センサの各圧電振動子に送信信号を供給するパルサーと、
前記超音波センサの各圧電振動子素子から受信信号を入力するレシーバと、
前記各圧電振動子毎に異なった遅延時間を前記送信信号と前記受信信号に設定する遅延制御部と、

前記超音波センサで受信した超音波波形を収録するデータ収録部と、
該データ収録部で収録した波形から3次元探傷データを生成する画像処理用の計算機と

、
検査対象の3次元形状データと前記計算機により生成された前記3次元探傷データとを表示する3次元表示部と、

前記3次元表示部に表示される前記3次元形状データを構成する面および点で定義される座標系に基づき、前記3次元形状データと前記3次元探傷データの相対的な表示位置を補正し、前記3次元形状データと前記3次元探傷データとを重ねて表示する位置補正手段とを備え、

前記位置補正手段は、

前記3次元表示部に表示されている3次元形状データから選択されたアレイ型超音波センサを設置した探傷面に垂直な方向にZ方向を定義し、

前記3次元表示部に表示されている3次元探傷データと前記3次元形状データのZ方向

の正負が一致した後、前記 3 次元探傷データの入射点を含む面と前記 3 次元形状データの探傷面とを一致させて前記 3 次元表示部に再表示し、

前記 3 次元形状データ上の選択された第 1 の点を原点とする Z 軸を設定し、

前記 3 次元探傷データの原点と前記第 1 の点とが一致するように、前記 3 次元探傷データもしくは前記 3 次元形状データを平行移動させ、

前記 3 次元形状データ上の選択された第 2 の点と前記第 1 の点を結ぶ直線上に、前記第 1 の点を原点とする X 軸を設定し、

前記 Z 軸及び前記 X 軸を含めて右手系となるように Y 軸を設定し、

入力された回転角の情報に基づき、前記 Z 軸の周りに前記 3 次元探傷データまたは前記 3 次元形状データを相対的に回転させ、表示を更新し、

入力された平行移動量の情報に基づき、前記 X 軸、前記 Y 軸、前記 Z 軸に沿った方向に前記 3 次元探傷データまたは前記 3 次元形状データを相対的に平行移動させ、表示を更新することを特徴とする超音波探傷装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の超音波探傷装置において、

前記 3 次元形状データを構成する面が、前記超音波波形を収録する際に前記超音波センサを設置した面であることを特徴とする超音波探傷装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の超音波探傷装置において、

前記画像処理用の計算機に接続されたマウスを備え、

該マウスで前記 3 次元形状データを構成する面および点を選択することを特徴とする超音波探傷装置。

【請求項 4】

3 次元形状データを構成する面および点で定義される座標系に基づき、超音波センサで受信した複数の超音波波形から作成した 3 次元探傷データと、前記 3 次元形状データとの相対的な表示位置を補正し、前記 3 次元形状データと前記 3 次元探傷データとを重ねて表示する超音波探傷方法において、

3 次元表示画面上に表示されている 3 次元形状データから選択されたアレイ型超音波センサを設置した探傷面に垂直な方向に Z 方向を定義し、

前記 3 次元表示画面上に表示されている 3 次元探傷データと前記 3 次元形状データの Z 方向の正負が一致した後、前記 3 次元探傷データの入射点を含む面と前記 3 次元形状データの探傷面とを一致させて前記 3 次元表示画面上に再表示し、

前記 3 次元形状データ上の選択された第 1 の点を原点とする Z 軸を設定し、

前記 3 次元探傷データの原点と前記第 1 の点とが一致するように、前記 3 次元探傷データもしくは前記 3 次元形状データを平行移動させ、

前記 3 次元形状データ上の選択された第 2 の点と前記第 1 の点を結ぶ直線上に、前記第 1 の点を原点とする X 軸を設定し、

前記 Z 軸及び前記 X 軸を含めて右手系となるように Y 軸を設定し、

入力された回転角の情報に基づき、前記 Z 軸の周りに前記 3 次元探傷データまたは前記 3 次元形状データを相対的に回転させ、表示を更新し、

入力された平行移動量の情報に基づき、前記 X 軸、前記 Y 軸、前記 Z 軸に沿った方向に前記 3 次元探傷データまたは前記 3 次元形状データを相対的に平行移動させ、表示を更新することを特徴とする超音波探傷方法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の超音波探傷方法において、

前記 3 次元形状データを構成する面が、超音波波形を収録する際に超音波センサを設置した面であることを特徴とする超音波探傷方法。

【請求項 6】

請求項 4 記載の超音波探傷方法において、

画像処理用の計算機に接続されたマウスで前記 3 次元形状データを構成する面および点

10

20

30

40

50

を選択することを特徴とする超音波探傷方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非破壊検査技法の一種である超音波探傷装置及び超音波探傷方法に係り、特に、アレイ型超音波センサを使用した超音波探傷装置及び超音波探傷方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、各種構造材などを検査対象とした超音波探傷法では、フェーズドアレイ法や開口合成法などに代表されるように、検査対象内部を高精度に短時間で画像化して検査する探傷方法が開発されている（例えば、非特許文献1参照）。

10

【0003】

まず、フェーズドアレイ法は、圧電振動素子を複数個配列した、いわゆるアレイ型超音波センサを使用し、各圧電振動素子から送信される超音波の波面が干渉し合成波面を形成して伝播していくという原理に基づいたものである。従って、各圧電振動素子の超音波送信タイミングを遅延制御し、それぞれのタイミングをずらすことで、超音波の入射角度が制御でき、超音波を集束させることができる。また、超音波の受信に際しても、各圧電振動素子で受信した反射超音波をずらして加算することで、送信時と同様、超音波の受信入射角度を制御したり、焦点を合わせて超音波を受信したりすることができる。

【0004】

20

このフェーズドアレイ法としては、一次元アレイセンサの圧電振動子を直線的に走査するリニアスキャン方式や、超音波の送信と受信方向を扇状に変化させるセクタスキャン方式が一般的に知られている。また、圧電振動子が格子状に並んだ二次元アレイセンサを用いると、3次元的に任意の位置に焦点を合わせることができ、検査対象に合わせたスキャン方式が可能となる。いずれの方式の場合も、超音波センサを動かすことなく超音波を高速にスキャンしたり、超音波センサを交換することなく超音波の入射角度や集束深さの位置を任意に制御したりすることができ、従って高速且つ高精度の検査が可能な技術である。

【0005】

また、開口合成法は、検査対象内に波動が広く拡散するようにして超音波を送信し反射超音波信号を受信した場合、受信された反射超音波の音源となる欠陥の位置は、超音波を送信し受信した圧電振動素子の位置を中心とし、反射超音波の伝播距離を半径とした円弧上に存在するという原理に基づいたものである。このため、圧電振動素子の位置を順次変えて超音波の送信と受信を行い、各位置における受信波形を、電子計算機上で演算して円弧状に広げることにより、超音波反射源となる欠陥の存在位置に前記の円弧の交点が集積し、欠陥の位置を特定することができる。電子計算機での演算処理内容については、非特許文献1に記載されている。

30

【0006】

複数の圧電振動素子を配列したセンサを用いるこれらの方法では、センサを移動しなくても欠陥の反射超音波信号を3次元的に取得することが可能であるが、反射超音波信号から3次元的な反射位置を特定するためには、空間的に位置の異なる複数の反射強度分布の二次元画像から推定する方法や、反射強度分布を3次元データに変換した後に立体表示するなどして推定する。

40

【0007】

例えば、フェーズドアレイ法のリニアスキャンやセクタスキャンの場合には、既知の走査ピッチに対応した複数の二次元反射強度画像が取得できるため、画面上で順次画像を切り替えて表示することで、反射波が出現する方向を特定することができる。しかし、上記以外の任意の3次元的なスキャンに対してはこの方法では限界がある。

【0008】

このような場合には複数の方向からの反射超音波信号に内挿処理などを施して3次元格

50

子状のデータを作成し、これをボリュームレンダリングやサーフェスレンダリングといった方法で画像表示したりする技術が、近年の計算機の進歩により可能になってきている。また、格子状のデータに変換せずに3次元的な点群として画像表示する方法もある。いずれも3次元探傷データとして保存しているため、測定後に検査者が任意の方向から3次元探傷データを確認することができる(例えば、非特許文献2、非特許文献3参照)。

【0009】

しかし、反射強度分布のピークが検査対象の端面や境界面での反射によるものか、欠陥での反射によるものかを、これらの3次元探傷データだけから判断するのは難しい。特に複雑な形状の検査対象の場合には形状に依存する反射超音波信号(形状エコー)が多数現れるため、熟練者でも判別は困難である。このため、検査対象の3次元形状データを3次元探傷データと一緒に表示するソフトウェアが開発されている。この二つのデータを重ね合わせて比較することにより、形状エコーと欠陥からのエコー(欠陥エコー)の判別が容易となる。3次元形状データとしては、別途汎用のCAD(Computer Aided Design)で作成したデータを読込んで用いる場合が多い(例えば、非特許文献2、非特許文献3参照)。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】近藤倫正、大橋由昌、実森彰郎 共著 デジタル信号処理シリーズ12巻「計測・センサにおけるデジタル信号処理」143頁~186頁 1993年5月20日 昭晃堂発行

20

【非特許文献2】馬場淳史、北澤聡、河野尚幸、安達裕二、小田倉満、菊池修：“3次元超音波探傷システム「3D Focus-UT」の開発”、日本保全学会 第5回学術講演会 要旨集、155(2008)

【非特許文献3】Potts, A.; McNab, A.; Reilly, D.; Toft, M., “Presentation and analysis enhancements of the NDT Workbench a software package for ultrasonic NDT data”, REVIEW OF PROGRESS IN QUANTITATIVE NONDESTRUCTIVE EVALUATION: Volume 19 . AIP Conference Proceedings, Volume 509, pp. 741-748 (2000).

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0011】

しかしながら、通常は3次元探傷データと3次元形状データは別々の座標系で作られているため、これらを重ねて表示する場合には、必ず適切な位置に3次元探傷データまたは3次元形状データを移動させ、位置合せ補正をする必要がある。この補正が正しく行われないと、3次元探傷データと3次元形状データの相関が確認できず、形状エコーと欠陥エコーの識別ができない。従来は、検査者が表示装置に対し、センサと検査対象の相対位置に関する数値情報を基に、3次元探傷データや3次元形状データの座標値を変更する等して、識別可能な状態になるまで補正作業を繰り返し行っていたが、これらの作業には多大な時間を要するという問題があった。

【0012】

40

本発明の目的は、3次元探傷データと3次元形状データの表示位置合わせを容易にし、欠陥エコーと形状エコーの識別を迅速にできるようにした超音波探傷装置及び超音波探傷方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

(1)上記目的を達成するために、本発明は、複数の圧電振動子を備えた超音波センサと、該超音波センサの各圧電振動子に送信信号を供給するパルサーと、前記超音波センサの各圧電振動子素子から受信信号を入力するレシーバと、前記各圧電振動子毎に異なった遅延時間を前記送信信号と前記受信信号に設定する遅延制御部と、前記超音波センサで受信した超音波波形を収録するデータ収録部と、該データ収録部で収録した波形から3次元

50

探傷データを生成する画像処理用の計算機と、検査対象の3次元形状データと前記計算機により生成された前記3次元探傷データとを表示する3次元表示部と、前記3次元表示部に表示される前記3次元形状データを構成する面および点で定義される座標系に基づき、前記3次元形状データと前記3次元探傷データの相対的な表示位置を補正し、前記3次元形状データと前記3次元探傷データとを重ねて表示する位置補正手段とを備え、前記位置補正手段は、前記3次元表示部に表示されている3次元形状データから選択されたアレイ型超音波センサを設置した探傷面に垂直な方向にZ方向を定義し、前記3次元表示部に表示されている3次元探傷データと前記3次元形状データのZ方向の正負が一致した後、前記3次元探傷データの入射点を含む面と前記3次元形状データの探傷面とを一致させて前記3次元表示部に再表示し、前記3次元形状データ上の選択された第1の点を原点とするZ軸を設定し、前記3次元探傷データの原点と前記第1の点とが一致するように、前記3次元探傷データもしくは前記3次元形状データを平行移動させ、前記3次元形状データ上の選択された第2の点と前記第1の点を結ぶ直線上に、前記第1の点を原点とするX軸を設定し、前記Z軸及び前記X軸を含めて右手系となるようにY軸を設定し、入力された回転角の情報に基づき、前記Z軸の周りに前記3次元探傷データまたは前記3次元形状データを相対的に回転させ、表示を更新し、入力された平行移動量の情報に基づき、前記X軸、前記Y軸、前記Z軸に沿った方向に前記3次元探傷データまたは前記3次元形状データを相対的に平行移動させ、表示を更新するようにしたものである。

10

かかる構成により、3次元探傷データと3次元形状データの表示位置合わせを容易にし、欠陥エコーと形状エコーの識別を迅速にできるものとなる。

20

【0014】

(2) 上記(1)において、好ましくは、前記3次元形状データを構成する面が、前記超音波波形を収録する際に前記超音波センサを設置した面である。

【0015】

(3) 上記(1)において、好ましくは、前記画像処理用の計算機に接続されたマウスを備え、該マウスで前記3次元形状データを構成する面および点を選択するようにしたものである。

【0016】

(4) また、上記目的を達成するために、本発明は、3次元形状データを構成する面および点で定義される座標系に基づき、超音波センサで受信した複数の超音波波形から作成した3次元探傷データと、前記3次元形状データとの相対的な表示位置を補正し、前記3次元形状データと前記3次元探傷データとを重ねて表示する超音波探傷方法において、3次元表示画面上に表示されている3次元形状データから選択されたアレイ型超音波センサを設置した探傷面に垂直な方向にZ方向を定義し、前記3次元表示画面上に表示されている3次元探傷データと前記3次元形状データのZ方向の正負が一致した後、前記3次元探傷データの入射点を含む面と前記3次元形状データの探傷面とを一致させて前記3次元表示画面上に再表示し、前記3次元形状データ上の選択された第1の点を原点とするZ軸を設定し、前記3次元探傷データの原点と前記第1の点とが一致するように、前記3次元探傷データもしくは前記3次元形状データを平行移動させ、前記3次元形状データ上の選択された第2の点と前記第1の点を結ぶ直線上に、前記第1の点を原点とするX軸を設定し、前記Z軸及び前記X軸を含めて右手系となるようにY軸を設定し、入力された回転角の情報に基づき、前記Z軸の周りに前記3次元探傷データまたは前記3次元形状データを相対的に回転させ、表示を更新し、入力された平行移動量の情報に基づき、前記X軸、前記Y軸、前記Z軸に沿った方向に前記3次元探傷データまたは前記3次元形状データを相対的に平行移動させ、表示を更新するようにしたものである。

30

40

かかる方法により、3次元探傷データと3次元形状データの表示位置合わせを容易にし、欠陥エコーと形状エコーの識別を迅速にできるものとなる。

【0018】

(5) 上記(4)において、好ましくは、前記3次元形状データを構成する面が、超音波波形を収録する際に超音波センサを設置した面である。

50

【 0 0 1 9 】

(6) 上記 (4) において、好ましくは、画像処理用の計算機に接続されたマウスで前記 3 次元形状データを構成する面および点を選択するようにしたものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、3次元探傷データと3次元形状データの表示位置合わせを容易にし、欠陥エコーと形状エコーの識別を迅速にできるようになる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置の全体構成を示すブロック図である。 10

【 図 2 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置におけるスキャン方式の第 1 の例の説明図である。

【 図 3 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置におけるスキャン方式の第 2 の例の説明図である。

【 図 4 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置における 3 次元表示画面への表示例の説明図である。

【 図 5 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置における 3 次元表示画面への表示例の説明図である。

【 図 6 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置における 3 次元表示画面への表示例の説明図である。 20

【 図 7 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置における 3 次元探傷データと 3 次元形状データの位置合せ方法の内容を示すフローチャートである。

【 図 8 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置における 3 次元探傷データと 3 次元形状データの位置合せ時の動作説明図である。

【 図 9 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置における 3 次元探傷データと 3 次元形状データの位置合せ時の動作説明図である。

【 図 1 0 】 本発明の一実施形態による超音波探傷装置における 3 次元探傷データと 3 次元形状データの位置合せ時の動作説明図である。

【 図 1 1 】 本発明の他の実施形態による超音波探傷装置の全体構成を示すブロック図である。 30

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 2 】

以下、図 1 ~ 図 1 0 を用いて、本発明の一実施形態による超音波探傷装置の構成及び動作について説明する。

最初に、図 1 ~ 図 3 を用いて、本実施形態による超音波探傷装置の全体構成について説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態による超音波探傷装置の全体構成を示すブロック図である。図 2 は、本発明の一実施形態による超音波探傷装置におけるスキャン方式の第 1 の例の説明図である。図 3 は、本発明の一実施形態による超音波探傷装置におけるスキャン方式の第 2 の例の説明図である。 40

【 0 0 2 3 】

図 1 に示すように、本実施形態の超音波探傷装置は、検査対象 1 0 0 に超音波を入射するアレイ型超音波センサ 1 0 1 と、送・受信部 1 0 2 と、受信信号及び探傷画像を表示する表示部 1 0 3 とで構成されている。

【 0 0 2 4 】

アレイ型超音波センサ 1 0 1 は、図示のように、基本的には超音波を発生し受信する複数個の圧電振動素子 1 0 4 で構成される。アレイ型超音波センサ 1 0 1 は、検査対象 1 0 0 の探傷面に設置された後、送・受信部 1 0 2 から供給される駆動信号により超音波 1 0 5 を発生し、これを検査対象 1 0 0 内に伝播させ、これにより現れる反射波を検知して受信信号を送・受信部 1 0 2 に入力する働きをする。図では、アレイ型超音波センサ 1 0 1 50

を直接検査対象100に接触させているが、超音波105の入射角を変えるための、超音波が透過する材質で作製されたくさびを介して検査対象100に接触させても良い。

【0025】

送・受信部102は、アレイ型超音波センサ101により超音波の送信と受信を行うものである。送・受信部102は、計算機102Aと、遅延時間制御部102Bと、パルサー102Cと、レシーバ102Dと、データ収録部102Eとを備えている。パルサー102Cは、アレイ型超音波センサ101に駆動信号を供給し、これによりアレイ型超音波センサ101から入力される受信信号をレシーバ102Dが処理するようになっている。

【0026】

計算機102Aは、基本的にはCPU102A1と、RAM102A2と、ROM102A3とより構成されている。ROM102A3には、CPU102A1を制御するプログラムが書き込まれている。CPU102A1は、ROM102A3に書き込まれたプログラムに従って、データ収録部102Eから必要とされる外部データを読込んだり、あるいは又RAM102A2との間でデータの授受を行ったりしながら演算処理し、必要に応じて処理したデータをデータ収録部102Eへ出力する。

【0027】

また、CPU102A1は、遅延時間制御部102Bと、パルサー102Cと、レシーバ102Dとを制御し、必要な動作が得られるようにする。遅延時間制御部102Bは、パルサー102Cから出力される駆動信号のタイミングとレシーバ102Dによる受信信号の入力タイミングの双方を制御し、これによりフェーズドアレイ方式によるアレイ型超音波センサ101の動作が得られるようにする。

【0028】

ここにいうフェーズドアレイ方式によるアレイ型超音波センサ101の動作とは、超音波105の焦点深さと入射角度106を制御して超音波を送信し受信する動作のことであり、これによりレシーバ102Dからデータ収録部102Eに受信信号が供給されることになる。

【0029】

先に述べたように、フェーズドアレイ方式は、遅延時間を変化させることにより様々なスキャンが可能である。2次元探傷データを取得する場合には超音波105を平行に移動させるリニアスキャン方式や、超音波105をセクタ107状に動かすセクタスキャン方式が良く知られている。

【0030】

3次元探傷データの場合には、例えば図2に示したように、セクタ107を基本単位として、セクタ107を中心軸の周りに一回転させるスキャンや、図3に示したように、団扇の様にセクタ107を煽るスキャン方式がある。この他にも、検査対象100の形状に応じて様々なスキャン方式が設定可能である。

【0031】

これらのスキャン方式によって受信された信号は、データ収録部102Eに送られ、収録データとして収録されると同時に計算機102Aに送られる。これにより、計算機102Aは、各圧電振動素子で得られた波形を遅延時間に応じて合成処理し、各超音波の入射角度ごとの波形に適切な内挿処理を施し、ピクセルと呼ばれる2次元正方格子を単位としたピクセル形式の2次元探傷データや、ボクセルと呼ばれる3次元立方格子を単位としたボクセル形式の3次元探傷データを作成し、それを画像化し表示部103に表示させる動作を実行する。

【0032】

表示部103は、2次元探傷データを表示する2次元表示画面103Bと、3次元探傷データを表示する3次元表示画面103Cと、各圧電振動子の波形信号を表示する波形表示画面103Aとを備えている。また、図1には表示部103は一つしか示していないが、波形表示画面103Aと2次元表示画面103B、および、3次元表示画面103Cは、複数の表示部に分担させて表示してもよい。

10

20

30

40

50

【0033】

ここで、図4～図6を用いて、本実施形態による超音波探傷装置における3次元表示画面103Cへの表示例について説明する。

図4～図6は、本発明の一実施形態による超音波探傷装置における3次元表示画面への表示例の説明図である。

【0034】

図4に示すように、表示部103上の3次元表示画面103Cには、3次元探傷データ401が表示されるが、このとき、計算機102Aに接続されたマウス102Fやキーボード102Gを用いた入力により、任意の表示寸法で表示することができる。更に、マウス102Fとキーボード102Gからの入力により表示色や透明度も任意に変えることができる。表示色は反射強度に応じて変えることが可能である。この場合の表示色パターンは複数準備してあり、検査者が用途に応じて選択できる。

10

【0035】

尚、これらの3次元描画アルゴリズムは、例えばグラフィックス・アプリケーション向けの業界標準のグラフィックス・アプリケーション・プログラミング・インタフェース(グラフィックスAPI)であるOpenGL(登録商標)やDirectX(登録商標)というライブラリの中で実現されており、これらのグラフィックスAPIをプログラム中で用いて、表示する物体の形状や視点、表示位置などの必要な情報を与えれば3次元表示画面103C上の任意の位置に、任意の色、透明度、大きさで3次元形状を描画することが容易にできる。

20

【0036】

また、図5に示すように、3次元表示画面103Cには、検査対象100の形状を表す3次元形状データ501が3次元探傷データ401と同時に表示させることができる。検査者は、マウス102Fやキーボード102Gを用いた入力により3次元形状データ501の表示色や透明度も任意に変えることができる。更に、検査者は、キーボード102Gからの数値入力、あるいはマウス102Fで3次元表示画面103C上をドラッグすることにより、3次元形状データ202を任意の位置に平行移動もしくは回転移動させることもできる。また、必要に応じて検査者が表示、非表示を切り替えることができるため、3次元形状データ501と3次元探傷データ401が重なっていても検査者が見易いような表示にすることができる。

30

【0037】

3次元形状データとして検査対象100のCADデータが存在している場合には、計算機102Aの外部からこれを読み込んで、表示させることができる。CADデータのフォーマットは、市販のCADソフトウェアで入出力可能なデータ形式となっている。例えば多くのCADソフトウェアで読み込み・出力可能なSTL(STereoLithographyあるいはStandard Triangulated Language)形式を使用する。STL形式は物体の表面を多数の三角形の集合で表現したものであり、STLファイル内にはこれらの三角形の面法線ベクトルと3つの頂点の座標値が書き込まれている。グラフィックスAPIを用いてSTL形式のファイルから3次元形状データ501を表示させることは、複数の三角形を描画することで容易に実現できる。

40

【0038】

通常は、3次元探傷データ401と3次元形状データ501の座標系は異なるため、これらを重ねて表示した初期状態では双方は、図6に示したように、全く異なる位置に表示される。キーボード102Gからの数値入力やマウス102Fによる操作により、検査者が試行錯誤で3次元探傷データ401と3次元形状データ501が所望の位置になるように調整することもできる。しかし、この作業には時間と手間がかかるため、本発明による位置合せ処理を用いると作業が非常に容易となる。

【0039】

次に、図7～図10を用いて、本実施形態による超音波探傷装置における3次元探傷データ401と3次元形状データ501の位置合せ方法について説明する。

50

図7は、本発明の一実施形態による超音波探傷装置における3次元探傷データと3次元形状データの位置合せ方法の内容を示すフローチャートである。図8～図10は、本発明の一実施形態による超音波探傷装置における3次元探傷データと3次元形状データの位置合せ時の動作説明図である。

【0040】

一般に、二つのデータの位置を合わせるためには、基準座標系を設定し、平行移動と回転移動を組み合わせて行う。基準座標系は、いずれかのデータの座標系をとることが多いが、任意の座標系を設定しても構わない。ただし、二つのデータのスケールは一致しているものとする。平行移動には移動量と移動方向を示すベクトルを、回転移動には回転軸と回転角を、それぞれ決定する必要がある。

10

【0041】

本実施形態では、3次元形状データ501上に検査者が好みの任意の座標系を新たに設定し、その座標系を基準にした位置情報をマウス102Fやキーボード102Gを用いて入力し、対話形式で位置合せするものである。

【0042】

ここで、図7を用いて、本実施形態の位置合わせ処理について説明する。本処理は、計算機102Aによって実行される。すなわち、ROM102A3にプログラムとして書き込まれている。CPU102A1は、ROM102A3に書き込まれたプログラムに従って、データ収録部102Eから必要とされる外部データを読込んだり、あるいは又RAM102A2との間でデータの授受を行ったりしながら演算処理し、表示部103の3次元表示画面103C上の表示を変更し、3次元探傷データ401と3次元形状データ501とを位置合せする。

20

【0043】

最初に、ステップS1において、検査者は、3次元表示画面103C上に表示されている3次元形状データ501において、アレイ型超音波センサ101を設置した探傷面を、計算機102Aに接続されたマウス102Fで3次元表示画面103C上を直接クリックすることにより選択する。3次元形状データ501はSTL形式であるため、複数の三角形で構成されており、探傷面も通常は複数の三角形で構成されている。従って、マウス102Fでの探傷面の選択は、例えば図8に示したように、探傷面を構成する一つの三角形801を選択することで達成される。

30

【0044】

次に、ステップS2において、ステップS1における入力情報に基づき計算機102Aは、図8に示したように、3次元形状データ501の探傷面に垂直な方向にZ方向802を定義する。3次元探傷データ401には必ず探傷面の位置情報も含まれているため、本処理は簡単な座標変換により実現できる。

【0045】

なお、選択する面は、必ずしも探傷面でなくともよい。探傷面と幾何学的な関係が既知である面であれば、その面を選択し、その面を基準として探傷面に垂直な方向を定義することも可能である。

【0046】

次に、ステップS3において、検査者は、ステップS2で3次元表示画面103Cに再表示された結果において、3次元探傷データ401と3次元形状データ501のZ方向803の正負が一致しているかを目視確認する。場合によっては図8に示したように、3次元探傷データ401と3次元形状データ501のZ方向803の正負が逆転し、所望の位置に表示されないことがある。

40

【0047】

Z方向803の正負が逆転している場合は、ステップS4において、検査者は、マウス102Fやキーボード102Gを用いて画面上のボタンを操作することにする。これにより、計算機102Aは、3次元形状データ501を探傷面に対して180度回転させ、Z方向803の正負を入れ替える

50

ステップS 3の判定でZ方向803の正負が逆転していないと判定された場合、若しくは、ステップS 4でZ方向803の正負が入れ替えられると、ステップS 5において、計算機102Aは、3次元探傷データ401の入射点を含む面と3次元形状データ501の探傷面を一致させて再表示する。図9は、再表示された状態を示している。

【0048】

次に、ステップS 6において、検査者が、3次元形状データ501上の所定の点901を、3次元表示画面103C上をマウス102Fでクリックして選択すると、計算機102Aは、点901を原点とするZ軸903を設定する。ここで所定の点901は、3次元形状データ501の中で、検査対象100の角等とする。更に、計算機102Aは、3次元探傷データの原点902と点901が一致するように3次元探傷データ401もしくは3次元形状データ501を平行移動させる。図10は、平行移動後の状態を示している。

10

【0049】

次に、ステップS 7において、検査者が、3次元形状データ501上の所定の点1001を、3次元表示画面103C上をマウス102Fでクリックして選択する。ここで所定の点1001は、3次元形状データ501の中で、検査対象100の角等とする。

【0050】

ステップS 7が実行されると、ステップS 8において、計算機102Aは、点901と点1001を結ぶ直線上に、点901を原点とするX軸1003を設定する。

【0051】

次に、ステップS 9において、計算機102Aは、ステップS 8までに設定されたZ軸、X軸を含めて右手系となるようにY軸を自動的に設定する。この時、座標系の原点は点901となっている。

20

【0052】

ステップS 1からステップS 9までの処理により、3次元形状データ501上に検査者が好みの任意の座標系を新たに設定したことになる。この座標系は、実際の測定においてアレイ型超音波センサ101の設置位置を記録しておく場合に用いられるような、検査対象100の特徴的な形状を基準にして設定することができる。通常は検査対象100の角等を原点とし、それらに接する辺をX軸やY軸に設定する。このように設定することにより、検査者は測定時と同じような感覚で3次元形状データ501に対するアレイ型超音波センサ101の設置位置を設定することができる。

30

【0053】

座標系を設定した後、ステップS 10において、計算機102Aは、マウス102Fやキーボード102Gを用いた回転角の入力情報に基づき、Z軸903の周りに3次元探傷データ401または3次元形状データ501を相対的に回転させ、表示を更新する。

【0054】

更に、ステップS 11は、計算機102Aは、マウス102Fやキーボード102Gを用いた平行移動量の入力情報に基づき、X軸1003、Y軸1004、Z軸903に沿った方向に3次元探傷データ401または3次元形状データ501を相対的に平行移動させ、表示を更新する。なお、ステップS 11とステップS 12は逆の順番でも構わない。

【0055】

最後に、ステップS 12において、検査者は、3次元探傷データ401と3次元形状データ501が所望の位置に表示されているかを目視確認する。所望の位置に表示されていない場合はステップS 10とステップS 11を繰り返す。

40

【0056】

以上の処理により、3次元探傷データ401と3次元形状データ501を効率良く位置合わせすることが可能となる。

【0057】

以上説明したように、本実施形態によれば、3次元探傷データと3次元形状データの表示位置合わせを容易にし、欠陥エコーと形状エコーの識別を迅速にできるようになる。

【0058】

50

次に、図 11 を用いて、本発明の他の実施形態による超音波探傷装置の構成及び動作について説明する。

図 11 は、本発明の他の一実施形態による超音波探傷装置の全体構成を示すブロック図である。なお、図 1 と同一符号は、同一部分を示している。

【0059】

図 1 に示した実施形態は、フェーズドアレイ法によって 3 次元探傷データ 401 が得られた場合を想定しているが、本発明はフェーズドアレイ以外の方法によって得られた 3 次元探傷データにも適用できる。たとえば、図 11 にて説明するように、3 次元探傷データ 401 が開口合成法によって得られた場合でも適用できる。

【0060】

本実施形態の超音波探傷装置は、検査対象 100 に超音波を入射するアレイ型超音波センサ 101 と、送・受信部 102 と、受信信号及び探傷画像を表示する表示部 103 とで構成されている。

【0061】

アレイ型超音波センサ 101 は、図示のように、基本的には超音波を発生し受信する複数個の圧電振動素子 104 で構成される。アレイ型超音波センサ 101 は、検査対象 100 の探傷面に設置された後、送・受信部 102 から供給される駆動信号により、アレイ型超音波センサ 101 が超音波 1102 を発生し、これを検査対象 100 内に伝播させ、これにより現れる反射波を検知して受信信号を送・受信部 102 に入力する働きをする。

【0062】

アレイ型超音波センサ 101 の個々の圧電振動素子 104 は、駆動信号制御部 1101 からパルサーを介して発せられる駆動信号により所要のタイミングで順次駆動され、圧電振動素子 104 から発生された超音波の反射波を、複数の圧電振動素子 104 で受信し、受信信号は送・受信部 102 のレシーバ 102D に入力される。すなわちアレイ型超音波センサ 101 の個々の圧電振動素子 104 は、圧電振動素子 104 の総数分の反射波をそれぞれ受信することになる。

【0063】

レシーバ 102D に入力された信号は、順次、データ収録部 102E に収録データとして収録され、収録データを用いて計算機 102A は各圧電振動素子 104 で得られた波形を開口合成によって 3 次元画像化処理し、表示部 103 に表示させる。

【0064】

計算機 102A は、基本的には CPU 102A1 と、RAM 102A2 と、ROM 102A3 とより構成されている。ROM 102A3 には、CPU 102A1 を制御するプログラムが書き込まれており、CPU 102A1 は、このプログラムに従ってデータ収録部 102E から必要とされる外部データを読込んだり、あるいは又 RAM 102A2 との間でデータの授受を行ったりしながら演算処理し、必要に応じて処理したデータをデータ収録部 102E へ出力する。

【0065】

計算機 102A による開口合成で生成された 3 次元探傷データ 401 を 3 次元形状データ 501 と位置合せして表示する方法は、図 7 ~ 図 10 にて説明した方法と同様である。

【0066】

本実施形態によっても、3 次元探傷データと 3 次元形状データの表示位置合わせを容易にし、欠陥エコーと形状エコーの識別を迅速にできるようになる。

【符号の説明】

【0067】

100 ... 検査対象
 101 ... アレイ型超音波センサ
 102 ... 送・受信部
 102A ... 計算機
 102A1 ... CPU

10

20

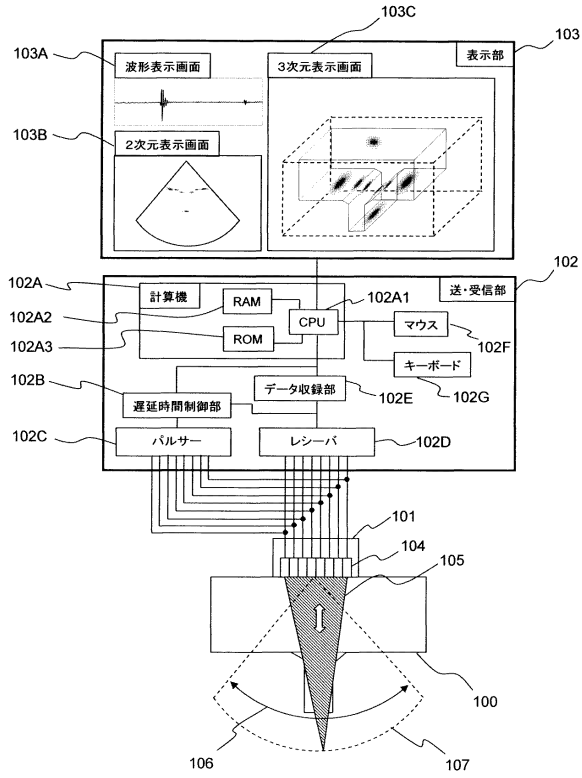
30

40

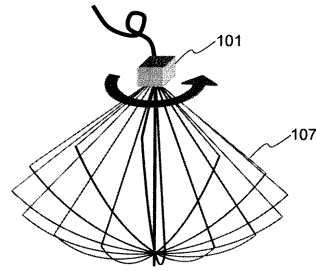
50

1 0 2 A 2 ... R A M	
1 0 2 A 3 ... R O M	
1 0 2 B ... 遅延時間制御部	
1 0 2 C ... パルサー	
1 0 2 D ... レシーバ	
1 0 2 E ... データ収録部	
1 0 2 F ... マウス	
1 0 2 G ... キーボード	
1 0 3 ... 表示部	
1 0 3 A ... 波形表示部	10
1 0 3 B ... 2次元表示画面	
1 0 3 C ... 3次元表示画面	
1 0 4 ... 圧電振動素子	
1 0 5 ... 超音波	
1 0 6 ... 入射角度	
1 0 7 ... セクタ	
4 0 1 ... 3次元探傷データ	
5 0 1 ... 3次元形状データ	
8 0 1 ... 三角形	
8 0 2 ... Z方向	20
9 0 1、1 0 0 1、1 0 0 2 ... 3次元形状データ上の点	
9 0 2 ... 3次元探傷データの原点	
9 0 3 ... Z軸	
1 0 0 3 ... X軸	
1 0 0 4 ... Y軸	
1 0 0 1 ... 駆動信号制御部	
1 0 0 2 ... 超音波	

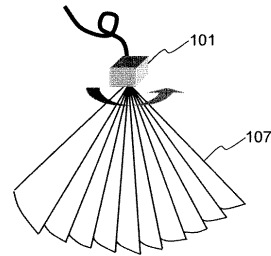
【図1】



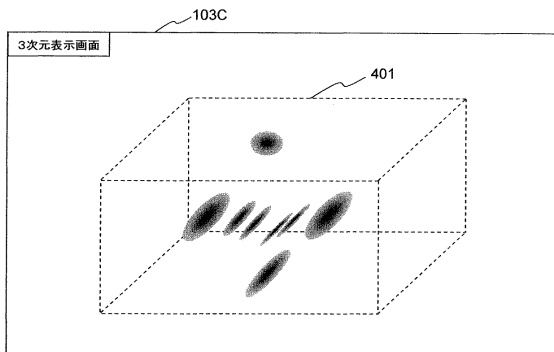
【図2】



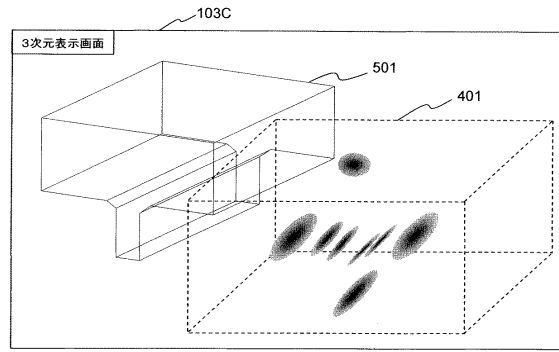
【図3】



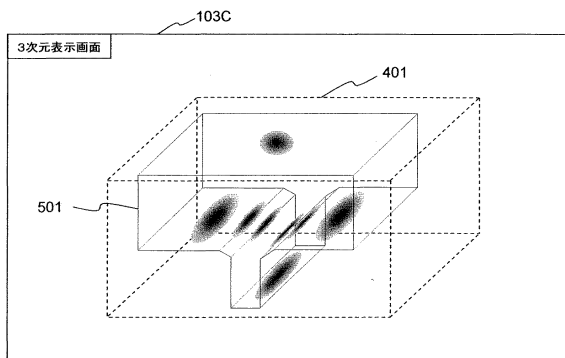
【図4】



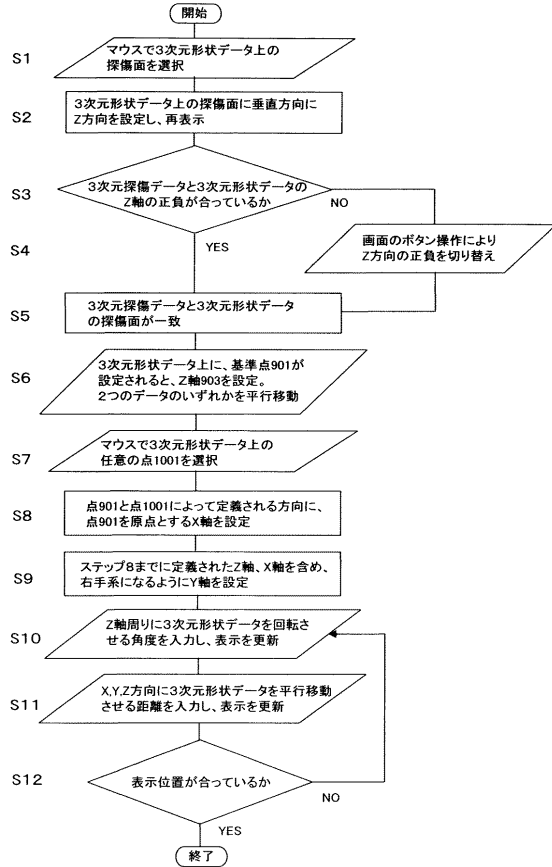
【図6】



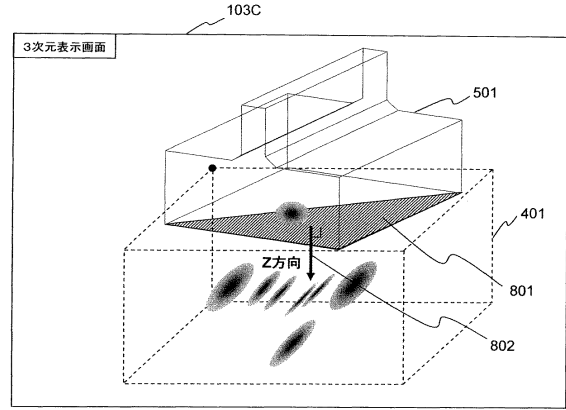
【図5】



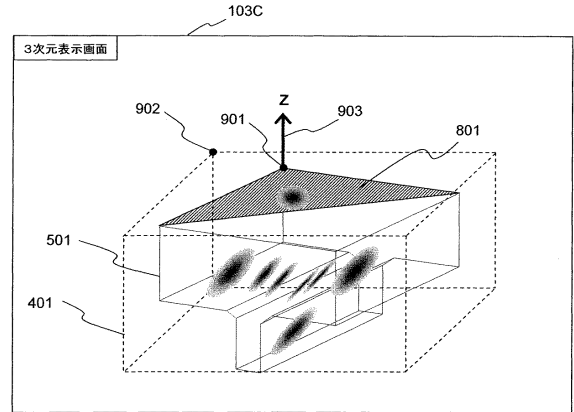
【図7】



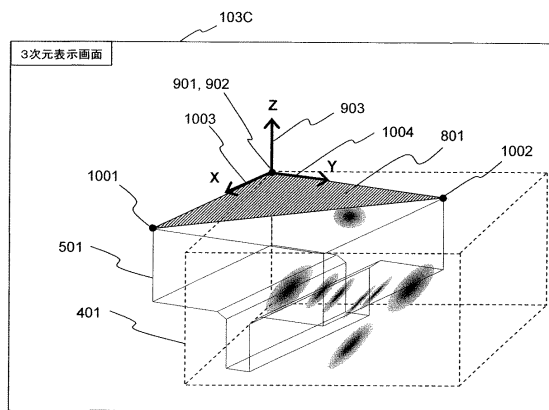
【図8】



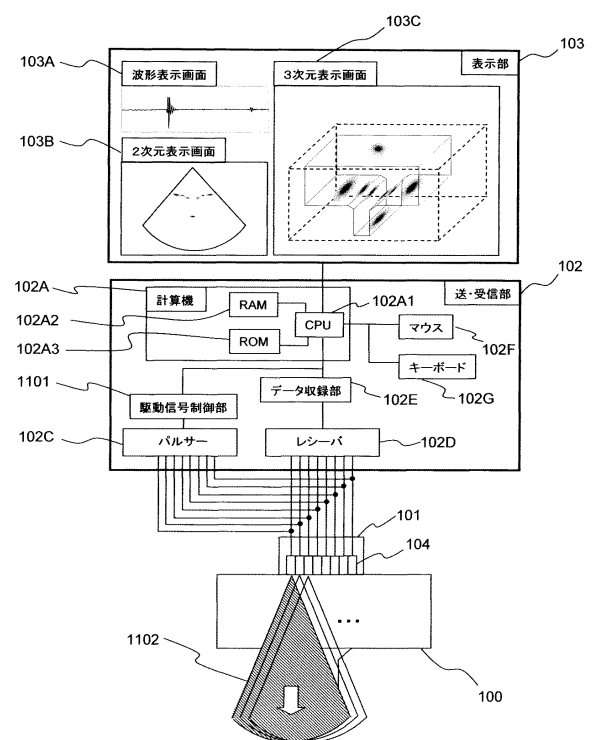
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 馬場 淳史

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
・環境システム研究所内

株式会社日立製作所 エネルギー

審査官 森口 正治

(56)参考文献 特開2009-288129(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 29/06