

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5125107号  
(P5125107)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月9日 (2012. 11. 9)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 M 99/00 (2011. 01)

GO 1 M 99/00 A

GO 1 H 17/00 (2006. 01)

GO 1 H 17/00 A

GO 1 M 15/02 (2006. 01)

GO 1 M 15/02

請求項の数 4 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2007-6397 (P2007-6397)  
 (22) 出願日 平成19年1月15日 (2007. 1. 15)  
 (65) 公開番号 特開2008-170400 (P2008-170400A)  
 (43) 公開日 平成20年7月24日 (2008. 7. 24)  
 審査請求日 平成22年1月12日 (2010. 1. 12)

(73) 特許権者 000002945  
 オムロン株式会社  
 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町  
 801番地  
 (74) 代理人 100127030  
 弁理士 増井 義久  
 (74) 代理人 100125944  
 弁理士 比村 潤相  
 (72) 発明者 土屋 直樹  
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不  
 動堂町801番地 オムロン株式会社内  
 (72) 発明者 稲葉 広典  
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不  
 動堂町801番地 オムロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査装置およびその制御方法、ならびに検査装置制御プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転体の検査を行う検査装置であって、  
 検査対象の上記回転体を含む対象装置からの振動信号を取得する振動信号取得手段と、  
 上記回転体の基準位置が1回転するごとに生成される対象周期パルスを取得する対象周  
 期パルス取得手段と、

上記振動信号のうち、所定数の上記対象周期パルスを取得する期間における所定の区間  
 の振動信号を含むフレームを、複数抽出する抽出手段と、

複数の上記フレームを用いて上記検査を行う検査手段と、

上記回転体において検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、上記基準位置か  
 らの位相で示した位相範囲を取得する位相範囲取得手段と、

上記振動信号のうち、上記対象周期パルスの周期において上記位相範囲に対応する区間  
 の振動信号のみを通過させるフィルタ手段とを備え、

上記位相範囲取得手段は、上記位相範囲と重み関数とを用いて、上記フィルタ手段に上  
 記位相範囲に対応する区間の振動信号を通過させるための位相フィルタ用波形データを生  
 成し、

上記位相フィルタ用波形データは、上記回転体において検査対象となる、第1の振動に  
 関する位相フィルタ用波形データと、上記第1の振動とは異なる第2の振動に関する位相  
 フィルタ用波形データとの間に部分的な重なりがある場合、上記第1の振動に関する位相  
 フィルタ用波形データの最大値が発生する時刻と上記第2の振動に関する位相フィルタ用

10

20

波形データの最大値が発生する時刻との中間の時刻以前は上記第 1 の振動に関する位相フィルタ用波形データの波形が選択され、該時刻より後は上記第 2 の振動に関する位相フィルタ用波形データの波形が選択されることを特徴とする検査装置。

【請求項 2】

上記対象装置は、複数の回転体を備えており、

上記複数の回転体のうち、基準となる回転体の回転に対応して生成される基準回転パルスを取得する基準回転パルス取得手段をさらに備えており、

上記対象周期パルス取得手段は、基準となる回転体と検査対象となる回転体との回転比率を利用して、上記基準回転パルスから上記対象周期パルスを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の検査装置。

10

【請求項 3】

回転体の検査を行う検査装置を動作させるための検査装置制御プログラムであって、

検査対象の上記回転体を含む対象装置からの振動信号を取得する振動信号取得手段と、

上記回転体の基準位置が 1 回転するごとに生成される対象周期パルスを取得する対象周期パルス取得手段と、

上記振動信号のうち、所定数の上記対象周期パルスを取得する期間における所定の区間の振動信号を含むフレームを、複数抽出する抽出手段と、

複数の上記フレームを用いて上記検査を行う検査手段と、

上記回転体において検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、上記基準位置からの位相で示した位相範囲を取得する位相範囲取得手段と、

20

上記振動信号のうち、上記対象周期パルスの周期において上記位相範囲に対応する区間の振動信号のみを通過させるフィルタ手段とを備え、

上記位相範囲取得手段は、上記位相範囲と重み関数とを用いて、上記フィルタ手段に上記位相範囲に対応する区間の振動信号を通過させるための位相フィルタ用波形データを生成し、

上記位相フィルタ用波形データは、上記回転体において検査対象となる、第 1 の振動に関する位相フィルタ用波形データと、上記第 1 の振動とは異なる第 2 の振動に関する位相フィルタ用波形データとの間に部分的な重なりがある場合、上記第 1 の振動に関する位相フィルタ用波形データの最大値が発生する時刻と上記第 2 の振動に関する位相フィルタ用波形データの最大値が発生する時刻との中間の時刻以前は上記第 1 の振動に関する位相フィルタ用波形データの波形が選択され、該時刻より後は上記第 2 の振動に関する位相フィルタ用波形データの波形が選択されることを特徴とする検査装置の各手段としてコンピュータを機能させるための検査装置制御プログラム。

30

【請求項 4】

回転体の検査を行う検査装置の制御方法であって、

検査対象の上記回転体を含む対象装置からの振動信号を取得する振動信号取得ステップと、

上記回転体の基準位置が 1 回転するごとに生成される対象周期パルスを取得する対象周期パルス取得ステップと、

上記振動信号のうち、所定数の上記対象周期パルスを取得する期間における所定の区間の振動信号を含むフレームを、複数抽出する抽出ステップと、

40

上記回転体において検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、上記基準位置からの位相で示した位相範囲を取得する位相範囲取得ステップと、

上記振動信号のうち、上記対象周期パルスの周期において上記位相範囲に対応する区間の振動信号のみを通過させるフィルタステップとを含み、

上記位相範囲取得ステップにおいて、上記位相範囲と重み関数とを用いて、上記フィルタステップにて上記位相範囲に対応する区間の振動信号を通過させるための位相フィルタ用波形データを生成し、

上記位相フィルタ用波形データは、上記回転体において検査対象となる、第 1 の振動に関する位相フィルタ用波形データと、上記第 1 の振動とは異なる第 2 の振動に関する位相

50

フィルタ用波形データとの間に部分的な重なりがある場合、上記第 1 の振動に関する位相フィルタ用波形データの最大値が発生する時刻と上記第 2 の振動に関する位相フィルタ用波形データの最大値が発生する時刻との中間の時刻以前は上記第 1 の振動に関する位相フィルタ用波形データの波形が選択され、該時刻より後は上記第 2 の振動に関する位相フィルタ用波形データの波形が選択されることを特徴とする検査装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転体の検査を行う検査装置およびその制御方法、ならびに検査装置制御プログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えばエンジン、トランスミッションなどの回転体と呼ばれる機器の製品検査では、製品を稼働させた場合に発生する振動に基づいて良否判定が行われている。従来、この良否判定は、検査員が上記振動の音を聴いたり、上記機器に手を触れたりすることにより行われていた。しかしながら、この場合、検査員の官能評価によって上記良否判定が行われるため、判定基準を定量化することが困難であり、論理的な妥当性を示すことが困難であった。そこで、近時では、上記振動をセンサによって検出し、検出した信号に基づいて、上記良否判定を自動的に行う検査装置が開発されている（例えば、特許文献 1 ～ 5 参照）。

【特許文献 1】特開平 8 - 43257 号公報（1996 年 2 月 16 日公開）

【特許文献 2】特開 2001 - 21455 号公報（2001 年 1 月 26 日公開）

【特許文献 3】特開 2001 - 221683 号公報（2001 年 8 月 17 日公開）

【特許文献 4】実開昭 63 - 90128 号公報（1988 年 6 月 11 日公開）

【特許文献 5】特開昭 61 - 66140 号公報（1986 年 4 月 4 日公開）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

回転体の検査において検出を所望する不良の特性は、例えば回転数（回転速度）を一定にするなど、安定した稼働条件の下で検出できるものが大半である。しかしながら、例えばオーダトラッキング解析などのように、稼働条件を変化させて検出する必要があるものも一部存在する。このような特性を検出するため、従来の検査装置では、稼働条件の変化に応じて、良否判定の基準を変更していた。

【0004】

しかしながら、この場合、安定した稼働条件の下で不良の特性を検出することを前提としているために、良否判定の基準を変更できない既存の検査装置を利用することができない。

【0005】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、稼働条件を変化させても、良否判定の基準を変更する必要がない検査装置などを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る検査装置は、回転体の検査を行う検査装置であって、上記課題を解決するために、検査対象の上記回転体を含む対象装置からの振動信号を取得する振動信号取得手段と、上記回転体の基準位置が 1 回転するごとに生成される対象周期パルスを取得する対象周期パルス取得手段と、上記振動信号のうち、所定数の上記対象周期パルスを取得する期間の振動信号をフレームとして抽出する抽出手段と、複数の上記フレームを用いて上記検査を行う検査手段とを備えることを特徴としている。

【0007】

また、本発明に係る検査装置の制御方法は、回転体の検査を行う検査装置の制御方法であって、上記課題を解決するために、検査対象の上記回転体を含む対象装置からの振動信

10

20

30

40

50

号を取得する振動信号取得ステップと、上記回転体の基準位置が1回転するごとに生成される対象周期パルスを取得する対象周期パルス取得ステップと、上記振動信号のうち、所定数の上記対象周期パルスを取得する期間の振動信号をフレームとして抽出する抽出ステップと、複数の上記フレームを用いて上記検査を行う検査ステップとを含むことを特徴としている。

【0008】

上記の構成および方法によると、振動信号の抽出は、対象周期パルスのパルス単位で行われるので、抽出された複数のフレームのそれぞれには、検査対象の回転体が所定数回転する間に発生する振動成分が含まれている。従って、これらのフレームを利用することにより、同じ判定基準で検査することができる。

10

【0011】

ところで、検査対象の装置によっては、検査対象の回転体の回転を検出できないが、別の回転体の回転を検出できる場合がある。

【0012】

そこで、本発明に係る検査装置では、上記対象装置は、複数の回転体を備えており、上記複数の回転体のうち、基準となる回転体の回転に対応して生成される基準回転パルスを取得する基準回転パルス取得手段をさらに備えており、上記対象周期パルス取得手段は、基準となる回転体と検査対象となる回転体との回転比率を利用して、上記基準回転パルスから上記対象周期パルスを生成してもよい。この場合、検査対象の回転体の回転を検出できなくても、別の回転体の回転を検出することにより、対象周期パルスを取得することができる。ここで、回転比率とは、基準となる回転体が1回転する間に検査対象となる回転体が回転する回転数をいう。

20

【0013】

本発明に係る検査装置では、上記回転体において検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、上記基準位置からの位相で示した位相範囲を取得する位相範囲取得手段と、上記振動信号のうち、上記位相範囲に対応する区間の振動信号のみを通過させるフィルタ手段をさらに備えることが好ましい。

【0014】

上記の構成によると、検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、基準位置からの位相で示しているため、対象周期パルスの周期が変化しても、該周期において位相範囲に対応する区間の振動信号には、検査対象となる振動成分が含まれることになる。従って、検査対象となる振動成分を含む振動信号を通過させ、それ以外の振動信号を遮断することにより、さらに精度良く検査することができる。

30

【0015】

本発明に係る検査装置は、回転体の検査を行う検査装置であって、上記課題を解決するために、検査対象の上記回転体を含む対象装置からの振動信号を取得する振動信号取得手段と、上記回転体の基準位置が1回転するごとに生成される対象周期パルスを取得する対象周期パルス取得手段と、上記回転体において検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、上記基準位置からの位相で示した位相範囲を取得する位相範囲取得手段と、上記振動信号のうち、上記対象周期パルスの周期において上記位相範囲に対応する区間の振動信号のみを通過させるフィルタ手段と、該フィルタ手段が通過させた振動信号を用いて上記検査を行う検査手段とを備えることを特徴としている。

40

【0016】

また、本発明に係る検査装置の制御方法は、回転体の検査を行う検査装置の制御方法であって、上記課題を解決するために、検査対象の上記回転体を含む対象装置からの振動信号を取得する振動信号取得ステップと、上記回転体の基準位置が1回転するごとに生成される対象周期パルスを取得する対象周期パルス取得ステップと、上記回転体において検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、上記基準位置からの位相で示した位相範囲を取得する位相範囲取得ステップと、上記振動信号のうち、上記対象周期パルスの周期において上記位相範囲に対応する区間の振動信号のみを通過させるフィルタステップと、該

50

フィルタステップにより通過された振動信号を用いて上記検査を行う検査ステップとを含むことを特徴としている。

【0017】

上記の構成および方法によると、検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、基準位置からの位相で示しているため、対象周期パルスの周期が変化しても、該周期において位相範囲に対応する区間の振動信号には、検査対象となる振動成分が含まれることになる。従って、稼働条件が変化しても、検査対象となる振動成分を含む振動信号のみを通過させることにより、同じ判定基準で検査することができる。

【0018】

なお、上記検査装置における各手段を、検査装置制御プログラムによりコンピュータ上で機能させることができる。さらに、上記検査装置制御プログラムをコンピュータ読取り可能な記録媒体に記憶させることにより、任意のコンピュータ上で上記検査装置制御プログラムを実行させることができる。

【発明の効果】

【0019】

以上のように、本発明に係る検査装置では、振動信号の抽出は、対象周期パルスのパルス単位で行われるので、抽出された複数のフレームのそれぞれには、検査対象の回転体が所定数回転する間に発生する振動成分が含まれており、これらのフレームを利用することにより、同じ判定基準で検査できるという効果を奏する。

【0020】

また、本発明に係る検査装置では、検査対象となる振動が発生する位置とその周辺を、基準位置からの位相で示しているため、対象周期パルスの周期が変化しても、該周期において位相範囲に対応する区間の振動信号には、検査対象となる振動成分が含まれることになり、その結果、稼働条件が変化しても、検査対象となる振動成分を含む振動信号のみを通過させることにより、同じ判定基準で検査できるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明の一実施形態について図1～図23を参照して説明する。図2は、本実施形態の検査システムの概略構成を示している。検査システム10は、例えばエンジンのような、回転体を有する製品11の稼働時に生ずる振動を利用して、製品11の検査（良否判定）を行うものである。

【0022】

製品11の振動は、振動センサ12・13にて検出され、検出された振動の時系列データ（以下「振動データ」と略称する。）が検査装置14に送信される。また、製品11の運転状態は、運転状態検出センサ15にて検出され、検出結果が運転状態データとして運転制御装置16に送信される。運転制御装置16は、受信した運転状態データに基づいて、製品11を駆動制御すると共に、上記運転状態データを検査装置14に送信する。

【0023】

検査装置14は、振動センサ12・13から受信した振動データと、検査員17が設定した検査用パラメータとを用いて、振動の特徴量を算出し、算出した特徴量に基づいて製品11の良否判定を行う。

【0024】

本実施形態では、検査装置14は、運転制御装置16から受信した運転状態データと、検査員17などによって外部から入力された製品11の構造情報とを用いて、上記振動の特徴量を、運転状態に依存しないものに補正している。図3は、本実施形態の検査システム10において、製品11の運転状態を示す回転数の時間変化と、検査装置14が補正した振動の特徴量（以下、「補正特徴量」と称す。）の時間変化とを概念的に示している。同図における一点鎖線は、良否の判定基準の閾値を示している。また、図23は、図3の比較例であり、従来の検査システムにおいて、製品の運転状態を示す回転数の時間変化と、検査装置が算出した振動の特徴量の時間変化とを概念的に示している。

## 【 0 0 2 5 】

ここで、特徴量の例としては、振動データの平均値、標準偏差、最大値、ピーク値、ボトム値、波形率、衝撃指数、波高率、歪度、尖り度などが挙げられる。

## 【 0 0 2 6 】

図 2 3 に示されるように、従来の検査システムは、回転数の変化に応じて、特徴量も変化していた。このため、回転数の変化に合わせて良否の判定基準を変化させる必要があった。これに対し、本実施形態の検査システム 1 0 では、図 3 に示されるように、回転数が変化しても、補正特徴量は変化しないことが理解できる。従って、運転状態が変化しても、良否の判定基準を変更する必要が無い。

## 【 0 0 2 7 】

次に、検査装置 1 4 の詳細について図 4 を参照して説明する。図 4 は、検査装置 1 4 の概略構成を示している。図示のように、検査装置 1 4 は、制御部 2 1、記憶部 2 2、受信部 2 3、入力部 2 4、および表示部 2 5 を備える構成である。

## 【 0 0 2 8 】

制御部 2 1 は、検査装置 1 4 における各部の動作を統括的に制御するものであり、例えば P C ベースのコンピュータによって構成される。そして、各部の動作制御は、制御プログラムをコンピュータに実行させることによって行われる。また、記憶部 2 2 は、各種の情報を記憶するものであり、例えばハードディスク装置などの不揮発性の記録媒体によって構成される。なお、制御部 2 1 および記憶部 2 2 の詳細については後述する。

## 【 0 0 2 9 】

受信部 2 3 は、外部から信号を受信するものであり、受信した信号を制御部 2 1 に送信する。具体的には、受信部 2 3 は、振動センサ 1 2 ・ 1 3 から振動データを受信すると共に、運転制御装置 1 6 から運転状態データを受信している。なお、受信部 2 3 は、信号を有線で受信してもよいし、無線で受信してもよい。

## 【 0 0 3 0 】

入力部 2 4 は、検査員 1 7 からの指示入力、情報入力などを受け付けるものであり、例えばキーボードやボタンなどのキー入力デバイスや、マウスなどのポインティングデバイスなどによって構成される。なお、入力部 2 4 と共に、或いは入力部 2 4 の代わりに、印刷された情報を読み取るスキャナデバイス、無線または有線の伝送媒体を介して信号を受信する受信デバイス、外部または自装置内の記録媒体に記録されたデータを再生する再生デバイスなどを用いて、外部からの情報の入力を受け付けても良い。

## 【 0 0 3 1 】

表示部 2 5 は、制御部 2 1 からの指示に基づいて情報を表示するものであり、例えば L C D (Liquid Crystal Display)、P D P (Plasma Display Panel)、C R T (Cathode Ray Tube) などの表示デバイスによって構成される。なお、表示部 2 5 と共に、或いは表示部 2 5 の代わりに、紙などの印刷媒体に情報を印刷する印刷出力デバイス、上記伝送媒体を介して信号を送信する送信デバイス、上記記録媒体にデータを記録する記録デバイスなどを用いて、外部に情報を出力しても良い。

## 【 0 0 3 2 】

次に、制御部 2 1 および記憶部 2 2 の詳細について説明する。図 4 に示されるように、制御部 2 1 は、構造情報取得部 3 1、検査用パラメータ取得部 3 2、センサ情報取得部 3 3、検査部 3 4、および検査結果表示制御部 3 5 を備える構成である。また、記憶部 2 2 は、構造情報 3 6 および検査用パラメータ 3 7 を記憶している。

## 【 0 0 3 3 】

構造情報取得部 3 1 は、製品 1 1 の構造情報を、検査員 1 7 から入力部 2 4 を介して取得するものであり、取得した構造情報を記憶部 2 2 に記憶する。本実施形態では、製品 1 1 の構造情報 3 6 として、基準となる回転体 (以下「基準回転体」と称する。) の 1 回転に対する、検査対象となる回転体 (以下「対象回転体」と称する。) の回転数を示す回転比率と、運転状態を検出するために、基準回転体に設けられた歯の構造を示す歯構造と、対象回転体において、基準となる位置から不良要因の発生する位置までの角度を示す位相

10

20

30

40

50

のずれとを利用している。ここで、製品 1 1 が内燃機関である場合、基準回転体の例としてカムシャフトを挙げることができる。

【 0 0 3 4 】

検査用パラメータ取得部 3 2 は、検査に利用される各種のパラメータである検査用パラメータを、検査員 1 7 から入力部 2 4 を介して取得するものであり、取得した検査用パラメータを記憶部 2 2 に記憶する。本実施形態では、検査用パラメータ 3 7 として、重み関数の種類と、位相フィルタ区間の幅と、1 フレーム当りのパルス信号の回転数と、フレームシフトを示すパルス信号の回転数と、正規化の要否とを利用している。

【 0 0 3 5 】

センサ情報取得部 3 3 は、センサからのセンサ情報を、受信部 2 3 を介して取得し、取得したセンサ情報に対し増幅、整形などの所定の処理を行うものである。本実施形態では、上記センサ情報として、振動センサ 1 2 ・ 1 3 からの振動データと、運転状態検出センサ 1 5 から運転制御装置 1 6 を介しての運転状態データとを取得している。センサ情報取得部 3 3 は、取得し処理されたセンサ情報を、検査部 3 4 に送出する。

【 0 0 3 6 】

検査部 3 4 は、センサ情報取得部 3 3 から受信するセンサ情報と、記憶部 2 2 が記憶する構造情報 3 6 および検査用パラメータ 3 7 とを利用して、対象回転体の検査を行うものである。検査部 3 4 は、検査結果を検査結果表示制御部 3 5 に送出する。検査結果表示制御部 3 5 は、検査部 3 4 からの検査結果を表示するように、表示部 2 5 を制御するものである。

【 0 0 3 7 】

次に、検査部 3 4 の詳細について、図 1 および図 5 を参照して説明する。図 1 は、検査部 3 4 の概略構成を示している。図示のように、検査部 3 4 は、周波数フィルタ部 4 1、対象周期パルス生成部 4 2、位相フィルタ用波形生成部 4 3、位相フィルタ部 4 4、フレーム抽出部 4 5、正規化部 4 6、周期性強調部 4 7、フレーム特徴量算出部 4 8、および代表特徴量算出部 4 9 を備える構成である。

【 0 0 3 8 】

図 5 は、上記構成の検査部 3 4 における検査工程の流れを示している。図示のように、上記検査工程では、センサ情報取得部 3 3 から取得した振動データに対し、周波数フィルタ部 4 1 が周波数フィルタ処理（ステップ S 1 1。以下、単に「S 1 1」と記載することがある。他のステップについても同様である。）を実行し、位相フィルタ部 4 4 が位相フィルタ処理（S 1 2）を実行し、フレーム抽出部 4 5 がフレーム抽出処理（S 1 3）を実行し、周期性強調部 4 7 が周期性強調処理（S 1 4）を実行し、フレーム特徴量算出部 4 8 がフレーム特徴量算出処理（S 1 5）を実行し、代表特徴量算出部 4 9 が代表特徴量算出処理（S 1 6）を実行することにより、良否の判定指標となる 1 つの代表的特徴量が算出される。

【 0 0 3 9 】

周波数フィルタ部 4 1 は、振動センサ 1 2 ・ 1 3 が検出した振動データをセンサ情報取得部 3 3 から取得し、取得した振動データのうち、検査対象となる振動（以下「対象振動」と称する。）に固有の周波数帯域のものを通過させ、その他の帯域のものを遮断させるものである。これにより、検査対象以外の振動成分を振動データから或る程度除去することができる。周波数フィルタ部 4 1 は、処理した振動データを位相フィルタ部 4 4 に送出する。

【 0 0 4 0 】

対象周期パルス生成部 4 2 は、対象回転体の 1 回転の周期に対応して発生するパルスである対象周期パルスを生成するものである。この対象周期パルスは、センサ情報取得部 3 3 が取得した運転状態データと、記憶部 2 2 が記憶する構造情報 3 6 および検査用パラメータ 3 7 とを利用して生成される。対象周期パルス生成部 4 2 は、生成した対象周期パルスを位相フィルタ用波形生成部 4 3 およびフレーム抽出部 4 5 に送出する。なお、対象周期パルス生成部 4 2 は、対象周期パルスを生成する代わりに、対象周期パルスの発生時刻

を生成してもよい。

【 0 0 4 1 】

位相フィルタ用波形生成部 4 3 は、対象回転体において基準位置から対象振動の発生位置までの位相を特定し、特定した位相を含む所定区間の振動データを通してするための波形データを生成するものである。この波形データは、対象周期パルス生成部 4 2 が生成した対象周期パルスと、記憶部 2 2 が記憶する構造情報 3 6 および検査用パラメータ 3 7 とを利用して生成される。位相フィルタ用波形生成部 4 3 は、生成した位相フィルタ用波形データを位相フィルタ部 4 4 に送出する。

【 0 0 4 2 】

位相フィルタ部 4 4 は、位相フィルタ用波形生成部 4 3 からの波形データを利用して、周波数フィルタ部 4 1 からの振動データのうち、上記所定区間のものを通してものである。これにより、検査対象以外の振動成分を振動データから確実に除去することができる。位相フィルタ部 4 4 は、処理した振動データを濾波データとしてフレーム抽出部 4 5 に送信する。

【 0 0 4 3 】

フレーム抽出部 4 5 は、位相フィルタ部 4 4 からの濾波データに対し、対象回転体の回転に同期して、濾波データの部分集合であるフレームを切り出すものである。フレームは、対象周期パルス生成部 4 2 からの対象周期パルスと、記憶部 2 2 が記憶する検査用パラメータ 3 7 とを利用して切り出される。フレーム抽出部 4 5 は、切り出したフレームを正規化部 4 6 に送出する。

【 0 0 4 4 】

正規化部 4 6 は、フレーム抽出部 4 5 からのフレームの濾波データを正規化するものである。正規化部 4 6 は、正規化したフレームを周期性強調部 4 7 に送出する。なお、上記正規化を省略することもできる。上記正規化の要否は検査用パラメータ 3 7 に含まれている。

【 0 0 4 5 】

周期性強調部 4 7 は、正規化部 4 6 からのフレームの濾波データに対し、周期性を有する成分を強調するものである。周期性強調部 4 7 は、強調されたフレームをフレーム特徴量算出部 4 8 に送出する。なお、上記周期性成分の強調は、濾波データの特徴が顕著ではない場合に行われる。

【 0 0 4 6 】

フレーム特徴量算出部 4 8 は、周期性強調部 4 7 からのフレームの濾波データに対し統計的処理を行うことにより、上記フレームの統計的な特徴量を算出するものである。フレーム特徴量算出部 4 8 は、算出した特徴量を代表特徴量算出部 4 9 に送出する。

【 0 0 4 7 】

代表特徴量算出部 4 9 は、フレーム特徴量算出部 4 8 から受け取る全フレームに関して、フレームの特徴量の時間的推移を示す 1 つの値を代表特徴量として算出するものである。この代表特徴量の例としては、特徴量の最大値、最小値などが挙げられる。代表特徴量算出部 4 9 は、算出した代表特徴量を検査結果表示制御部 3 5 に送出する。

【 0 0 4 8 】

次に、検査部 3 4 における対象周期パルス生成部 4 2、位相フィルタ用波形生成部 4 3、および位相フィルタ部 4 4 の詳細について、図 6 ~ 図 2 2 を参照して説明する。図 6 は、周波数フィルタ部 4 1、対象周期パルス生成部 4 2、位相フィルタ用波形生成部 4 3、および位相フィルタ部 4 4 において利用される情報および生成される情報の概要を示している。また、図 7 は、図 5 に示される位相フィルタ処理 ( S 1 2 ) において、対象周期パルス生成部 4 2 が実行する処理の流れを示している。そして、図 8 は、位相フィルタ処理 ( S 1 2 ) において、位相フィルタ用波形生成部 4 3 および位相フィルタ部 4 4 が実行する処理の流れを示している。

【 0 0 4 9 】

まず、図 6 に示されるように、センサ情報取得部 3 3 は、振動センサ 1 2 ・ 1 3 から取

10

20

30

40

50

得した振動データに対し、増幅、整形などの所定の処理を施した上で、周波数フィルタ部 4 1 に送出している。また、センサ情報取得部 3 3 は、運転制御装置 1 6 から取得した運転状態データに対し、増幅、整形などの所定の処理を施した上で、対象周期パルス生成部 4 2 に送出している。

【 0 0 5 0 】

対象周期パルス生成部 4 2 は、センサ情報取得部 3 3 から取得した運転状態データと、記憶部 2 2 が記憶する構造情報 3 6 に含まれる回転比率の情報およびセンサの歯の情報とを利用して、上述の対象周期パルスを生成している。具体的には、図 7 に示されるように、対象周期パルス生成部 4 2 は、基準周期パルスを生成する処理 ( S 2 1 ) と、対象周期パルスを生成する処理 ( S 2 2 ) と、対象周期パルスの発生時刻を算出する処理 ( S 2 3 ) とを行っている。ここで、基準周期パルスは、基準回転体の 1 回転の周期に対応して発生するパルスである。

10

【 0 0 5 1 】

まず、基準周期パルスを生成する処理 ( S 2 1 ) について、図 9 および図 1 0 を参照して説明する。図 9 は、運転状態検出センサ 1 5 の構成要素であるセンサ素子の概要を示している。また、図 1 0 は 2 つのパルスの時間変化を示している。

【 0 0 5 2 】

上記センサ素子は、基準回転体と共に回転するものであり、基準回転体の回転量を検出するために、周方向に 1 または複数の歯が設けられている。なお、複数の歯が設けられる場合、隣り合う歯どうしの間隔は、等間隔であってもよいし、等間隔でなくてもよい。また、等間隔で設けられた複数の歯のうち、一部の歯が省略された構成であってもよい。

20

【 0 0 5 3 】

図 9 に示される例では、センサ素子 6 1 は、周方向に等間隔な 1 2 箇所のうち、1 1 箇所に歯 6 2 が設けられている。このようなセンサ素子 6 1 は、例えば、自動車のエンジンにおいて、点火のタイミングなどをとるためにカムシャフトに設けられている。

【 0 0 5 4 】

上記構成のセンサ素子 6 1 に対し、撮影したり、センサ素子 6 1 に光を照射し、その反射光を受光したり、センサ素子 6 1 に電圧を印加したりすることにより、運転制御装置 1 6 は、センサ素子 6 1 の歯 6 2 に対応して発生するパルスを取得できる。このパルスは、センサ素子 6 1 が高速で回転すると、パルス間隔およびパルス幅が短くなり、センサ素子 6 1 が低速で回転すると、パルス間隔およびパルス幅が長くなる。すなわち、上記パルスは、基準回転体の回転に対応して生成されるので、以下では「基準回転パルス」と称する。運転制御装置 1 6 は、上記基準回転パルスの時系列データ ( 以下「基準回転パルスデータ」と略称する。 ) を運転状態データとして検査装置 1 4 に送信している。

30

【 0 0 5 5 】

検査装置 1 4 の対象周期パルス生成部 4 2 は、運転制御装置 1 6 から受信部 2 3 およびセンサ情報取得部 3 3 を介して取得する基準回転パルスデータを利用して、上記基準周期パルスを生成する。図 1 0 は、上記基準回転パルスの時間変化を上段に示し、上記基準周期パルスの時間変化を下段に示している。図示のように、基準回転パルスは、センサ素子 6 1 が 1 回転する間に、1 1 個発生し、1 個分空くことになる。

40

【 0 0 5 6 】

従って、対象周期パルス生成部 4 2 は、まず、記憶部 2 2 の構造情報 3 6 からセンサ素子 6 1 の構造情報、すなわちセンサ素子 6 1 における歯 6 2 の設置数および空き数を取得する。次に、対象周期パルス生成部 4 2 は、取得した歯 6 2 の設置数および空き数に対応するパルスのパターンを基準回転パルスデータから探し出し、見つかったパターンにおける先頭の基準回転パルスの立ち上がり時刻に、パルスを発生させる。これにより、対象周期パルス生成部 4 2 は、図 1 0 の下段に示すような、基準回転体 ( センサ素子 6 1 ) の 1 回転の周期に対応して発生するパルスである基準周期パルスを生成することができる。

【 0 0 5 7 】

次に、図 7 に示される対象周期パルスを生成する処理 ( S 2 2 ) と、対象周期パルスの

50

発生時刻を算出する処理（Ｓ２３）とについて説明する。通常、基準回転体が１回転する間に対象回転体が回転する回転数、すなわち回転比率は一定である。従って、対象回転体の単位時間当りの回転数は、基準回転体の単位時間当りの回転数に上記回転比率を乗算したものとなる。すなわち、対象周期パルスの単位時間当りの発生数は、基準周期パルスの単位時間当りの発生数に上記回転比率を乗算したものとなる。

#### 【００５８】

そこで、対象周期パルス生成部４２は、まず、生成した基準周期パルスの現在の単位時間当りの発生数を算出する。次に、対象周期パルス生成部４２は、算出した発生数に、記憶部２２の構造情報３６から取得した回転比率を乗算することにより、対象周期パルスの現在の単位時間当りの発生数を算出する。これにより、対象周期パルス生成部４２は、算出した発生数に基づいて、対象周期パルスの時系列データ $q(t)$ （以下「対象周期パルスデータ $q(t)$ 」）と略称する。）を生成できると共に（Ｓ２２）、 $i$ 番目（ $i$ は自然数）の対象周期パルスの発生時刻 $q_i$ を算出できる（Ｓ２３）

図１１は、上から順に、基準周期パルスの時間変化と、回転比率が０．５である場合の対象周期パルスの時間変化と、回転比率が１．５である場合の対象周期パルスの時間変化とを示している。同図を参照すると、基準周期パルスと回転比率とから対象周期パルスが生成できることが理解できる。

#### 【００５９】

図６に戻ると、位相フィルタ用波形生成部４３は、対象周期パルス生成部４２が生成した対象周期パルスの発生時刻 $q_i$ と、記憶部２２の構造情報３６に含まれる位相のずれと、記憶部２２の検査用パラメータ３７に含まれる位相フィルタ区間の幅と、重み関数の種類とを利用して、位相フィルタ用波形データを生成している。具体的には、図８に示されるように、位相フィルタ用波形生成部４３は、不良要因の発生時刻を特定する処理（Ｓ２４）と、位相フィルタ区間を設定する処理（Ｓ２５）と、位相フィルタ用波形データを生成する処理（Ｓ２６）とを行っている。なお、ここでの不良要因は、製品１１に含まれる部品における不良要因のうち、特に周期的な衝撃成分が発生するものである。

#### 【００６０】

まず、不良要因の発生時刻を特定する処理（Ｓ２４）と位相フィルタ区間を設定する処理（Ｓ２５）とについて、図１２および図１３を参照して説明する。図１２および図１３は、対象回転体６５の回転時において、対象周期パルスが発生するタイミング $q_i$ と、検査対象となる $j$ 番目（ $j$ は自然数）の不良要因の衝撃成分が発生するタイミング $q'_{i,j}$ と、 $j$ 番目の不良要因の衝撃成分が発生する可能性の高い区間 $l_j$ とを示している。

#### 【００６１】

図１２および図１３に示されるように、対象周期パルスが発生してから、対象回転体６５が所定角度回転すると、不良要因の衝撃成分が発生している。すなわち、対象周期パルスが発生するタイミング $q_i$ と、不良要因の衝撃成分が発生するタイミング $q'_{i,j}$ との間には、位相のずれ $d_j$ （単位は度）が存在している。従って、位相フィルタ用波形生成部４３は、対象周期パルスの発生時刻 $q_i$ と不良要因の位相のずれ $d_j$ とを用いて、不良要因の衝撃成分が発生する時刻 $q'_{i,j}$ を次式で求めることができる。

#### 【００６２】

##### 【数１】

$$q'_{i,j} = q_i + \frac{d_j}{360} T_i$$

#### 【００６３】

ここで、 $T_i$ は対象周期パルスの現在の発生周期である。なお、この位相のずれ $d_j$ は、不良要因によって決まる数値である。また、上記位相のずれ $d_j$ は、対象回転体６５の回転周期に比例し、すなわち対象周期パルスの発生周期に比例することになる。

#### 【００６４】

また、図１２および図１３に示されるように、不良要因の衝撃成分が発生する区間 $l_j$

10

20

30

40

50

は、有限であり、かつ、不良要因ごとに決まる。そこで、位相フィルタ用波形生成部 4 3 は、上記区間  $1_j$  を位相フィルタ区間として次式のように設定する。

【 0 0 6 5 】

【 数 2 】

$$q'_{i,j} - \frac{1}{2} \frac{l_j}{360} T_i < t < q'_{i,j} + \frac{1}{2} \frac{l_j}{360} T_i$$

【 0 0 6 6 】

次に、位相フィルタ用波形データを生成する処理 ( S 2 6 ) について、図 1 4 および図 1 5 を参照して説明する。位相フィルタ用波形生成部 4 3 は、設定した位相フィルタ区間  $1_j$  と、記憶部 2 2 の検査用パラメータ 3 7 に含まれる重み関数とを用いて、位相フィルタ用波形データを生成する。

10

【 0 0 6 7 】

上記重み関数は、位相フィルタ区間  $1_j$  にて計測される波形を強調するために振動データに施されるマスク関数である。検査装置 1 4 には、複数の重み関数が記憶されており、検査員 1 7 によって選択された重み関数が、記憶部 2 2 の検査用パラメータ 3 7 に記憶されることになる。

【 0 0 6 8 】

図 1 4 ( a ) ~ ( c ) は、上記重み関数  $w( \quad, a )$  の一例を示している。同図 ( a ) ~ ( c ) は、それぞれ矩形、三角形、およびガウス関数の重み関数  $w( \quad, a )$  を示している。各重み関数  $w( \quad, a )$  は次式で表される。

20

【 0 0 6 9 】

【 数 3 】

$$\text{矩形の重み関数} : w(\tau, a) = \begin{cases} -\frac{a}{2} < \tau < \frac{a}{2} \text{ の場合} & 1 \\ \text{上記以外の場合} & 0 \end{cases}$$

$$\text{三角形の重み関数} : w(\tau, a) = \begin{cases} -\frac{a}{2} < \tau < 0 \text{ の場合} & \frac{2}{a}\tau + 1 \\ 0 < \tau < \frac{a}{2} \text{ の場合} & -\frac{2}{a}\tau + 1 \\ \text{上記以外の場合} & 0 \end{cases}$$

30

$$\text{ガウス関数の重み関数} : w(\tau, a) = \begin{cases} -\frac{a}{2} \leq \tau \leq \frac{a}{2} \text{ の場合} & e^{-\frac{4 \log s}{a^2} \tau^2} \\ \text{上記以外の場合} & 0 \end{cases}$$

40

【 0 0 7 0 】

従って、或る不良要因の衝撃成分を強調するための位相フィルタ用波形データ  $g_j(t)$  は、次式で表される。

【 0 0 7 1 】

## 【数 4】

$$g_j(t) = \begin{cases} t \text{ が位相フィルタ区間内} & w(t - q'_{i,j}, \frac{l}{360} T_i) \\ \text{上記以外の場合} & 0 \end{cases}$$

## 【0072】

そして、位相フィルタ用波形生成部 43 は、各不良要因に関する位相フィルタ用波形データ  $g_j(t)$  を用いて、全体の位相フィルタ用波形データ  $g(t)$  を作成する。図 15 は、上から順に、2つの不良要因に関する位相フィルタ用波形データ  $g_1(t)$ 、 $g_2(t)$  と、全体の位相フィルタ用波形データ  $g(t)$  との一例をそれぞれ示している。図示の例では、重み関数として三角形が利用されている。

10

## 【0073】

図 15 に示されるように、位相フィルタ用波形データ  $g(t)$  は、各不良要因に関する位相フィルタ用波形データ  $g_j(t)$  に関して、或る時刻  $t$  の最大値を算出し、これを他の時刻  $t$  についても繰り返すことにより生成される。図示の例では、全体の位相フィルタ用波形データ  $g(t)$  は、第 1 の不良要因の衝撃成分が発生する時刻  $q'_{i,1}$  と、第 2 の不良要因の衝撃成分が発生する時刻  $q'_{i,2}$  との中間の時刻以前は、第 1 の不良要因に関する位相フィルタ用波形データ  $g_1(t)$  が選択され、該時刻以降は、第 2 の不良要因に関する位相フィルタ用波形データ  $g_2(t)$  が選択されたものとなっている。

20

## 【0074】

図 6 に戻ると、位相フィルタ部 44 は、位相フィルタ用波形生成部 43 からの位相フィルタ用波形データ  $g(t)$  を利用して、周波数フィルタ部 41 からの振動データ  $x(t)$  のうち、位相フィルタ区間のものを通過させることにより、濾波データ  $y(t)$  を生成する。具体的には、次式に従って、濾波データ  $y(t)$  を算出する。

$$y(t) = g(t) \times x(t)。$$

## 【0075】

図 16 は、上記位相フィルタ用波形データ  $g(t)$ 、振動データ  $x(t)$ 、および濾波データ  $y(t)$  の時間変化の一例をそれぞれ示すグラフである。図示の例では、重み関数として矩形が利用されている。振動データ  $x(t)$  のグラフのうち破線は、周波数フィルタ部 41 に入力される振動データを示しており、実線は、周波数フィルタ部 41 から出力される振動データを示している。同図を参照すると、不良要因が発生する区間に関する振動のみが残り、その他の区間の振動がほぼゼロとなっていることが理解できる。

30

## 【0076】

次に、検査部 34 におけるフレーム抽出部 45 および正規化部 46 の詳細について、図 17 ~ 図 22 を参照して説明する。図 17 は、フレーム抽出部 45 および正規化部 46 において利用される情報および生成される情報の概要を示している。また、図 18 は、図 5 に示されるフレーム抽出処理 (S13) において、フレーム抽出部 45 が実行する処理の流れを示している。

40

## 【0077】

まず、図 17 に示されるように、フレーム抽出部 45 は、位相フィルタ部 44 から取得した濾波データと、対象周期パルス生成部 42 から取得した対象周期パルスデータと、記憶部 22 の検査用パラメータ 37 に含まれる 1 フレーム当りのパルス数およびフレームシフト量とを利用して、上述のフレームを切り出すものである。また、正規化部 46 は、記憶部 22 の検査用パラメータ 37 に含まれる正規化の要否に基づいて、フレーム抽出部 45 が抽出したフレームの正規化を行うものである。具体的には、図 18 に示されるように、フレーム抽出部 45 は、フレーム数を求める処理 (S31) と、フレーム切り出し処理 (S33)、正規化判断処理 (S34)、および正規化処理 (S35) を上記フレーム数だけ繰り返す処理 (S32) とを行っている。

50

## 【 0 0 7 8 】

ここで、フレームシフト量は、隣り合うフレーム同士のずれの量であり、本実施形態では、対象周期パルスの数で設定されている。図 1 9 は、或る測定波形と、該測定波形から切り出した、隣り合うフレームとの一例を示している。なお、測定波形のグラフには、対象周期パルスが棒線で示されている。図示の例では、13 個の対象周期パルス（対象回転体の 13 回転に相当）分の測定波形が 1 フレームとして切り出されている。また、フレームシフト量は、2 個の対象周期パルス分である。

## 【 0 0 7 9 】

まず、フレーム数を求める処理（S 3 1）について説明する。この処理は、濾波データ全体から取得可能なフレーム数を求める処理である。フレーム数  $N_f$  は次式によって求められる。

10

## 【 0 0 8 0 】

## 【 数 5 】

$$N_f = \text{floor}\left(\frac{N_q - n - 1}{m}\right) + 1$$

## 【 0 0 8 1 】

ここで、 $N_q$  は、対象周期パルスのパルス数であり、 $n$  は、1 フレーム当りの対象周期パルスの数であり、 $m$  は、フレームシフト量である。また、floor 関数は、小数点以下を切り捨てるものである。

20

## 【 0 0 8 2 】

次に、フレーム切り出し処理（S 3 3）について説明する。まず、1 フレーム当りの対象周期パルスの数と、フレームシフト量とから、 $k$  番目（ $k$  は 1 ～  $N_f$  の自然数）のフレームの開始時刻  $q_{(k-1)m+1}$  と終了時刻  $q_{(k-1)m+n+1}$  とを算出する。そして、算出した開始時刻および終了時刻に基づいて、濾波データから  $k$  番目のフレームを切り出す。すなわち、 $k$  番目のフレームのデータ  $x_k(t_k)$  は、濾波データ  $x(t)$  から次式によって切り出される。

$$x_k(t_k) = x(t_k + q_{(k-1)m+1})$$

なお、計測開始時刻から最初のフレーム  $q_1$  までの濾波データと、最後のフレーム  $q_{(N_f-1)m+n+1}$  から計測終了時刻までの濾波データとは無視される。

30

## 【 0 0 8 3 】

次に、正規化判断処理（S 3 4）および正規化処理（S 3 5）について説明する。正規化部 4 6 は、検査用パラメータ 3 7 に含まれる正規化の要否の設定情報に基づいて、正規化が必要であるか否かを判断する。正規化が必要である場合、正規化部 4 6 は、正規化処理を行う。この正規化処理には、種々の統計的手法を利用できるが、本実施形態では、標準偏差による除算を行っている。すなわち、正規化部 4 6 は、 $k$  番目のフレームに対して、次式を適用する。

## 【 0 0 8 4 】

## 【 数 6 】

40

$$z_k(t_k) = x_k(t_k) / \sqrt{P_k}$$

## 【 0 0 8 5 】

ここで、 $P_k$  は、次式の通りである。

## 【 0 0 8 6 】

## 【 数 7 】

$$P_k = \frac{1}{T_k} \int_0^{T_k} |x_k(t_k)|^2 dt_k$$

## 【 0 0 8 7 】

50

図20～図21は、フレーム切り出し処理(S33)および正規化処理(S35)を説明するためのものである。図20は、振動データと、基準回転体の回転数の時間変化とを、上段および下段に同期して示している。同図を参照すると、回転数の上昇により、振動データの周波数が増加していることが理解できる。

【0088】

図21(a)・(b)は、図20の振動データから切り出されたフレームF1・F2をそれぞれ示している。図20(a)・(b)を比較すると、振幅の大きさや、フレームの時間幅が大きく異なるが、波形が類似していることが理解できる。

【0089】

図22(a)・(b)は、図21(a)・(b)のフレームに対し、上記正規化処理を行ったものである。図22(a)・(b)を比較すると、度数分布が類似していることが理解できる。

【0090】

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【0091】

最後に、検査装置14の各ブロック、特に制御部21は、ハードウェアロジックによって構成してもよいし、次のようにCPUを用いてソフトウェアによって実現してもよい。

【0092】

すなわち、検査装置14は、各機能を実現する制御プログラムの命令を実行するCPU(central processing unit)、上記プログラムを格納したROM(read only memory)、上記プログラムを展開するRAM(random access memory)、上記プログラムおよび各種データを格納するメモリ等の記憶装置(記録媒体)などを備えている。そして、本発明の目的は、上述した機能を実現するソフトウェアである検査装置14の制御プログラムのプログラムコード(実行形式プログラム、中間コードプログラム、ソースプログラム)をコンピュータで読み取り可能に記録した記録媒体を、上記検査装置14に供給し、そのコンピュータ(またはCPUやMPU)が記録媒体に記録されているプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成可能である。

【0093】

上記記録媒体としては、例えば、磁気テープやカセットテープ等のテープ系、フロッピー(登録商標)ディスク/ハードディスク等の磁気ディスクやCD-ROM/MO/MD/DVD/CD-R等の光ディスクを含むディスク系、ICカード(メモリカードを含む)/光カード等のカード系、あるいはマスクROM/EPROM/EEPROM/フラッシュROM等の半導体メモリ系などを用いることができる。

【0094】

また、検査装置14を通信ネットワークと接続可能に構成し、上記プログラムコードを通信ネットワークを介して供給してもよい。この通信ネットワークとしては、特に限定されず、例えば、インターネット、イントラネット、エキストラネット、LAN、ISDN、VAN、CATV通信網、仮想専用網(virtual private network)、電話回線網、移動体通信網、衛星通信網等が利用可能である。また、通信ネットワークを構成する伝送媒体としては、特に限定されず、例えば、IEEE1394、USB、電力線搬送、ケーブルTV回線、電話線、ADSL回線等の有線でも、IrDAやリモコンのような赤外線、Bluetooth(登録商標)、802.11無線、HDR、携帯電話網、衛星回線、地上波デジタル網等の無線でも利用可能である。なお、本発明は、上記プログラムコードが電子的な伝送で具現化された、搬送波に埋め込まれたコンピュータデータ信号の形態でも実現され得る。

ところで、通常、回転体の回転数が増加すると、発生する振動の振幅も増加する。このため、抽出された各フレームの波形は類似していても、振幅の大きさが著しく異なることがある。そこで、本発明に係る検査装置では、上記フレームの正規化を行う正規化手段を

10

20

30

40

50

さらに備えており、上記検査手段は、正規化した複数の上記フレームを用いて上記検査を行うことが好ましい。正規化により、例えば振幅の大きさを揃えることができるので、同じ判定基準でさらに精度良く検査することができる。

【産業上の利用可能性】

【0095】

本発明に係る検査装置は、検査対象の装置の稼働条件が変化しても、同じ判定基準で検査できるので、例えば、プリンタ、コピー機、モータ、タービンなど、回転体を有する任意の装置に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0096】

【図1】本発明の一実施形態である検査システムにおける検査装置の検査部の概略構成を示すブロック図である。

【図2】上記検査システムの概要図である。

【図3】上記検査システムにおいて、製品の運転状態を示す回転数の時間変化と、上記検査装置が補正した振動の特徴量の時間変化とを概念的に示すグラフである。

【図4】上記検査装置の概略構成を示すブロック図である。

【図5】上記検査部における検査工程の流れを示すフローチャートである。

【図6】上記検査部の周波数フィルタ部、対象周期パルス生成部、位相フィルタ用波形生成部、および位相フィルタ部において利用される情報および生成される情報の概要を示すブロック図である。

【図7】上記検査工程の位相フィルタ処理において、上記対象周期パルス生成部が実行する処理の流れを示すフローチャートである。

【図8】上記検査工程の位相フィルタ処理において、上記位相フィルタ用波形生成部および上記位相フィルタ部が実行する処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】上記検査システムにおける運転状態検出センサの構成要素であるセンサ素子の概要図である。

【図10】基準回転パルスの時間変化と、基準周期パルスの時間変化とを示すグラフである。

【図11】基準周期パルスの時間変化と、回転比率が0.5である場合の対象周期パルスの時間変化と、回転比率が1.5である場合の対象周期パルスの時間変化とを示すグラフである。

【図12】対象回転体の概要図であり、対象回転体の回転時において、対象周期パルスが発生するタイミングと、不良要因の衝撃成分が発生するタイミングと、該不良要因の衝撃成分が発生する可能性の高い区間とを示す図である。

【図13】上記対象周期パルスが発生する時刻と、上記不良要因の衝撃成分が発生する時刻と、該不良要因の衝撃成分が発生する可能性の高い区間とを示すグラフである。

【図14】同図(a)～(c)は、それぞれ矩形、三角形、およびガウス関数の重み関数を示すグラフである。

【図15】2つの不良要因に関する位相フィルタ用波形データの一例と、全体の位相フィルタ用波形データの一例とを示すグラフである。

【図16】位相フィルタ用波形データ、振動データ、および濾波データの時間変化の一例をそれぞれ示すグラフである。

【図17】上記検査部のフレーム抽出部および正規化部において利用される情報および生成される情報の概要を示すブロック図である。

【図18】上記検査工程のフレーム抽出処理において、フレーム抽出部が実行する処理の流れを示すフローチャートである。

【図19】或る測定波形と、該測定波形から切り出した、隣り合うフレームとの一例を示すグラフである。

【図20】振動データと基準回転体の回転数の時間変化とを同期させて示すグラフである。

。

10

20

30

40

50

【図 2 1】同図 ( a ) ・ ( b ) は、上記振動データから切り出されたフレームをそれぞれ示すグラフである。

【図 2 2】同図 ( a ) ・ ( b ) は、上記フレームのそれぞれに対し正規化処理を行ったものを示すグラフである。

【図 2 3】従来の検査システムにおいて、製品の運転状態を示す回転数の時間変化と、上記検査装置が検査する振動の特徴量の時間変化とを概念的に示すグラフである。

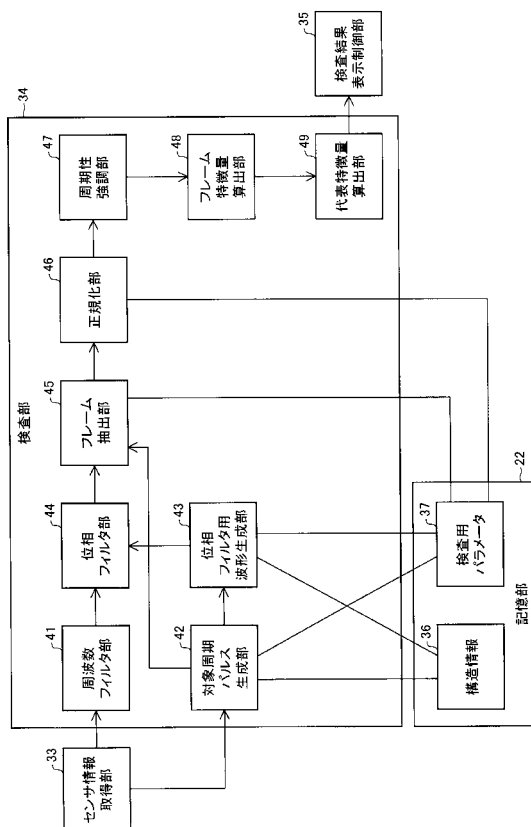
【符号の説明】

【 0 0 9 7 】

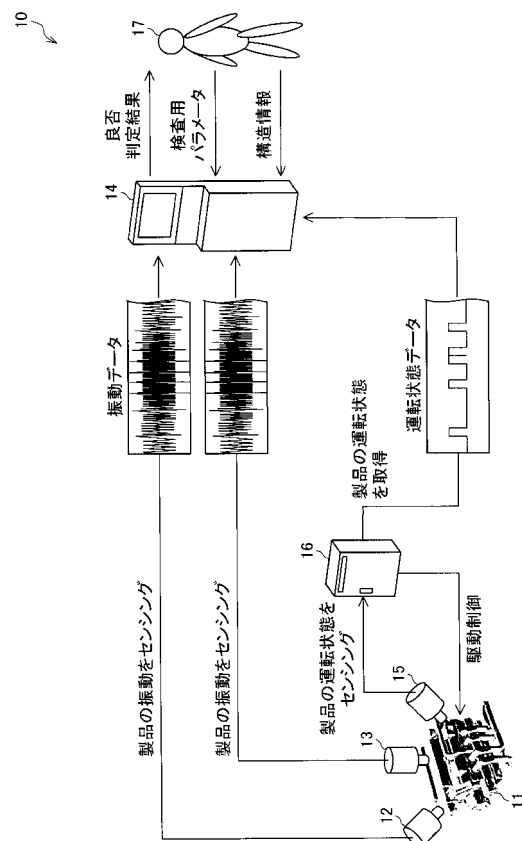
- |     |                                |
|-----|--------------------------------|
| 1 4 | 検査装置                           |
| 3 3 | センサ情報取得部（振動信号取得手段、基準回転パルス取得手段） |
| 4 2 | 対象周期パルス生成部（対象周期パルス取得手段）        |
| 4 3 | 位相フィルタ用波形生成部（位相範囲取得手段）         |
| 4 4 | 位相フィルタ部（フィルタ手段）                |
| 4 5 | フレーム抽出部（抽出手段）                  |
| 4 6 | 正規化部（正規化手段）                    |
| 4 9 | 代表特徴量算出部（検査手段）                 |

10

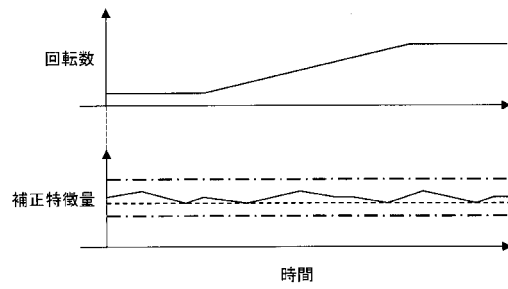
【 図 1 】



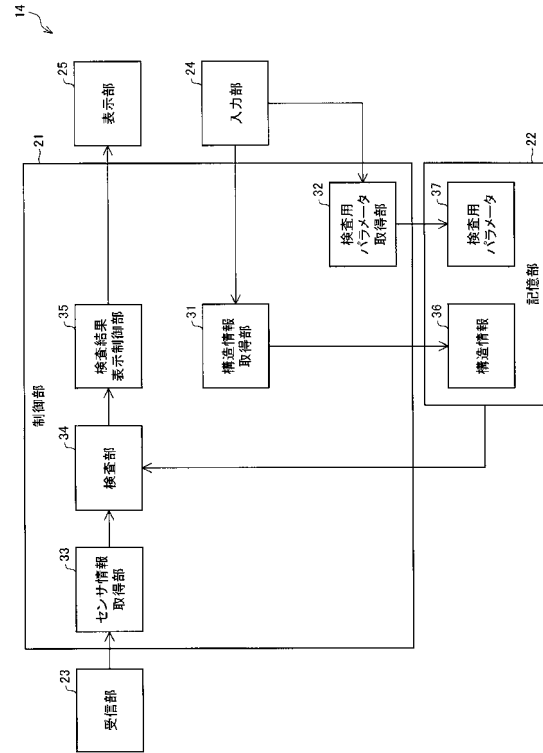
【圖 2】



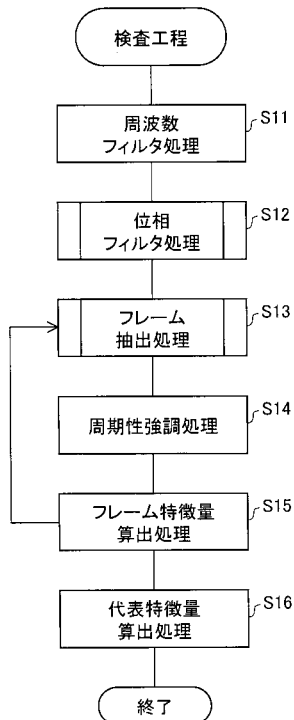
【図 3】



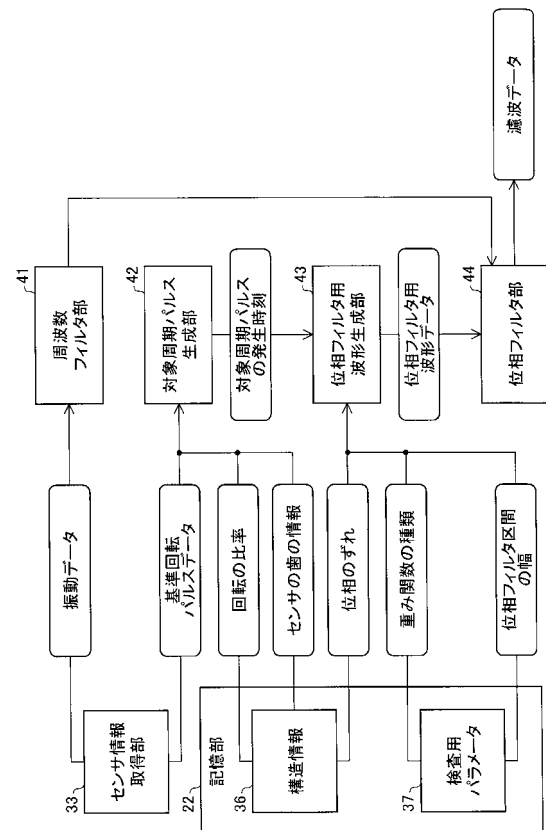
【図 4】



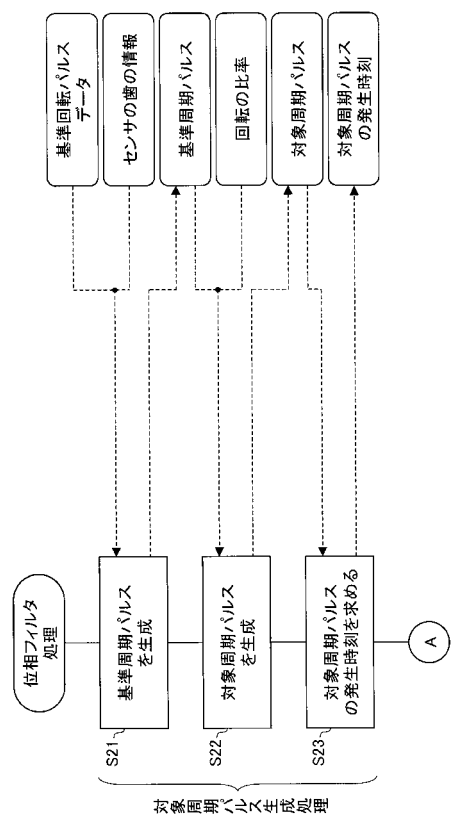
【図 5】



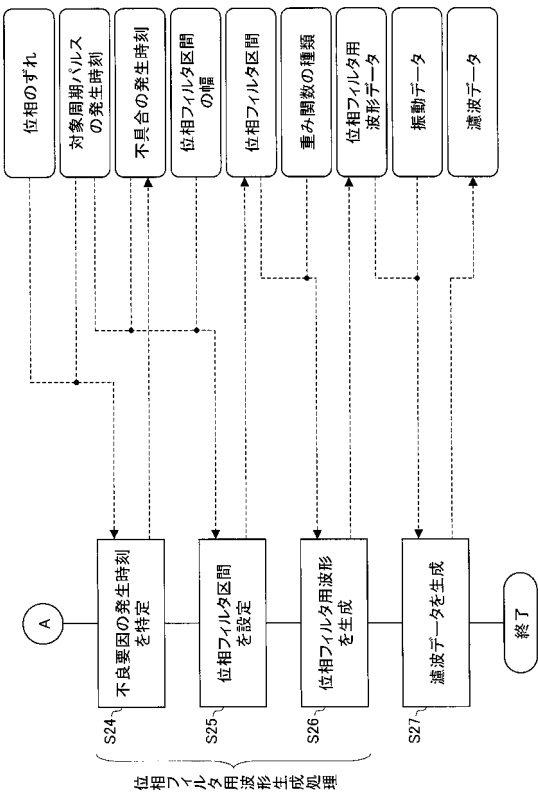
【図 6】



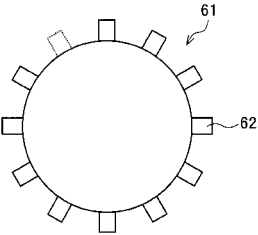
【図 7】



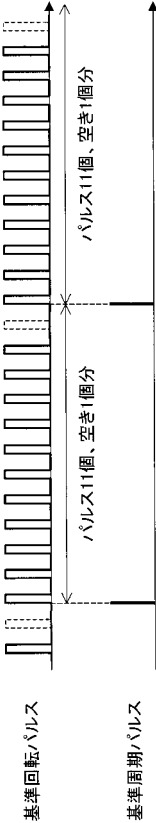
【図 8】



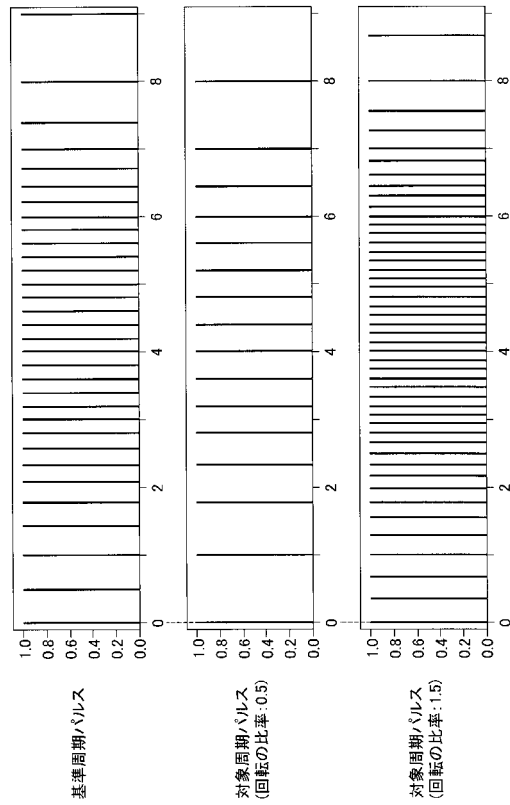
【図 9】



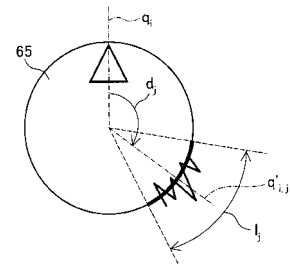
【図 10】



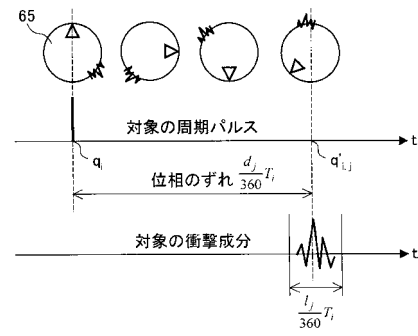
【図 1 1】



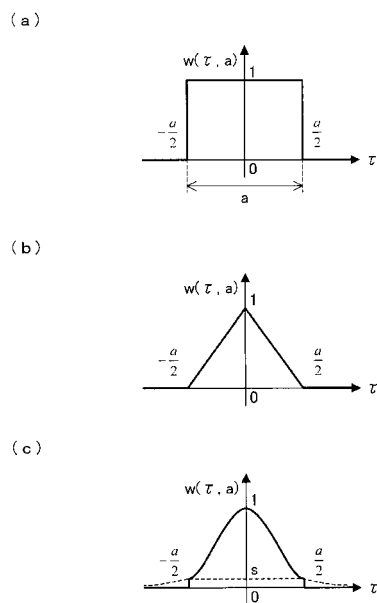
【図 1 2】



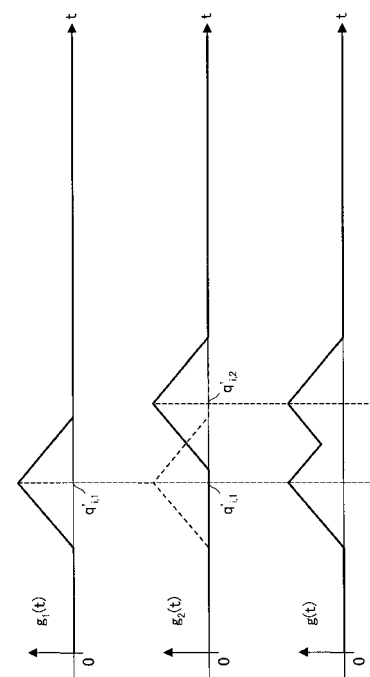
【図 1 3】



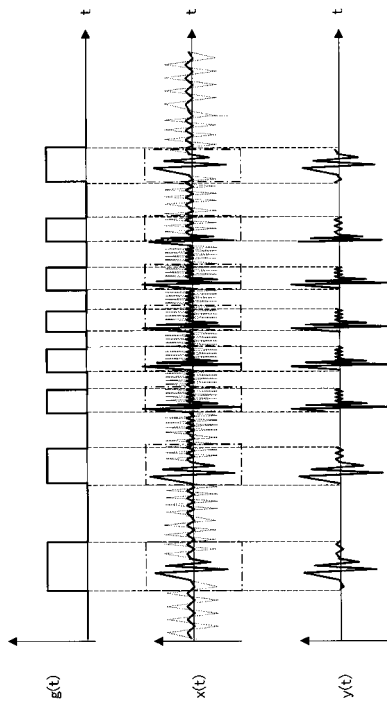
【図 1 4】



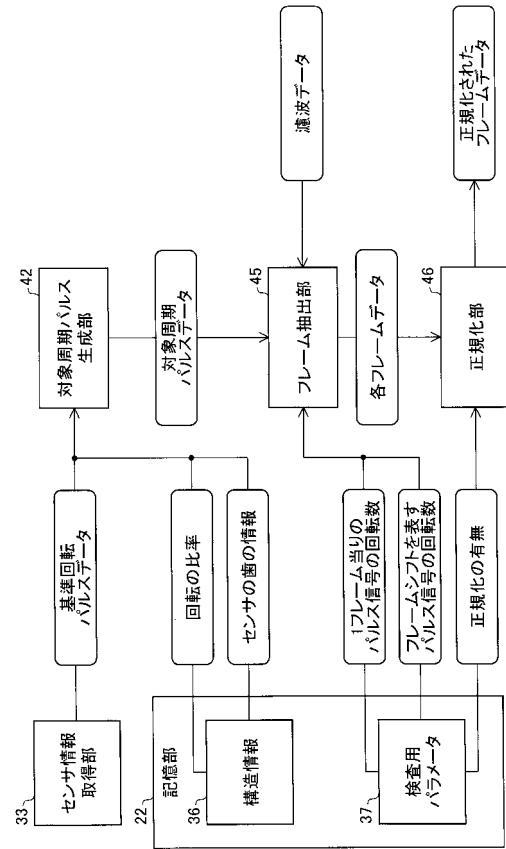
【図 1 5】



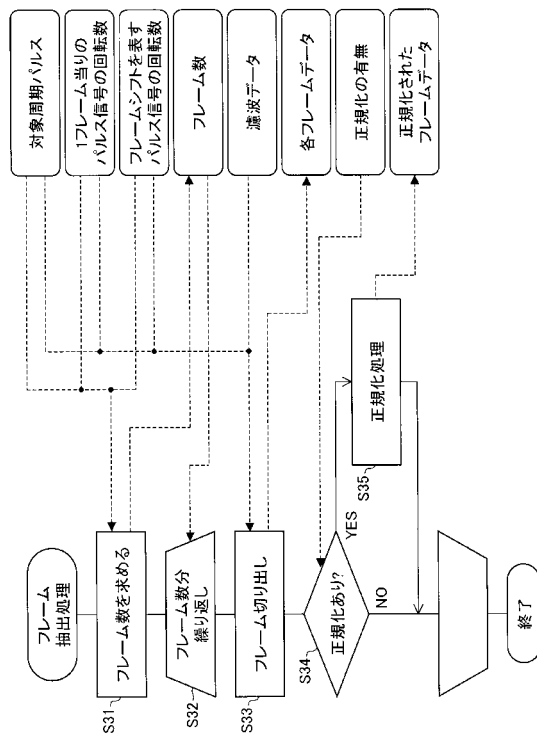
【図16】



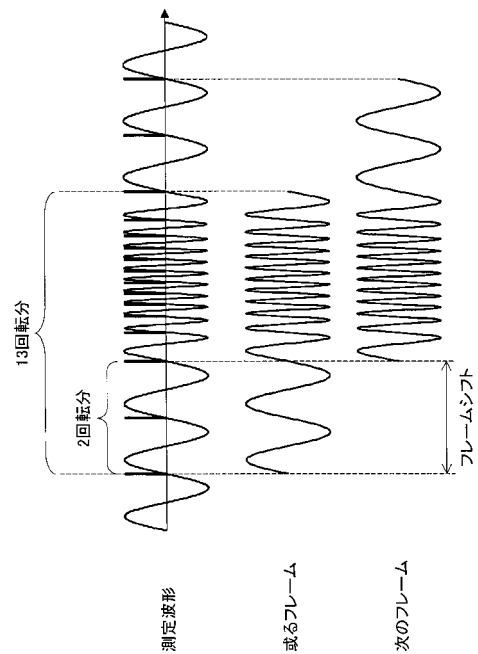
【図17】



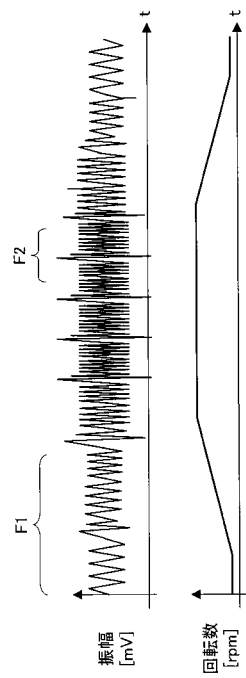
【図18】



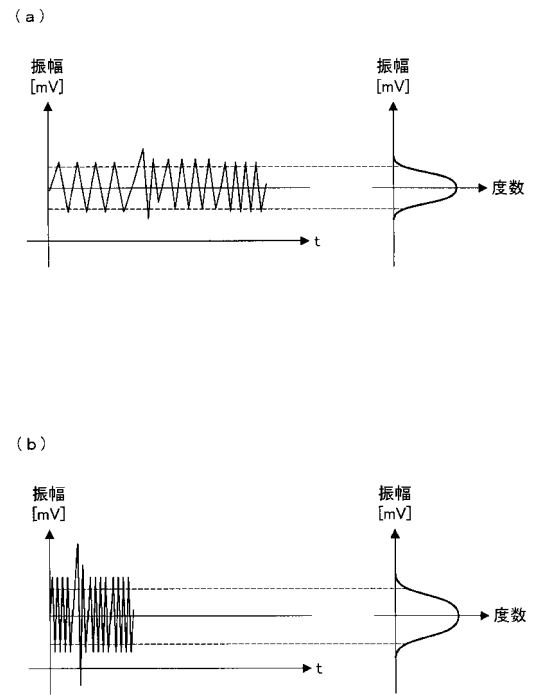
【図19】



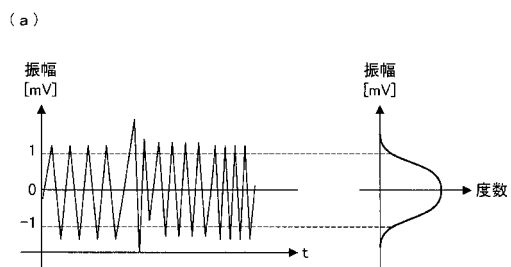
【図 20】



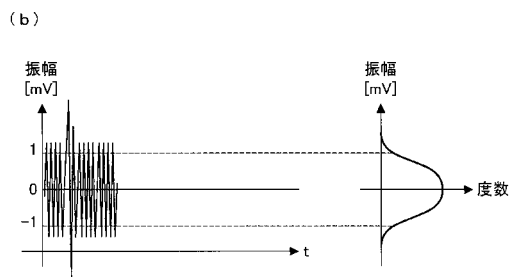
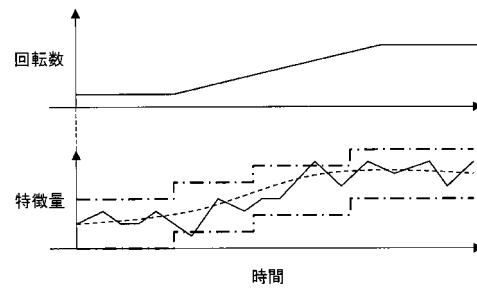
【図 21】



【図 22】



【図 23】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 船越 亜弥  
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 米田 光宏  
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 遠藤 真希  
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 熊本 浩  
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内

審査官 福田 裕司

- (56)参考文献 特開平 0 7 - 0 6 3 6 0 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 2 2 1 6 8 3 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 2 3 2 4 2 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 3 0 9 2 6 7 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 0 9 8 9 8 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 1 4 7 9 3 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 2 7 2 2 6 8 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 2 8 1 3 5 3 ( J P , A )  
特開昭 5 7 - 1 9 1 5 2 0 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 0 5 0 7 3 1 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 2 6 7 7 4 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 3 1 8 0 3 1 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 2 3 6 5 1 5 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 M 9 9 / 0 0  
G 0 1 H 1 7 / 0 0  
G 0 1 M 1 5 / 0 2