(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年4月18日(18.04.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/074002 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 13/02 (2019.01) *G01M 99/00* (2011.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/037728

(22) 国際出願日： 2018年10月10日(10.10.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-196640 2017年10月10日(10.10.2017) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 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 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 古賀 達也(**KOGA, Tatsuya**); 〒6008530 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 Kyoto (JP). 遠藤 真希(**ENDO, Maki**); 〒6008530 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 Kyoto (JP). 森 泰元(**MORI, Yasumoto**); 〒6008530 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 Kyoto (JP). 浅井 恭平(**ASAI, Kyohei**); 〒6008530 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 Kyoto (JP).

(54) **Title:** ABNORMALITY DIAGNOSIS DEVICE, ABNORMALITY DIAGNOSIS METHOD, AND ABNORMALITY DIAGNOSIS PROGRAM

(54) 発明の名称： 異常診断装置、異常診断方法、及び異常診断プログラム

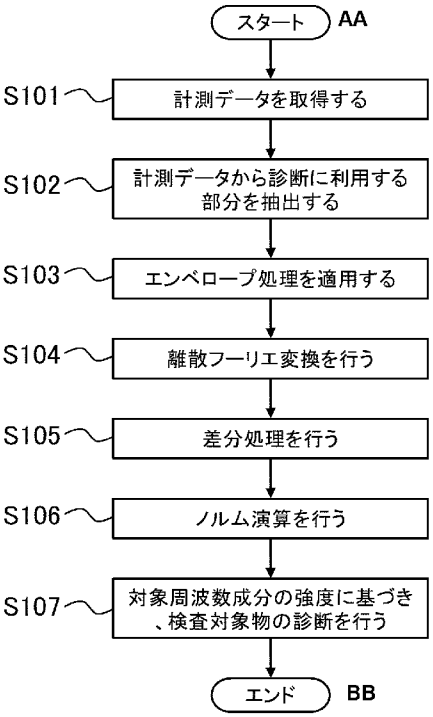


FIG. 6:
S101 Obtain measurement data
S102 Extract portion to be used in diagnosis from measurement data
S103 Apply envelope processing
S104 Perform a discrete Fourier transformation
S105 Perform difference processing
S106 Carry out a norm operation
S107 Diagnose the object to be inspected on the basis of the strength of the target frequency component
AA Start
BB End

(57) **Abstract:** An abnormality diagnosis device according to one aspect of the present invention carries out a frequency analysis, which includes difference processing for calculating a difference between first data in which results obtained by measuring the periodic operation at the time of an inspection of an object to be inspected are aligned in chronological order, and second data obtained from periodic operation when the object to be inspected is operating normally, the respective phase characteristics thereof being maintained, to thereby calculate third data that shows a difference in periodic operations

WO 2019/074002 A1

［続葉有］

(74) 代理人：立花 顕治，外 (**TACHIBANA, Kenji** et al.)；〒5300005 大阪府大阪市北区中之島６－２－４０ 中之島インテス２１階 Osaka (JP).

(81) 指定国（表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能）：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国（表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能）：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

between when an inspection is performed and when operating normally, and diagnoses whether an abnormality has been generated in the object to be inspected on the basis of the calculated third data.

(57) 要約：本発明の一側面に係る異常診断装置は、検査対象物の検査時における周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データと検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データとの差分をそれぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析により、検査時及び正常時の周期的な動作の相違を示す第３データを算出し、算出した第３データに基づいて、検査対象物に異常が発生しているか否かを診断する。

明　細　書

発明の名称 ：

異常診断装置、異常診断方法、及び異常診断プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、異常診断装置、異常診断方法、及び異常診断プログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献１では、歯付きベルトの寿命を理論式に従って予測する方法が提案されている。具体的には、特許文献１で提案されている方法では、まず、曲げストレス、圧縮ストレス、及びせん断ストレスに関連したパラメータをそれぞれ算出する。次に、算出した各パラメータを用いて等価寿命サイクル数を算出する。そして、算出した各等価寿命サイクル数をマイナー則に従って結合することで、歯付きベルトの走行可能サイクル数を算出する。この方法によれば、複数種類のストレスが複合的に作用して歯付きベルトが寿命に至る場合であっても、当該歯付きベルトの寿命を予測することができる。

[0003] 一般的に、何らかの作業を行う作業装置の構成要素（例えば、歯付きベルト）を、特許文献１のような方法で故障の発生が予測される時期に交換するメンテナンス方式は、ＴＢＭ（Time Based Maintenance）方式と呼ばれている。このＴＢＭ方式で定期的にメンテナンスを行う場合には、次のような問題が生じ得る。

[0004] すなわち、メンテナンスの対象物を利用する現場では、環境の変化、予測不能な事態の発生等に起因して、理論通りに対象物の摩耗が生じるとは限らない。そのため、理論式で算出した寿命直前で対象物を交換するのではなく、このような予測不能な現象の発生を考慮して、ある程度の余地を確保して、理論式で算出した寿命よりも早めに対象物を交換することが行われる。したがって、余地を確保する分だけ対象物を過剰に交換することになり、メンテナンスのコストが増大してしまうという問題点がある。

[0005] また、確保した余地を超えて寿命が低減してしまい、メンテナンスよりも前に対象物が故障してしまった場合には、故障してから交換を行うまでの間、対象物を含む作業装置は、動作不良の状態で稼働することになる。これにより、作業装置が、製品の生産に関する装置であるケースでは、大量の不良品が発生してしまう可能性があり、不経済であるという問題点がある。

[0006] このようなＴＢＭ方式のメンテナンスの欠点を解消する方法として、作業装置の状態を検査し、所定の基準に達した構成要素を交換するＣＢＭ（Condition Based Maintenance）方式のメンテナンス方法がある。例えば、特許文献２では、第１の時系列データと第２の時系列データとを取得し、取得した第２の時系列データに基づいて第１の時系列データから第１のデータを抽出し、抽出した第１のデータに基づいてロボットの異常診断を行う方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２００２－０７１５２１号公報

特許文献2：特開２０１６－１７９５２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ＣＢＭ方式のメンテナンス方法によれば、その時点で対象物に異常（故障）が発生しているか否かを診断することができるため、対象物の過剰な交換を抑制することができ、メンテナンスのコストを低減することができる。また、対象物の状態に基づいて異常の発生を検知することができるようになるため、動作不良の状態で作業装置が稼動する時間を低減することができる。しかしながら、本件発明者らは、従来の異常診断に利用されている周波数解析では次のような問題が生じ得ることを見出した。

[0009] すなわち、従来の周波数解析では、検査対象物の検査時のトルク等の動作を計測することにより、トルクデータ等の計測データを取得する。例えば、

検査対象物が、歯付きベルト等の周期的に駆動されるものである場合、検査対象物に異常が生じると、得られた計測データには、その異常に関連する挙動が周期的に表れる。そこで、従来の周波数解析では、離散フーリエ変換により計測データを周波数成分に変換した後にノルム演算を行うことで、発生する異常に関連する周波数成分の強度（ゲイン）を算出する。そして、従来の周波数解析では、対象周波数成分の正常時の強度を予め保持しており、当該対象周波数成分の検査時の強度と正常時の強度との差分を算出して、算出される差分が閾値よりも大きいか否かによって、検査対象物に異常が生じているか否かを判定する。

[0010] 上記のような従来の周波数解析では、対象周波数成分の正常時の強度が０に近い場合、当該対象周波数成分の異常発生時の強度と正常時の強度との差分が閾値よりも大きくなり、検査対象物に異常が発生していることを検知することができる。しかしながら、例えば、対象周波数成分に固有の特性を有し得る、歯付きベルト等の検査対象物を検査する場合、対象周波数成分の正常時の強度が０以外の値になるケースが存在する。このようなケースでは、対象周波数成分の正常時の強度が同じであるにも関わらず、各検査対象物の固有の特性によって、当該対象周波数成分の検査時の強度と正常時の強度との差分が相違する可能性がある。

[0011] 例えば、対象周波数成分が（５－ｉ）である特性を有する第１の歯付きベルトと、対象周波数成分が（－５－ｉ）である特性を有する第２の歯付きベルトとが存在するとする。第１の歯付きベルト及び第２の歯付きベルトの正常時の強度は、共に凡そ５．１（＝（5^2+1^2）の平方根）で同じである。この場合に、対象周波数成分において（３＋２ｉ）で表される共通の異常が各歯付きベルトに生じたとする。そうすると、第１の歯付きベルトの検査時の対象周波数成分は（８＋１ｉ）となり、その強度は凡そ８．１（＝（8^2+1^2）の平方根）となる。そのため、第１の歯付きベルトに生じる対象周波数成分の強度の変化は、凡そ３．０となる。これに対して、第２の歯付きベルトの検査時の対象周波数成分は（－２＋１ｉ）となり、その強度は凡そ２．２

（＝（2^2＋1^2）の平方根）となる。そのため、第２の歯付きベルトに生じる対象周波数成分の強度の変化は、凡そ－２．９となる。このように、各歯付きベルトに生じた異常は同じであるのに、各歯付きベルトの固有の特性によって、対象周波数成分の強度の変化が異なる可能性がある。

[0012] 発生した異常が同じであるにもかかわらず、各検査対象物の固有の特性によって、各検査対象物に生じる対象周波数成分の強度の変化が相違すると、単純な閾値との比較ではその変化を正確に評価することができなくなってしまう。従来の周波数解析では、これに起因して、各検査対象物に異常が発生しているか否かの判定精度が低下してしまうという問題が生じ得ることを本件発明者らは見出した。

[0013] 本発明は、一側面では、このような実情を鑑みてなされたものであり、その目的は、検査対象物に異常が発生しているか否かの診断精度を高める技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明は、上述した課題を解決するために、以下の構成を採用する。

[0015] すなわち、本発明の一側面に係る異常診断装置は、検査対象物の検査時における周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データを取得する取得部と、前記第１データ、及び前記検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析により、前記検査時及び正常時の前記周期的な動作の相違を示す第３データであって、前記検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分の値を少なくとも含む第３データを算出する演算部と、前記第３データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値に基づいて、前記検査対象物に異常が発生したか否かを診断する診断部と、を備える。

[0016] 本件発明者らは、上記の問題が生じるのは、差分計算を行う前に、ノルム演算による強度の算出を行っていることが原因であると見出した。つまり、ノルム演算を行うと、各データにおける周波数成分の位相特性の情報がなく

なってしまう。そのため、異なる位相特性を有する検査対象物の間で、対象周波数成分の強度の変化、すなわち、対象周波数成分の検査時の強度と正常時の強度との差分が異なる可能性が生じてしまう。

[0017] そこで、当該構成では、検査時の第１データと正常時の第２データとの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のままで計算する。つまり、当該構成では、従来の周波数解析で行っていたノルム演算による強度の算出を行う前に、又は当該ノルム演算による強度の算出を行わず、検査時の第１データと正常時の第２データとの差分を算出する。これにより、対象周波数成分に生じる変化を適切に評価することができる。

[0018] 例えば、上記の例の場合、位相特性が保持された状態のままで差分計算を行うことで、第１の歯付きベルトの対象周波数成分に生じた変化は、「（８＋１ｉ）－（５－ｉ）＝（３＋２ｉ）」となり、第２の歯付きベルトの対象周波数成分に生じた変化は、「（－２＋１ｉ）－（－５－ｉ）＝（３＋２ｉ）」となる。よって、各歯付きベルトの対象周波数成分に生じる変化は同じ値になる。

[0019] したがって、位相特性が保持された状態のままで差分計算を行うことで、各検査対象物に発生した異常が同じであれば、各検査対象物が固有の特性を有していたとしても、各検査対象物の対象周波数成分に生じる変化を同じ値で示すことができる。これによって、各検査対象物の有する固有の特性に依存せずに、対象周波数成分の生じる変化を適切に評価することができるようになるため、当該構成によれば、検査対象物に異常が発生しているか否かの診断精度を高めることができる。

[0020] なお、検査対象物の種類は、周波数解析の結果に基づいて異常の発生の有無を診断可能であれば、特に限定されなくてもよい。検査対象物は、例えば、歯付きベルトを備える装置、ギアを備える装置等であってよい。また、差分処理を行うタイミングは、各データに位相特性が残っている段階であれば、特に限定されなくてもよい。例えば、差分処理は、周波数成分への変換を行う離散フーリエ変換よりも前に行われてもよいし、当該離散フーリエ変換

の後に行われてもよい。また、第１データの種類は、周波数解析の対象となり得るデータであれば、特に限定されなくてもよい。第１データは、例えば、モータのトルク、速度、振動等を計測することで得られる計測データであってよい。第２データの構成は、第１データの種類及び差分処理を行うタイミングに基づいて、適宜決定される。

[0021] 上記一側面に係る異常診断装置において、前記第２データは、前記検査対象物の正常時における周期的な動作の計測データに対して離散フーリエ変換を適用することにより得られる複数の周波数成分の値であって、前記位相特性を保持した複数の周波数成分の値のうち、少なくとも前記１又は複数の対象周波数成分の値を含むように構成されてよい。また、前記周波数解析は、前記第１データに対して離散フーリエ変換を適用することで、前記１又は複数の対象周波数成分を含む複数の周波数成分の各値であって、前記位相特性を保持した各値を算出する変換処理と、前記第１データから算出された前記１又は複数の対象周波数成分の値、及び前記第２データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値の差分を計算する前記差分処理と、を含んでもよい。当該構成によれば、検査対象物に異常が発生しているか否かを適切に診断することができる。

[0022] 上記一側面に係る異常診断装置において、前記演算部は、前記周波数解析を実施する前に、前記第１データに対してエンベロープ処理を適用してもよい。当該構成によれば、検査対象物に異常が発生しているか否かを適切に診断することができる。

[0023] 上記一側面に係る異常診断装置において、前記診断部は、前記第３データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値から前記１又は複数の対象周波数成分の強度を算出し、算出した前記１又は複数の対象周波数成分の強度が閾値以上であるか否かに基づいて、前記検査対象物に異常が発生したか否かを診断してもよい。当該構成によれば、検査対象物に異常が発生しているか否かを適切に診断することができる。

[0024] 上記一側面に係る異常診断装置において、前記演算部は、前記１又は複数

の対象周波数成分の周波数に基づいて、前記周波数解析の分解能を決定し、決定した前記分解能に応じた時間幅の区間部分を前記第１データから抽出し、前記第１データの抽出した区間部分に対して前記周波数解析を適用してもよい。当該構成によれば、抽出時間の最適化を図ることで、検査対象物に異常が発生しているか否かの診断精度を高めることができる。

[0025] 上記一側面に係る異常診断装置において、前記検査対象物は、プーリの回転により駆動するように構成された歯付きベルトであって、当該プーリの複数の歯に噛み合う複数の歯と、前記プーリ側の面に前記複数の歯を結合したベルト本体とを備える歯付きベルトであってよく、前記１又は複数の対象周波数成分は、前記歯付きベルトの回転周波数成分であってよい。当該構成によれば、歯付きベルトに異常が発生しているか否かを診断することができる。

[0026] 上記一側面に係る異常診断装置において、前記演算部は、前記第１データに基づいて、前記歯付きベルトの各歯と前記プーリの各歯との噛み合い周波数成分の強度を算出し、算出した噛み合い周波数成分の強度で前記回転周波数成分の値を正規化してもよい。当該構成によれば、各検査対象物の特性に生じる経時的変化の影響を正規化により打ち消すことができるため、検査対象物に異常が発生しているか否かの診断精度を高めることができる。

[0027] 上記一側面に係る異常診断装置において、前記演算部は、前記１又は複数の対象周波数成分を抽出して、前記周波数解析を実施することで、前記１又は複数の対象周波数成分の値で構成された前記第３データを算出してもよい。当該構成によれば、第２データのデータ量を低減することができるため、消費メモリの量を抑えることができる。

[0028] なお、上記各形態に係る異常診断装置の別の態様として、以上の各構成を実現する情報処理方法であってもよいし、プログラムであってもよいし、このようなプログラムを記録したコンピュータその他装置、機械等が読み取り可能な記憶媒体であってもよい。ここで、コンピュータ等が読み取り可能な記録媒体とは、プログラム等の情報を、電気的、磁気的、光学的、機械的、

又は化学的作用によって蓄積する媒体である。

[0029] 例えば、本発明の一側面に係る異常診断方法は、コンピュータが、検査対象物の検査時における周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データを取得するステップと、前記第１データ、及び前記検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析により、前記検査時及び正常時の前記周期的な動作の相違を示す第３データであって、前記検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分の値を少なくとも含む第３データを算出するステップと、前記第３データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値に基づいて、前記検査対象物に異常が発生したか否かを診断するステップと、を実行する、情報処理方法である。

[0030] また、例えば、本発明の一側面に係る異常診断プログラムは、コンピュータに、検査対象物の検査時における周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データを取得するステップと、前記第１データ、及び前記検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析により、前記検査時及び正常時の前記周期的な動作の相違を示す第３データであって、前記検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分の値を少なくとも含む第３データを算出するステップと、前記第３データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値に基づいて、前記検査対象物に異常が発生したか否かを診断するステップと、を実行させるための、プログラムである。

発明の効果

[0031] 本発明によれば、検査対象物に異常が発生しているか否かの診断精度を高める技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]図１は、本発明が適用される場面の一例を模式的に例示する。

[図2A]図２Ａは、歯付きベルトとプーリとの噛み合いの一例を例示する。

[図2B]図２Ｂは、歯付きベルトに生じる異常の一例を例示する。

[図3A]図３Ａは、正常時に得られる計測データの一例を模式的に例示する。

[図3B]図３Ｂは、異常時に得られる計測データの一例を模式的に例示する。

[図4]図４は、実施の形態に係る異常診断装置のハードウェア構成の一例を模式的に例示する。

[図5]図５は、実施の形態に係る異常診断装置のソフトウェア構成の一例を模式的に例示する。

[図6]図６は、実施の形態に係る異常診断装置の処理手順の一例を例示する。

[図7A]図７Ａは、離散フーリエ変換後の第１データの一例を例示する。

[図7B]図７Ｂは、第２データの一例を例示する。

[図7C]図７Ｃは、第１データと第２データとの差分の一例を例示する。

[図8]図８は、変形例に係る異常診断装置の処理手順の一例を例示する。

[図9]図９は、変形例に係る異常診断装置の処理手順の一例を例示する。

発明を実施するための形態

[0033] 以下、本発明の一側面に係る実施の形態（以下、「本実施形態」とも表記する）を、図面に基づいて説明する。ただし、以下で説明する本実施形態は、あらゆる点において本発明の例示に過ぎない。本発明の範囲を逸脱することなく種々の改良や変形を行うことができることは言うまでもない。つまり、本発明の実施にあたって、実施形態に応じた具体的構成が適宜採用されてもよい。なお、本実施形態において登場するデータを自然言語により説明しているが、より具体的には、コンピュータが認識可能な疑似言語、コマンド、パラメータ、マシン語等で指定される。

[0034] §１ 適用例

まず、図１を用いて、本発明が適用される場面の一例について説明する。図１は、本実施形態に係る異常診断装置１の適用場面の一例を模式的に例示する。本実施形態に係る異常診断装置１は、検査対象物に異常が発生したか否かを診断する情報処理装置である。

[0035] 具体的には、本実施形態に係る異常診断装置１は、検査対象物の検査時に

おける周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データを取得する。次に、異常診断装置１は、第１データと検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データとの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析を行う。これにより、異常診断装置１は、検査時及び正常時の周期的な動作の相違を示す第３データであって、検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分の値を少なくとも含む第３データを算出する。そして、異常診断装置１は、第３データに含まれる１又は複数の対象周波数成分の値に基づいて、検査対象物に異常が発生したか否かを診断する。

[0036] 検査対象物の種類は、周波数解析の結果に基づいて異常の発生の有無を診断可能であれば、特に限定されなくてもよい。検査対象物は、例えば、歯付きベルトを備える装置、ギアを備える装置等であってよい。また、第１データの種類は、周波数解析の対象となり得るデータであれば、特に限定されなくてもよい。第１データは、例えば、モータのトルク、速度、振動等を計測することで得られる計測データであってよい。

[0037] 本実施形態では、歯付きベルト２５を備えるロボット装置２を検査対象物の一例として採用した例を説明する。図１に示されるとおり、本実施形態に係るロボット装置２は、回転軸２２を有するモータ２１、回転軸２２に連結される第１プーリ２３、第１プーリ２３と水平方向に並列に配置される第２プーリ２４、及び第１プーリ２３と第２プーリ２４とに架け渡される歯付きベルト２５を備えている。

[0038] 第１プーリ２３は、モータ２１の回転により駆動されるように構成されており、歯付きベルト２５は、第１プーリ２３の回転により駆動されるように構成されている。この第１プーリ２３は、本発明の「プーリ」の一例である。第２プーリ２４は、歯付きベルト２５の回転により駆動される。この第２プーリ２４には、例えば、シャフト（不図示）が、第２プーリ２４の回転に応じて上下方向に移動するように取り付けられる。これにより、ロボット装置２は、マウンタとして動作可能に構成される。

[0039] モータ２１に作用するトルクの大きさは、当該モータ２１に供給される指令電流値の大きさによって定まる。すなわち、モータ２１に供給される指令電流値を監視することで、モータ２１に作用するトルクを計測することができる。本実施形態に係る異常診断装置１は、これにより得られる計測データ１２２であって、モータ２１のトルクを示す計測データ１２２を第１データとして取得する。そして、異常診断装置１は、この計測データ１２２を利用して、ロボット装置２の歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する。

[0040] ここで、図２Ａ、図２Ｂ、図３Ａ、及び図３Ｂを用いて、歯付きベルト２５の異常（故障）について説明する。図２Ａは、歯付きベルト２５と第１プーリ２３との正常時における噛み合いの一例を模式的に例示する。図２Ｂは、歯付きベルト２５に生じる異常の一例を模式的に例示する。図３Ａは、正常時に得られる計測データ１２２の一例を模式的に例示する。図３Ｂは、異常時に得られる計測データ１２２の一例を模式的に例示する。

[0041] 図２Ａに示されるとおり、第１プーリ２３の外周面には、複数の歯２３１が一定のピッチで設けられている。これに対応して、歯付きベルト２５は、第１プーリ２３の複数の歯２３１に噛み合う複数の歯２５１と、第１プーリ２３側の面（内周面）に複数の歯２５１を結合したベルト本体２５０と、を備えている。

[0042] 第１プーリ２３の歯２３１と歯付きベルト２５の歯２５１とが噛み合っていることで、第１プーリ２３の回転が歯付きベルト２５に伝達される。歯付きベルト２５の歯２５１の欠けが存在しない場合には、歯付きベルト２５と第１プーリ２３との噛み合いの関係が固定されるため、モータ２１の一定の回転量に基づいて、歯付きベルト２５の回転量を正確に制御することができる。このような正常な状態では、第１プーリ２３から歯付きベルト２５にスムーズに回転力を伝達することができる。そのため、モータ２１のトルクを計測することで得られた計測データ１２２は、図３Ａに示されるように、歯付きベルト２５と第１プーリ２３との噛み合いの周期に比較的に小さな振動

が表れるものとなる。

[0043] これに対して、このような歯付きベルト２５に、図２Ｂに例示される歯２５１の欠けが発生したとする。図２Ｂは、歯付きベルト２５に生じる異常の一例として、歯付きベルト２５が第１プーリ２３と噛み合う範囲内の領域２５２において歯２５１が欠けた場面を例示している。このような歯２５１の欠けが発生した場合、歯２５１の欠けが生じた領域２５２において、歯付きベルト２５と第１プーリ２３との噛み合いがない状態となる。

[0044] この状態では、モータ２１の一定の回転量に基づいて、歯付きベルト２５の回転量を正確に制御することができなくなってしまう。したがって、この歯付きベルト２５の歯２５１の欠けは、ロボット装置２の検知すべき異常（故障）の一つである。

[0045] この歯付きベルト２５の歯２５１の欠けが生じると、欠けの生じた領域２５２が第１プーリ２３と噛み合う範囲に存在する間、歯２５１が欠けている分だけ、第１プーリ２３から歯付きベルト２５に回転力を伝達するための摩擦力が小さくなる。これにより、第１プーリ２３が振動しやすくなり、計測されるモータ２１のトルクに大きな変動が生じやすくなる。すなわち、歯付きベルト２５が１回転する度に、計測されるトルクに比較的に大きな振動が生じることになる。

[0046] そのため、歯２５１の欠けのような異常が発生した際に得られる計測データ１２２は、図３Ｂに示されるように、噛み合い周期に比較的に小さな振動（図３Ａ）が表れるのに加えて、歯付きベルト２５の回転周期に比較的に大きな振動が表れるものとなる。そこで、本実施形態に係る異常診断装置１は、モータ２１のトルクを計測することで得られる計測データ１２２の周波数解析を行い、計測データ１２２にこのような挙動が表れているか否かを判定する。

[0047] 詳細には、異常診断装置１は、比較対象となる正常時の動作を示す第２データ（後述する正常データ１２３）を保持しており、計測データ１２２と第２データとから、歯付きベルト２５の回転周波数成分の検査時の値と正常時

の値との差分を含む第３データ（後述する演算結果データ１２４）を算出する。この回転周波数成分は、本発明の「検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分」の一例である。

[0048] そして、異常診断装置１は、算出される第３データに含まれる回転周波数成分の検査時と正常時との差分値に基づいて、上記の歯２５１の欠け等の異常に起因する比較的に大きな振動が歯付きベルト２５の回転周期に表れているか否かを判定する。これにより、異常診断装置１は、ロボット装置２の歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する。

[0049] ただし、上記のとおり、周波数解析において、ノルム演算を行って、位相特性の情報をなくした後に、回転周波数成分の検査時の値と正常時の値との差分を算出すると、算出される差分値が、歯付きベルト２５の固有の特性に応じて相違してしまう可能性がある。そのため、差分処理の前にノルム演算を行う従来の周波数解析を実施すると、歯付きベルト２５の異常診断の精度が低下してしまう恐れがある。

[0050] そこで、本実施形態に係る異常診断装置１は、第１データ（計測データ１２２）と第２データとの差分をそれぞれに位相特性が保持された状態のままで計算する。これによって、上記のとおり、歯付きベルト２５が固有の特性を有していたとしても、歯付きベルト２５に発生した異常が同じであれば、回転周波数成分に生じる変化を同じ値で示すことができる。したがって、本実施形態によれば、歯付きベルト２５の有する固有の特性に依存せずに、回転周波数成分に生じる変化を適切に評価することができるようになるため、歯付きベルト２５に異常が発生しているか否かの診断精度を高めることができる。

[0051] なお、第１データと第２データとの差分を計算する差分処理には、第１データと第２データとをそのまま差分する処理の他、第１データ及び第２データの少なくとも一方に離散フーリエ変換等の演算処理を適用した後に差分を計算する処理が含まれてもよい。そのため、第１データ及び第２データは、対象周波数成分の値の差分計算が最終的に行うことができるのであれば、必

ずしも同じ形式のデータではなくてもよい。

[0052] §２　構成例

［ハードウェア構成］

次に、図４を用いて、本実施形態に係る異常診断装置１のハードウェア構成の一例について説明する。図４は、本実施形態に係る異常診断装置１のハードウェア構成の一例を模式的に例示する。

[0053] 図４に示されるとおり、本実施形態に係る異常診断装置１は、制御部１１、記憶部１２、通信インタフェース１３、入力装置１４、出力装置１５、及びドライブ１６が電気的に接続されたコンピュータである。なお、図４では、通信インタフェースを「通信Ｉ／Ｆ」と記載している。

[0054] 制御部１１は、ハードウェアプロセッサであるＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）等を含み、情報処理に応じて各構成要素の制御を行う。記憶部１２は、メモリの一例であり、揮発性メモリ及び不揮発性メモリの少なくともいずれか一方で構成されてよい。記憶部１２は、例えば、ハードディスクドライブ、ソリッドステートドライブ等の補助記憶装置であり、異常診断プログラム１２１、正常データ１２３等の各種データを記憶する。

[0055] 正常データ１２３は、本発明の「第２データ」の一例であり、検査対象物であるロボット装置２の正常時における周期的な動作から得られたものである。また、異常診断プログラム１２１は、ロボット装置２から得られる計測データ１２２と正常データ１２３とに基づいて、ロボット装置２の歯付きベルト２５に異常が発生しているか否かを診断する後述の処理（図６）を異常診断装置１に実行させるためのプログラムである。詳細は後述する。

[0056] 通信インタフェース１３は、例えば、有線ＬＡＮ（Local Area Network）モジュール、無線ＬＡＮモジュール等であり、ネットワークを介した有線又は無線通信を行うためのインタフェースである。異常診断装置１は、この通信インタフェース１３を介して、ロボット装置２との間でネットワークを介したデータ通信を行ってもよい。なお、ネットワークの種類は、例えば、イ

ンターネット、無線通信網、移動通信網、電話網、専用網等から適宜選択されてよい。

[0057] 入力装置１４は、例えば、マウス、キーボード等の入力を行うための装置である。また、出力装置１５は、例えば、ディスプレイ、スピーカ等の出力を行うための装置である。オペレータは、入力装置１４及び出力装置１５を介して、異常診断装置１を操作することができる。

[0058] ドライブ１６は、例えば、ＣＤドライブ、ＤＶＤドライブ等であり、記憶媒体９１に記憶されたプログラムを読み込むためのドライブ装置である。ドライブ１６の種類は、記憶媒体９１の種類に応じて適宜選択されてよい。上記異常診断プログラム１２１及び正常データ１２３は、この記憶媒体９１に記憶されていてもよい。

[0059] 記憶媒体９１は、コンピュータその他装置、機械等が記録されたプログラム等の情報を読み取り可能なように、当該プログラム等の情報を、電気的、磁気的、光学的、機械的又は化学的作用によって蓄積する媒体である。異常診断装置１は、この記憶媒体９１から、上記異常診断プログラム１２１及び正常データ１２３を取得してもよい。

[0060] ここで、図４では、記憶媒体９１の一例として、ＣＤ、ＤＶＤ等のディスク型の記憶媒体を例示している。しかしながら、記憶媒体９１の種類は、ディスク型に限定される訳ではなく、ディスク型以外であってもよい。ディスク型以外の記憶媒体として、例えば、フラッシュメモリ等の半導体メモリを挙げることができる。

[0061] なお、異常診断装置１の具体的なハードウェア構成に関して、実施形態に応じて、適宜、構成要素の省略、置換及び追加が可能である。例えば、制御部１１は、複数のプロセッサを含んでもよい。ハードウェアプロセッサは、マイクロプロセッサ、ＦＰＧＡ（field-programmable gate array）等で構成されてよい。異常診断装置１は、複数台の情報処理装置で構成されてもよい。また、異常診断装置１は、提供されるサービス専用に設計された情報処理装置の他、汎用のサーバ装置、ＰＣ（Personal Computer）、ＰＬＣ（progra

mmable logic controller）等であってもよい。

[0062] ［ソフトウェア構成］

次に、図５を用いて、本実施形態に係る異常診断装置１のソフトウェア構成の一例を説明する。図５は、本実施形態に係る異常診断装置１のソフトウェア構成の一例を模式的に例示する。

[0063] 異常診断装置１の制御部１１は、記憶部１２に記憶された異常診断プログラム１２１をＲＡＭに展開する。そして、制御部１１は、ＲＡＭに展開された異常診断プログラム１２１をＣＰＵにより解釈及び実行して、各構成要素を制御する。これによって、図５に示されるとおり、本実施形態に係る異常診断装置１は、ソフトウェアモジュールとして、取得部１１１、演算部１１２、及び診断部１１３を備えるように構成される。

[0064] 取得部１１１は、検査対象物の検査時における周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データを取得する。演算部１１２は、第１データ、及び検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析により、検査時及び正常時の周期的な動作の相違を示す第３データであって、検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分の値を少なくとも含む第３データを算出する。そして、診断部１１３は、第３データに含まれる１又は複数の対象周波数成分の値に基づいて、検査対象物に異常が発生したか否かを診断（判定）する。

[0065] 本実施形態では、検査対象物は、ロボット装置２の歯付きベルト２５である。この歯付きベルト２５に歯２５１の欠け等の異常が発生した場合には、上記のとおり、モータ２１に作用するトルクを計測することで得られる計測データに、発生した異常に起因する比較的に大きな振動が歯付きベルト２５の回転周期毎に表れる。そこで、取得部１１１は、検査対象物である歯付きベルト２５を駆動するモータ２１に作用するトルクを計測した結果を時系列に並べた計測データ１２２を取得する。演算部１１２は、この計測データ１２２と正常データ１２３との差分を、それぞれに位相特性が保持された状態

のまま計算する差分処理を含む周波数解析を行うことで、歯付きベルト２５の回転周波数成分の検査時と正常時との相違を示す値を含む演算結果データ１２４を算出する。この演算結果データ１２４は、第３データの一例である。そして、診断部１１３は、演算結果データ１２４に含まれる回転周波数成分の値に基づいて、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する。

[0066] 異常診断装置１の各ソフトウェアモジュールに関しては後述する動作例で詳細に説明する。なお、本実施形態では、異常診断装置１の各ソフトウェアモジュールがいずれも汎用のＣＰＵによって実現される例について説明している。しかしながら、以上のソフトウェアモジュールの一部又は全部が、１又は複数の専用のプロセッサにより実現されてもよい。また、異常診断装置１のソフトウェア構成に関して、実施形態に応じて、適宜、ソフトウェアモジュールの省略、置換、及び追加が行われてよい。

[0067] §３ 動作例

次に、図６を用いて、異常診断装置１の動作例を説明する。図６は、異常診断装置１の処理手順の一例を例示するフローチャートである。以下で説明する異常診断装置１の処理手順は、本発明の「異常診断方法」の一例である。ただし、以下で説明する処理手順は一例に過ぎず、各処理は可能な限り変更されてよい。また、以下で説明する処理手順について、実施の形態に応じて、適宜、ステップの省略、置換、及び追加が可能である。

[0068] （ステップＳ１０１）

ステップＳ１０１では、制御部１１は、取得部１１１として動作し、歯付きベルト２５を駆動するモータ２１に作用するトルクを計測した結果を時系列に並べた計測データ１２２を取得する。そして、制御部１１は、取得した計測データ１２２をＲＡＭ又は記憶部１２に保存する。

[0069] 上記のとおり、モータ２１に供給される指令電流値に基づいて、当該モータ２１に作用するトルクを計測することができる。この計測データ１２２を取得するため、ロボット装置２は、モータ２１が一定時間定速で動作するように、適宜制御される。ロボット装置２の制御及びモータ２１に作用するト

ルクの計測はそれぞれ、異常診断装置１により行われてもよいし、異常診断装置１以外の他のコンピュータにより行われてもよい。

[0070] 異常診断装置１が、ロボット装置２の制御及びトルクの計測を行う場合、本ステップＳ１０１では、制御部１１は、ロボット装置２のモータ２１を駆動すると共に、モータ２１に供給される指令電流値を監視する。これにより、制御部１１は、モータ２１に作用するトルクを計測し、計測した結果を時系列に並べた計測データ１２２を取得する。一方、少なくともトルクの計測が異常診断装置１以外の他のコンピュータにより行われる場合、本ステップ１０１では、制御部１１は、ネットワーク、記憶媒体９１等を介して、他のコンピュータから直接的に又は間接的に計測データ１２２を取得する。

[0071] （ステップＳ１０２）

次のステップＳ１０２では、制御部１１は、演算部１１２として動作し、取得した計測データ１２２から、次のステップＳ１０３以降の処理に利用する部分を抽出する。

[0072] 発生した異常に起因する比較的に大きな振動（図３Ｂ）は、基本的には、歯付きベルト２５が１回転する度に生じる。そのため、この比較的に大きな振動は、モータ２１が定速で動作している間に一定の周期で表れ得る。そこで、本ステップＳ１０２では、制御部１１は、取得した計測データ１２２から、モータ２１が定速で動作している間のトルクを計測した部分を抽出する。

[0073] モータ２１が定速で動作している時間幅を特定する方法は、実施の形態に応じて適宜選択されてよい。例えば、モータ２１は、エンコーダ（不図示）を備えることで、回転速度を計測可能に構成されてよい。この場合、制御部１１は、エンコーダからモータ２１の速度データを取得し、取得した速度データを参照して、モータ２１が定速で動作していた時間幅を特定する。次に、制御部１１は、計測データ１２２を読み出し、特定した時間幅に対応する部分を計測データ１２２から抽出する。

[0074] これにより、制御部１１は、ステップＳ１０１で取得した計測データ１２

２から、モータ２１が定速で動作している間のトルクを計測した部分を抽出することができる。次のステップＳ１０３以降の処理では、本ステップＳ１０２で抽出した部分が利用される。なお、ステップＳ１０１で取得された計測データ１２２において、モータ２１が定速で動作している間のトルクが既に抽出されている場合、本ステップＳ１０２は、省略されてもよい。

[0075] （ステップＳ１０３）

次のステップＳ１０３では、制御部１１は、演算部１１２として動作し、ステップＳ１０４以下の周波数解析を実施する前に、ステップＳ１０２の抽出処理を適用後の計測データ１２２に対してエンベロープ処理を適用する。

[0076] エンベロープ処理は、包絡線処理とも呼ばれ、波形の輪郭を明確にするための処理である。エンベロープ処理の具体的な計算手法は、実施の形態に応じて適宜選択されてよい。例えば、エンベロープ処理の具体的な計算処理として、ヒルベルト変換処理、二乗処理、絶対値処理等を挙げることができる。ヒルベルト変換処理では、計測データ１２２の各値に対してヒルベルト変換を適用する。二乗処理では、計測データ１２２の各値を、当該各値の二乗の値に変換する。絶対値処理では、計測データ１２２の各値を絶対値に変換する。本ステップＳ１０３では、制御部１１は、これらの計算手法のうちの少なくともいずれかを採用して、エンベロープ処理を実施する。

[0077] （ステップＳ１０４及びＳ１０５）

次のステップＳ１０４及びＳ１０５では、制御部１１は、演算部１１２として動作し、計測データ１２２と正常データ１２３との差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析を行うことで、歯付きベルト２５の回転周波数成分の検査時と正常時との相違を示す値を含む演算結果データ１２４を算出する。

[0078] 本実施形態に係る周波数解析は、計測データ１２２に対する離散フーリエ変換による変換処理（ステップＳ１０４）と、計測データ１２２と正常データ１２３との差分を算出する差分処理（ステップＳ１０５）と、を含む。更に、本実施形態では、ステップＳ１０４で計測データ１２２に離散フーリエ

変換を適用した後に、ステップＳ１０５により計測データ１２２と正常データ１２３との差分を算出する。

[0079] そのため、本実施形態に係る正常データ１２３は、歯付きベルト２５の正常時における周期的な動作の計測データに対して離散フーリエ変換を適用することにより得られる複数の周波数成分の値であって、位相特性を保持した複数の周波数成分の値のうち、少なくとも回転周波数成分の値を含むように構成される。この正常データ１２３は、正常時の歯付きベルト２５の動作について、ステップＳ１０１～Ｓ１０４の処理を実施することにより得ることができる。

[0080] 具体的に、ステップＳ１０４では、制御部１１は、ステップＳ１０２及びＳ１０３の各処理を適用した計測データ１２２に対して離散フーリエ変換を適用する。これにより、制御部１１は、歯付きベルト２５の回転周波数成分を含む複数の周波数成分の各値であって、位相特性を保持した各値を算出する。そして、次のステップＳ１０５では、制御部１１は、ステップＳ１０４により計測データ１２２から算出された回転周波数成分の値と正常データ１２３に含まれる回転周波数成分の値との差分を計算することで、演算結果データ１２４を算出する。

[0081] ここで、図７Ａ～図７Ｃを用いて、ステップＳ１０４及びステップＳ１０５の各処理の一例を詳細に説明する。図７Ａは、ステップＳ１０４を適用後の計測データ１２２の一例を例示する。図７Ｂは、正常データ１２３の一例を例示する。図７Ｃは、演算結果データ１２４の一例を例示する。なお、図７Ａ～図７Ｃは、各データの一例を示しているに過ぎず、各データが、図７Ａ～図７Ｃそれぞれに示されるデータに限定される訳ではない。

[0082] 制御部１１は、上記ステップＳ１０１では、図３Ａ及び図３Ｂに例示されるような、モータ２１のトルクを計測した結果を時系列に示す時系列データを計測データ１２２として取得する。続いて、制御部１１は、ステップＳ１０１で取得した時系列データにステップＳ１０２及びＳ１０３の各処理を適用する。そして、ステップＳ１０４では、制御部１１は、ステップＳ１０２

及びＳ１０３の各処理を適用した時系列データに対して離散フーリエ変換を行う。これにより、制御部１１は、図７Ａで例示されるように、回転周波数（ｗＨｚ）成分を含む複数の周波数成分の各値を、位相特性を保持した状態で算出することができる。

[0083] このような離散フーリエ変換後の計測データ１２２との差分を計算するため、正常データ１２３は、図７Ｂで例示されるように、正常時の計測データに対して離散フーリエ変換を適用することで得られる複数の周波数成分の各値のうち、少なくとも回転周波数成分の値を、位相特性を保持した状態で含むように構成される。このような正常データ１２３は、歯付きベルト２５が正常な時に上記ステップＳ１０１～Ｓ１０４の処理を行うことで得ることができる。

[0084] ステップＳ１０５では、制御部１１は、図７Ａで示される離散フーリエ変換後の計測データ１２２と図７Ｂで示される正常データ１２３との差分計算を行うことで、図７Ｃに例示される演算結果データ１２４を算出する。これにより、制御部１１は、図７Ｃの演算結果データ１２４に示されるとおり、それぞれ位相特性を保持した状態のままで各周波数成分の差分値を算出することができる。

[0085] なお、回転周波数ｗは、適宜算出可能である。例えば、モータ２１の回転数が１００ｒｐｓであり、第１プーリ２３の歯２３１の数が６４個であり、歯付きベルト２５の歯２５１の数が３２０個であるとする。この場合、回転周波数ｗは、６４×１００÷３２０＝２０（Ｈｚ）となる。

[0086] （ステップＳ１０６及びＳ１０７）

次のステップＳ１０６及びＳ１０７では、制御部１１は、診断部１１３として動作し、演算結果データ１２４に含まれる回転周波数成の値に基づいて、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する。本実施形態では、制御部１１は、ステップＳ１０６において、回転周波数成分の強度を算出する。そして、制御部１１は、ステップＳ１０７において、算出した回転周波数成分の強度に基づいて、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを判定

する。

[0087] 具体的に、ステップＳ１０６では、制御部１１は、演算結果データ１２４から回転周波数成分の値を抽出し、抽出した回転周波数成分の値に対してノルム演算を行う。これにより、制御部１１は、回転周波数成分のノルムを当該回転周波数成分の強度として算出する。この「強度」は、「ゲイン」と称してもよい。

[0088] 算出するノルムの種類は、実施の形態に応じて適宜選択されてよい。例えば、ノルムの種類として、ユークリッドノルムを挙げることができる。演算結果データ１２４として上記図７Ｃに示す各値が与えられており、ユークリッドノルムを強度として採用する場合、制御部１１は、回転周波数（ｗＨｚ）成分の強度は凡そ１１（＝（11^2+1^2）の平方根）であると算出することができる。

[0089] 次のステップＳ１０７では、制御部１１は、算出した回転周波数成分の強度が閾値以上であるか否かに基づいて、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する。歯付きベルト２５に歯２５１の欠け等の異常が発生した場合には、歯付きベルト２５の回転周期に応じて比較的に大きな振動が生じるため、ステップＳ１０１～Ｓ１０６までの処理により算出される回転周波数成分の強度が大きくなる。そのため、制御部１１は、算出した回転周波数成分の強度が閾値以上である場合に、歯付きベルト２５に異常が発生したと診断し、そうでない場合に、歯付きベルト２５に異常は発生していないと診断する。なお、閾値は、システムに固定で与えられてもよいし、ユーザにより変更可能であってもよい。

[0090] これにより、制御部１１は、本動作例に係るロボット装置２の歯付きベルト２５の診断処理を終了する。なお、制御部１１は、上記ステップＳ１０７の診断処理の結果を所定の方法で通知してもよい。例えば、上記ステップＳ１０７において歯付きベルト２５に異常が発生していると診断した場合、制御部１１は、ディスプレイによる画面出力、スピーカによる音声出力、電子メールの送信等の通知方法で当該診断結果を通知してもよい。

[0091] ［特徴］

以上のとおり、本実施形態に係る異常診断装置１は、ノルム演算（ステップＳ１０６）を行う前に、検査時の計測データ１２２と正常時の正常データ１２３との差分計算（ステップＳ１０５）を行う。これによって、本実施形態に係る異常診断装置１は、図７Ａ及び図７Ｂに示されるとおり、検査時の計測データ１２２と正常時の正常データ１２３との差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のままで行う。

[0092] その結果、図７Ｃに示されるとおり、歯付きベルト２５の有する固有の特性に依存せずに、回転周波数成分に生じる変化（検査時と正常時との差分値）を算出することができるようになる。例えば、図７Ｂで示される正常データ１２３に含まれる回転周波数成分の値（－１＋４ｉ）が歯付きベルト２５の固有の特性を示していると捉えることができ、図７Ａで示される計測データ１２２から得られた回転周波数成分の値（１０＋５ｉ）が、この固有の特性（－１＋４ｉ）に（１１＋ｉ）という変化が加えられたものと捉えることができる。本実施形態によれば、上記ステップＳ１０５による差分計算の結果、図７Ｃに示されるとおり、（１０＋５ｉ）－（－１＋４ｉ）＝（１１＋ｉ）となり、歯付きベルト２５の有する固有の特性に依存せずに、回転周波数成分に生じる変化を算出することができる。したがって、本実施形態によれば、歯付きベルト２５の有する固有の特性に依存せずに、回転周波数成分に生じる変化を適切に評価することができるようになるため、歯付きベルト２５に異常が発生しているか否かの診断精度を高めることができる。

[0093] また、本実施形態に係る異常診断装置１は、離散フーリエ変換（ステップＳ１０４）を行う前に、ステップＳ１０３により、計測データ１２２に対してエンベロープ処理を適用している。このエンベロープ処理によれば、計測データ１２２の波形の輪郭を明確にすることができる。そのため、エンベロープ処理を適用した計測データ１２２に対して離散フーリエ変換を適用することで、回転周波数成分を含む各周波数成分の値を適切に算出することができるようになる。したがって、本実施形態によれば、歯付きベルト２５に異

常が発生しているか否かの診断精度を高めることができる。

[0094] §４ 変形例

以上、本発明の実施の形態を詳細に説明してきたが、前述までの説明はあらゆる点において本発明の例示に過ぎない。本発明の範囲を逸脱することなく種々の改良及び変形を行うことができることは言うまでもない。例えば、以下のような変更が可能である。なお、以下では、上記実施形態と同様の構成要素に関しては同様の符号を用い、上記実施形態と同様の点については、適宜説明を省略した。以下の変形例は適宜組み合わせ可能である。

[0095] ＜４．１＞

上記実施形態では、検査対象物の一例として、ロボット装置２の歯付きベルト２５を例示している。しかしながら、検査対象物は、このようなロボット装置２及び歯付きベルト２５に限定されなくてもよく、実施の形態に応じて適宜選択されてよい。なお、検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分は、当該検査対象物の種類に応じて適宜決定される。また、第１データの種類は、検査対象物の異常を検知可能であれば、トルクデータに限られず、実施の形態に応じて適宜選択されてよい。

[0096] ＜４．２＞

上記実施形態に係る異常診断装置１は、ステップＳ１０３において、エンベロープ処理を行っている。しかしながら、このエンベロープ処理は、省略されてもよい。上記実施形態において、エンベロープ処理を省略した場合には、歯付きベルト２５に生じた異常に起因する挙動は、歯付きベルト２５と第１プーリ２３との噛み合い周波数Ｗと歯付きベルト２５の回転周波数ｗとのうなりの周波数（Ｗ－ｗ、Ｗ＋ｗ）の成分に表れる。そのため、エンベロープ処理を省略する場合には、うなりの周波数（Ｗ－ｗ、Ｗ＋ｗ）の成分が本発明の「対象周波数成分」として取り扱われる。すなわち、上記ステップＳ１０６及びＳ１０７では、制御部１１は、うなりの周波数（Ｗ－ｗ、Ｗ＋ｗ）成分の各値に基づいて、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する。

[0097] また、異常診断装置１は、エンベロープ処理を行う前に、計測データ１２２に対して特定の周波数を取り出すためのフィルタを適用してもよい。フィルタは、例えば、歯付きベルト２５と第１プーリ２３との噛み合い周波数W及び回転周波数ｗそれぞれの成分を通過させるように適宜構成される。これにより、計測データ１２２のノイズを除去することができるため、検査対象物に異常が発生しているか否かの診断精度を高めることができる。

[0098] なお、噛み合い周波数Wは、歯付きベルト２５の歯２５１と第１プーリ２３の歯２３１とが単位時間あたりに噛み合う回数を示す。例えば、モータ２１の回転数が１００ｒｐｓであり、第１プーリ２３の歯２３１の数が６４個である場合、噛み合い周波数Wは、６４×１００＝６４００（Ｈｚ）となる。

[0099] ＜４．３＞

上記実施形態では、異常診断装置１は、ステップＳ１０４により計測データ１２２に対して離散フーリエ変換を適用した後に、ステップＳ１０５により計測データ１２２と正常データ１２３との差分を計算している。しかしながら、差分処理を実施するタイミングは、このような例に限定されなくてもよく、実施の形態に応じて適宜決定されてよい。例えば、離散フーリエ変換を行う前に、差分処理を実施してもよい。

[0100] 図８は、本変形例に係る異常診断装置１の処理手順の一例を例示するフローチャートである。本変形例に係る処理手順は、差分処理を行った後に離散フーリエ変換を行う点を除き、上記実施形態の処理手順と同様である。すなわち、ステップＳ２０１～Ｓ２０３、Ｓ２０６及びＳ２０７は、上記ステップＳ１０１～Ｓ１０３、Ｓ１０６及びＳ１０７と同様に処理される。

[0101] 本変形例では、制御部１１は、ステップＳ２０３によりエンベロープ処理を行った後に、ステップＳ２０４により、計測データ１２２と正常データとの差分処理を行う。そのため、本変形例に係る正常データは、離散フーリエ変換を適用する前の計測データ１２２と同様に、時系列データにより構成される。

[0102] 具体的には、本変形例に係る正常データは、歯付きベルト２５の正常時における周期的な動作の計測データに対してデータ抽出処理（ステップＳ２０２）及びエンベロープ処理（Ｓ２０３）を適用することで得られた時系列データである。このような正常データは、正常時の歯付きベルト２５の動作について、ステップＳ２０１～Ｓ２０３の処理を実施することにより得ることができる。

[0103] ステップＳ２０４の差分処理により、検査時と正常時との動作の差分を示す時系列データを得ることができる。次のステップＳ２０５では、制御部１１は、このようにして得られた時系列データに対して離散フーリエ変換を適用することで、上記実施形態と同様の演算結果データ１２４を算出する。そして、制御部１１は、上記ステップＳ１０６及びＳ１０７と同様に、ステップＳ２０６及びＳ２０７の処理を実行することで、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断することができる。

[0104] 以上のとおり、第１データと第２データとの差分処理を実施するタイミングは、第１データに離散フーリエ変換を適用した後に限られなくてもよい。第２データの構成は、差分処理を実施するタイミングに応じて適宜決定される。具体的には、第２データは、差分処理を適用する前の第１データと同様の形式になるように構成される。この第２データは、初期に与えられたもので固定されてもよいし、正常と診断された検査時に得られた第１データによって更新されてもよい。

[0105] なお、上記実施形態のように、差分処理を実施する前に第１データに対して離散フーリエ変換を適用する場合、上記正常データ１２３と同様に、第２データは、検査対象物の正常時における周期的な動作の計測データに対して離散フーリエ変換を適用することにより得られる複数の周波数成分の値であって、位相特性を保持した複数の周波数成分の値のうち、少なくとも１又は複数の対象周波数成分の値を含むように構成される。

[0106] この場合、周波数解析は、上記実施形態と同様に、第１データに対して離散フーリエ変換を適用することで、１又は複数の対象周波数成分を含む複数

の周波数成分の各値であって、位相特性を保持した各値を算出する変換処理と、第１データから算出された１又は複数の対象周波数成分の値、及び第２データに含まれる１又は複数の対象周波数成分の値の差分を計算する差分処理と、を含むように構成される。

[0107] ＜４．４＞

上記実施形態では、ステップＳ１０６により、ノルム演算が行われている。このノルム演算は、省略されてもよい。演算結果データ１２４に含まれる回転周波数成の値、すなわち、ステップＳ１０５で算出される回転周波数成分の検査時と正常時との差分値に基づいて、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する方法は、実施の形態に応じて適宜決定されてよい。

[0108] 例えば、回転周波数成分の検査時と正常時との差分値を入力すると、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを示す出力値を出力するように機械学習を行った学習済みの学習器が、歯付きベルト２５の異常診断に用いられてもよい。このような学習器は、例えば、ニューラルネットワークにより構成される。

[0109] この場合、上記ステップＳ１０７では、制御部１１は、ステップＳ１０５で算出した回転周波数成分の検査時と正常時との差分値を学習済みの学習器に入力することで、歯付きベルト２５に異常が発生しているか否を示す出力値を当該学習済みの学習器から得る。これにより、制御部１１は、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する。

[0110] ＜４．５＞

上記実施形態に係る異常診断装置１の処理手順について、適宜、ステップの省略、置換、及び追加が可能である。例えば、図９に例示されるように、データ抽出の時間幅を決定する処理等が追加されてもよい。

[0111] 図９は、本変形例に係る異常診断装置１の処理手順の一例を例示するフローチャートである。本変形例に係る処理手順は、データ抽出の時間幅を決定する処理（ステップＳ３０２～３０３）、対象周波数成分の値を抽出する処理（ステップＳ３０７）、及び対象周波数成分の値を正規化する処理（ステ

ップＳ３０８）が追加されている点を除き、上記実施形態と同様である。

[0112] （ステップＳ３０１）

ステップＳ３０１は、上記ステップＳ１０１と同様に処理される。すなわち、ステップＳ３０１では、制御部１１は、取得部１１１として動作し、計測データ１２２を取得する。

[0113] （ステップＳ３０２及びＳ３０３）

次のステップＳ３０２では、制御部１１は、演算部１１２として動作し、１又は複数の対象周波数成分の周波数に基づいて、周波数解析の分解能を決定する。本変形例では、制御部１１は、回転周波数ｗに基づいて、周波数解析の分解能を決定する。

[0114] 具体的には、制御部１１は、離散フーリエ変換により回転周波数成分の値を直接的に算出可能なように周波数解析の分解能を決定する。周波数解析の分解能を決定する方法の一例として、回転周波数ｗの約数から選択する方法が挙げられる。例えば、回転周波数ｗが２０Ｈｚである場合、制御部１１は、１Ｈｚ、２Ｈｚ、４Ｈｚ、５Ｈｚ等の約数から周波数解析の分解能を決定する。

[0115] 次のステップＳ３０３では、制御部１１は、ステップＳ３０２で決定した分解能に応じて、計測データ１２２から抽出する区間部分の時間幅を決定する。例えば、周波数解析の分解能を４Ｈｚとした場合、制御部１１は、抽出する区間部分の時間幅を０．２５秒と決定する。

[0116] （ステップＳ３０４）

次のステップＳ３０４では、制御部１１は、ステップＳ３０３で決定した時間幅の区間部分を計測データ１２２から抽出する。ステップＳ３０２及びＳ３０３の処理により抽出する時間幅を決定している点を除き、本ステップＳ３０４は、上記ステップＳ１０２と同様に処理される。そして、制御部１１は、ステップＳ３０５以下の処理により、計測データ１２２から抽出した区間部分に対して周波数解析を適用する。

[0117] （ステップＳ３０５及びＳ３０６）

次のステップＳ３０５及びＳ３０６は、上記ステップＳ１０３及びＳ１０４と同様に処理される。すなわち、制御部１１は、演算部１１２として動作し、計測データ１２２の抽出部分に対してエンベロープ処理を適用する。そして、制御部１１は、エンベロープ処理を適用した計測データ１２２の抽出部分に対して離散フーリエ変換を行う。これにより、図７Ａに例示されるような、計測データ１２２の複数の周波数成分それぞれの値を算出することができる。

[0118] （ステップＳ３０７）

次のステップＳ３０７では、制御部１１は、演算部１１２として動作し、ステップＳ３０６で算出した複数の周波数成分のうちから１又は複数の対象周波数成分を抽出する。例えば、制御部１１は、図７Ａで例示される複数の周波数成分のうちから回転周波数（ｗＨｚ）成分を抽出する。

[0119] （ステップＳ３０８）

次のステップＳ３０８では、制御部１１は、演算部１１２として動作し、計測データ１２２に基づいて、歯付きベルト２５の各歯２５１と第１プーリ２３の各歯２３１との噛み合い周波数（Ｗ［Ｈｚ］）成分の強度を算出する。

[0120] 例えば、制御部１１は、ステップＳ３０６で離散フーリエ変換を行った結果から、噛み合い周波数成分の値を取得してもよい。また、制御部１１は、ステップＳ３０４で抽出した部分に離散フーリエ変換を適用し、得られた複数の周波数成分の各値から噛み合い周波数成分の値を抽出することで、噛み合い周波数成分の値を取得してもよい。そして、制御部１１は、取得した噛み合い周波数成分の値に対してノルム演算を行うことで、噛み合い周波数成分の強度を算出することができる。

[0121] 次に、制御部１１は、算出した噛み合い周波数成分の強度で、ステップＳ３０７で抽出した回転周波数成分の値を正規化する。例えば、制御部１１は、ステップＳ３０７で抽出した回転周波数成分の値を噛み合い周波数成分の強度で割ることで、回転周波数成分の値の正規化を行う。

[0122] （ステップＳ３０９）

次のステップＳ３０９では、制御部１１は、上記ステップＳ１０５と同様に、計測データ１２２から得られた正規化後の回転周波数成分の値と正常データに含まれる回転周波数成分の値との差分を計算することで、演算結果データを算出する。

[0123] ただし、本変形例では、ステップＳ３０７により、離散フーリエ変換により計測データ１２２から得られた複数の周波数成分の値のうち、回転周波数成分の値が抽出されている。そのため、本変形例に係る正常データは、図７Ｂで例示される複数の周波数成分のうちの回転周波数成分の値のみで構成されてよい。これにより、本ステップＳ３０９では、制御部１１は、上記の差分計算により、回転周波数成分の値で構成された演算結果データを算出する。

[0124] （ステップＳ３１０及びＳ３１１）

次のステップＳ３１０及びＳ３１１は、上記ステップＳ１０６及びＳ１０７と同様に処理される。すなわち、ステップＳ３１０では、制御部１１は、診断部１１３として動作し、ステップＳ３０９で算出した回転周波数成分の差分値に対してノルム演算を行うことで、回転周波数成分の強度を算出する。ステップＳ３１１では、制御部１１は、算出した回転周波数成分の強度が閾値以上であるか否かに基づいて、歯付きベルト２５に異常が発生したか否かを診断する。これにより、制御部１１は、本変形例に係る診断処理を終了する。

[0125] （特徴）

本変形例では、ステップＳ３０２の処理により、離散フーリエ変換により回転周波数成分の値を直接的に算出可能なように周波数解析の分解能を決定している。これにより、ステップＳ３０３では、ステップＳ３０６で行う離散フーリエ変換に適した時間幅の区間部分を計測データ１２２から抽出することができる。

[0126] 例えば、歯付きベルト２５の回転周波数ｗが２０Ｈｚであるとし、モータ

２１が定速で動作している時間幅が０．４秒であるとする。この場合、計測データ１２２から抽出する区間部分の時間幅を０．３３秒とし、周波数解析の分解能を３Ｈｚとすることができる。しかしながら、周波数解析の分解能を３Ｈｚとした場合、ステップＳ３０６で行う離散フーリエ変換により、回転周波数（２０Ｈｚ）成分の値を直接的に取得することができない。この場合、回転周波数成分の値は、近傍の周波数（１８Ｈｚ、２１Ｈｚ等）の成分の値から間接的に算出されることになる。そのため、算出される回転周波数成分の値が正確ではなく、これによって、歯付きベルト２５の診断精度が低下してしまう可能性がある。

[0127] これに対して、本変形例では、制御部１１は、ステップＳ３０２の処理により、離散フーリエ変換により回転周波数成分の値を直接的に算出可能なように周波数解析の分解能を決定する。例えば、制御部１１は、回転周波数２０Ｈｚの約数の中から４Ｈｚを分解能に選択したとする。このケースでは、分解能を３Ｈｚとしたケースに比べて、周波数解析の分解能は悪化している。しかしながら、ステップＳ３０６で行う離散フーリエ変換により、回転周波数成分の値を直接的に算出することができる。したがって、本変形例によれば、回転周波数成分の値を正確に算出することができるため、歯付きベルト２５の診断精度を高めることができる。

[0128] また、本変形例では、回転周波数成分を抽出して、周波数解析を実施している。具体的には、ステップＳ３０９の差分処理を行う前に、ステップＳ３０７により、回転周波数成分を抽出している。そのため、本変形例に係る正常データは、図７Ｂで例示される複数の周波数成分の各値のうち回転周波数成分の値のみで構成されてよい。したがって、本変形例によれば、正常データのデータ量を低減することができるため、記憶部１２及びＲＡＭの消費メモリの量を抑えることができる。

[0129] また、本変形例では、ステップＳ３０８により、噛み合い周波数成分の強度を利用して、ステップＳ３０７で抽出された回転周波数成分の値の正規化を行っている。これによって、次のような効果を得ることができる。

[0130] 例えば、歯付きベルト２５と第１プーリ２３との噛み合い周波数をＷ（Ｈｚ）とし、噛み合い周波数成分の強度をＡとし、歯付きベルト２５の回転周波数をｗ（Ｈｚ）とし、回転周波数成分の強度をＢとする。この場合、離散フーリエ変換により得られる回転周波数成分の値は、$４ＡＢｅ^{j(wt+\alpha)}$と表すことができる。なお、係数「４」は、余弦定理等から算出される。また、「α」は、位相を示す。

[0131] ここで、歯２５１が摩耗したり等すると、噛み合い周波数成分の強度Ａは変化し得る。噛み合い周波数成分の強度Ａが変化すると、上記のとおり、回転周波数成分の値は変化する。これによって、歯付きベルト２５に異常が発生しているか否かを診断する精度が低下してしまう可能性がある。

[0132] これに対して、本変形例では、ステップＳ３０８により、回転周波数成分の値を噛み合い周波数成分の強度Ａで割ることで、当該回転周波数成分の値の正規化を行う。これによって、噛み合い周波数成分の強度Ａに生じた変化の影響を回転周波数成分の値から取り除くことができる。そのため、本変形例によれば、歯付きベルト２５に異常が発生しているか否かを診断する精度を高めることができる。

[0133] なお、上記変形例に係る処理手順において、データ抽出の時間幅を決定する処理（ステップＳ３０２～３０３）、対象周波数成分の値を抽出する処理（ステップＳ３０７）、及び対象周波数成分の値を正規化する処理（ステップＳ３０８）の少なくともいずれかは省略されてもよい。

符号の説明

[0134] １…異常診断装置、

１１…制御部、１２…記憶部、１３…通信インタフェース、

１４…入力装置、１５…出力装置、１６…ドライブ、

９１…記憶媒体、

１１１…取得部、１１２…演算部、１１３…診断部、

１２１…異常診断プログラム、

１２２…計測データ、１２３…正常データ、１２４…演算結果データ、

２…ロボット装置、

２１…モータ、２２…回転軸、

２３…第１プーリ、２３１…歯、２３２…窪み、

２４…第２プーリ、

２５…歯付きベルト、

２５０…ベルト本体、２５１…歯

請求の範囲

[請求項1] 検査対象物の検査時における周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データを取得する取得部と、

前記第１データ、及び前記検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析により、前記検査時及び正常時の前記周期的な動作の相違を示す第３データであって、前記検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分の値を少なくとも含む第３データを算出する演算部と、

前記第３データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値に基づいて、前記検査対象物に異常が発生したか否かを診断する診断部と、

を備える、

異常診断装置。

[請求項2] 前記第２データは、前記検査対象物の正常時における周期的な動作の計測データに対して離散フーリエ変換を適用することにより得られる複数の周波数成分の値であって、前記位相特性を保持した複数の周波数成分の値のうち、少なくとも前記１又は複数の対象周波数成分の値を含むように構成され、

前記周波数解析は、

前記第１データに対して離散フーリエ変換を適用することで、前記１又は複数の対象周波数成分を含む複数の周波数成分の各値であって、前記位相特性を保持した各値を算出する変換処理と、

前記第１データから算出された前記１又は複数の対象周波数成分の値、及び前記第２データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値の差分を計算する前記差分処理と、

を含む、

請求項１に記載の異常診断装置。

[請求項3] 前記演算部は、前記周波数解析を実施する前に、前記第１データに対してエンベロープ処理を適用する、
請求項１又は２に記載の異常診断装置。

[請求項4] 前記診断部は、
前記第３データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値から前記１又は複数の対象周波数成分の強度を算出し、
算出した前記１又は複数の対象周波数成分の強度が閾値以上であるか否かに基づいて、前記検査対象物に異常が発生したか否かを診断する、
請求項１から３のいずれか１項に記載の異常診断装置。

[請求項5] 前記演算部は、前記１又は複数の対象周波数成分の周波数に基づいて、前記周波数解析の分解能を決定し、決定した前記分解能に応じた時間幅の区間部分を前記第１データから抽出し、前記第１データの抽出した区間部分に対して前記周波数解析を適用する、
請求項１から４のいずれか１項に記載の異常診断装置。

[請求項6] 前記検査対象物は、プーリの回転により駆動するように構成された歯付きベルトであって、当該プーリの複数の歯に噛み合う複数の歯と、前記プーリ側の面に前記複数の歯を結合したベルト本体とを備える歯付きベルトであり、
前記１又は複数の対象周波数成分は、前記歯付きベルトの回転周波数成分である、
請求項１から５のいずれか１項に記載の異常診断装置。

[請求項7] 前記演算部は、前記第１データに基づいて、前記歯付きベルトの各歯と前記プーリの各歯との噛み合い周波数成分の強度を算出し、算出した噛み合い周波数成分の強度で前記回転周波数成分の値を正規化する、
請求項６に記載の異常診断装置。

[請求項8] 前記演算部は、前記１又は複数の対象周波数成分を抽出して、前記

周波数解析を実施することで、前記１又は複数の対象周波数成分の値で構成された前記第３データを算出する、

請求項１から７のいずれか１項に記載の異常診断装置。

[請求項9] コンピュータが、

検査対象物の検査時における周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データを取得するステップと、

前記第１データ、及び前記検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析により、前記検査時及び正常時の前記周期的な動作の相違を示す第３データであって、前記検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分の値を少なくとも含む第３データを算出するステップと、

前記第３データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値に基づいて、前記検査対象物に異常が発生したか否かを診断するステップと、

を実行する、

異常診断方法。

[請求項10] コンピュータに、

検査対象物の検査時における周期的な動作を計測した結果を時系列に並べた第１データを取得するステップと、

前記第１データ、及び前記検査対象物の正常時における周期的な動作から得られた第２データの差分を、それぞれに位相特性が保持された状態のまま計算する差分処理を含む周波数解析により、前記検査時及び正常時の前記周期的な動作の相違を示す第３データであって、前記検査対象物の異常に対応する１又は複数の対象周波数成分の値を少なくとも含む第３データを算出するステップと、

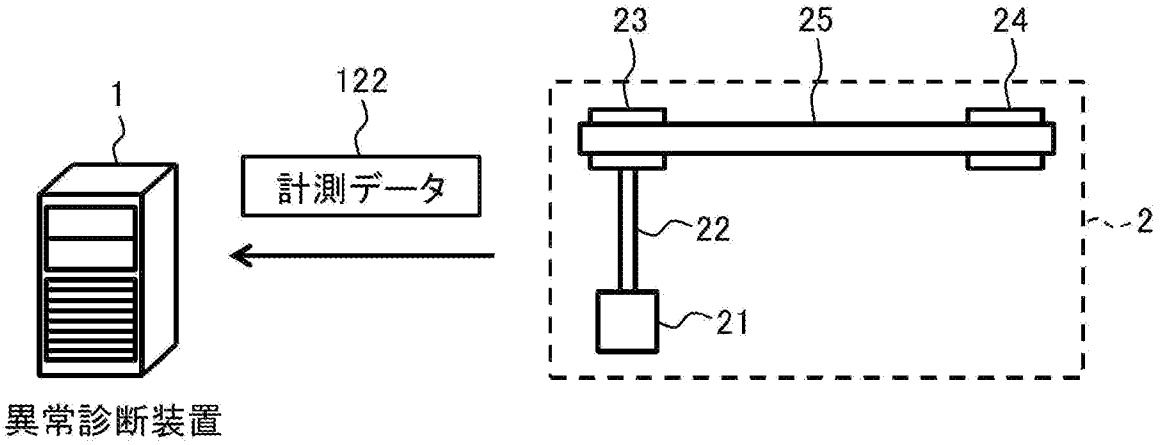
前記第３データに含まれる前記１又は複数の対象周波数成分の値に基づいて、前記検査対象物に異常が発生したか否かを診断するステッ

プと、

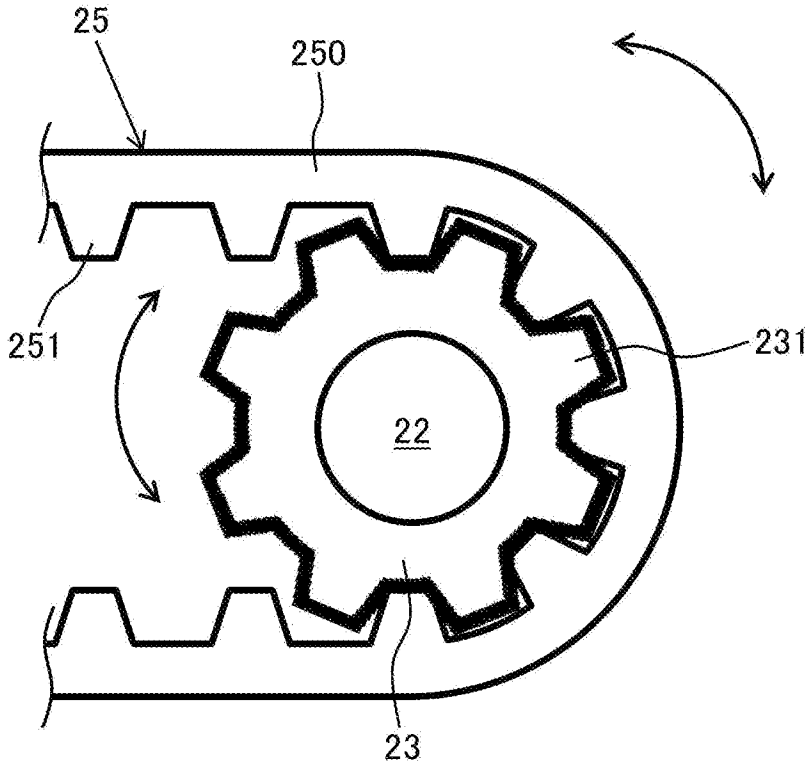
を実行させるための、

異常診断プログラム。

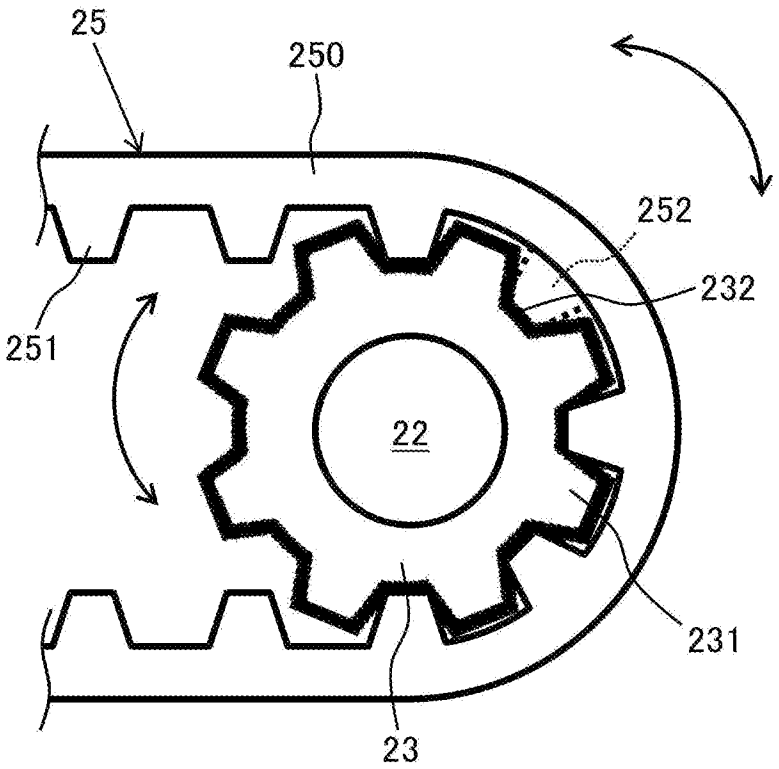
[図1]



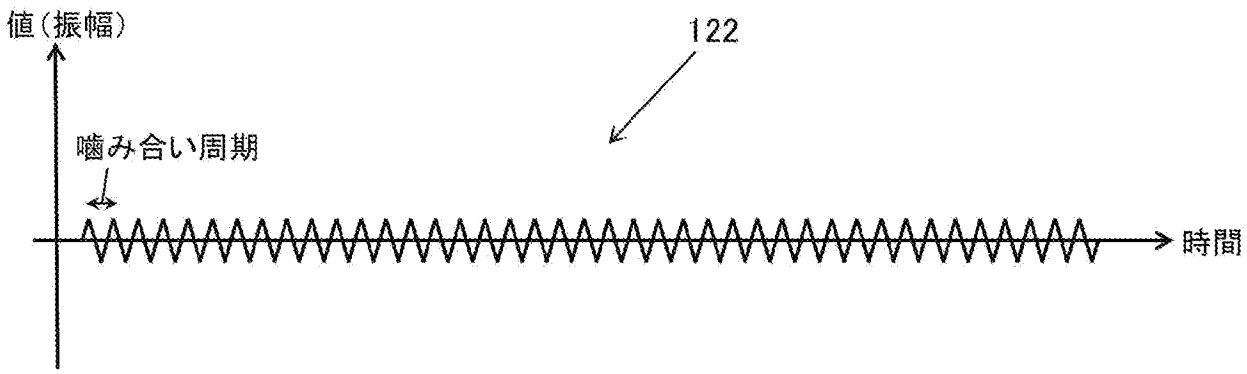
[図2A]



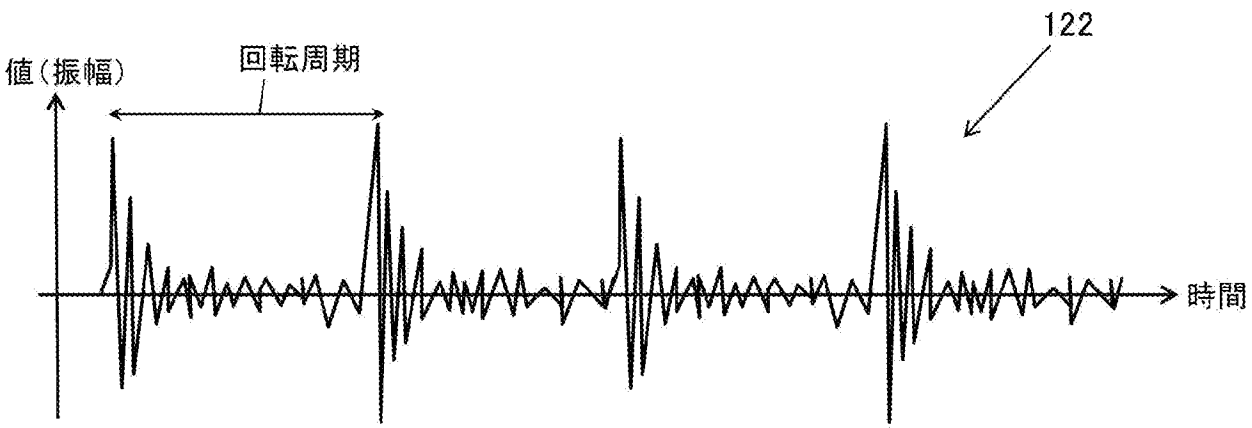
[図2B]



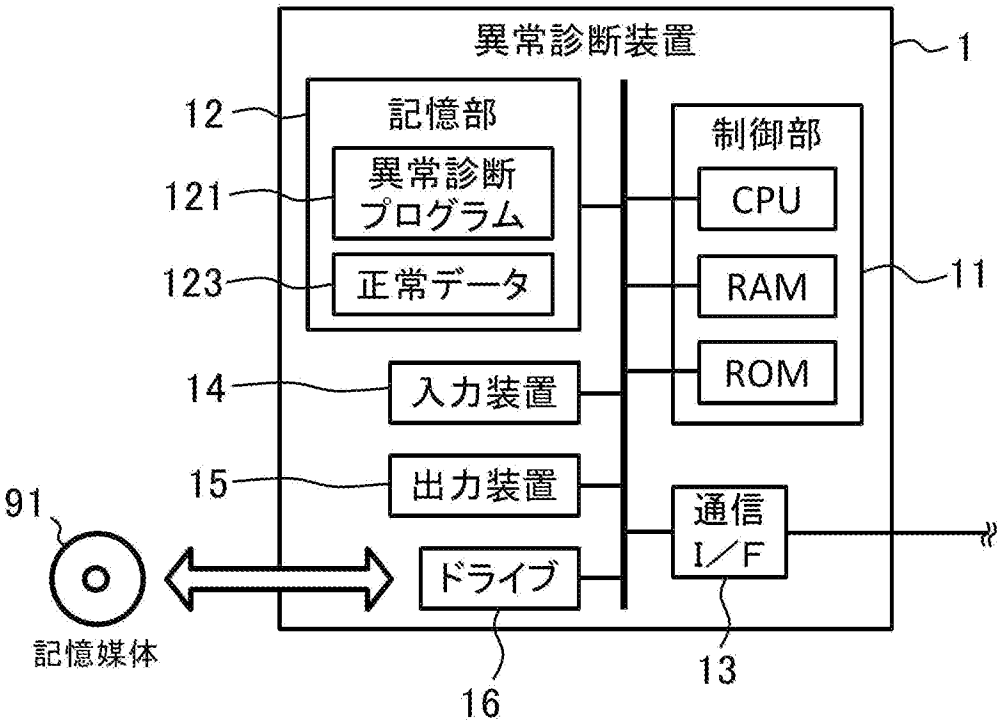
[図3A]



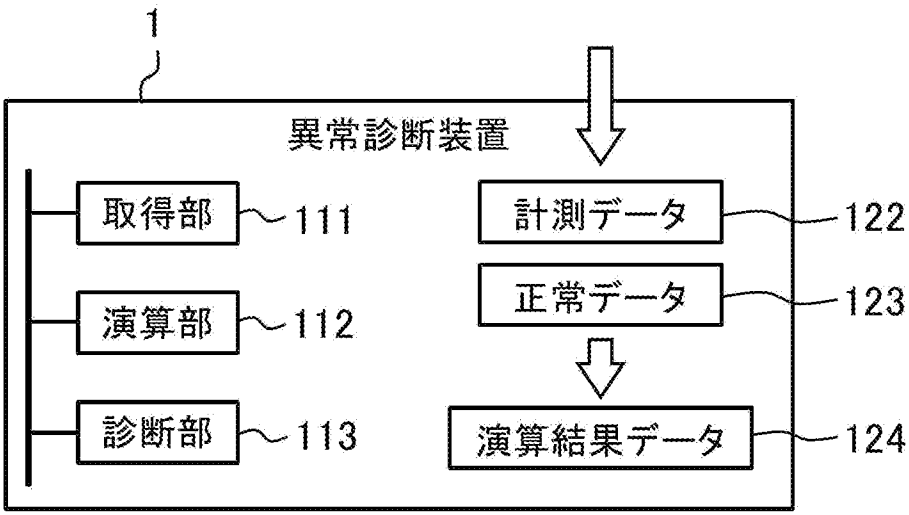
[図3B]



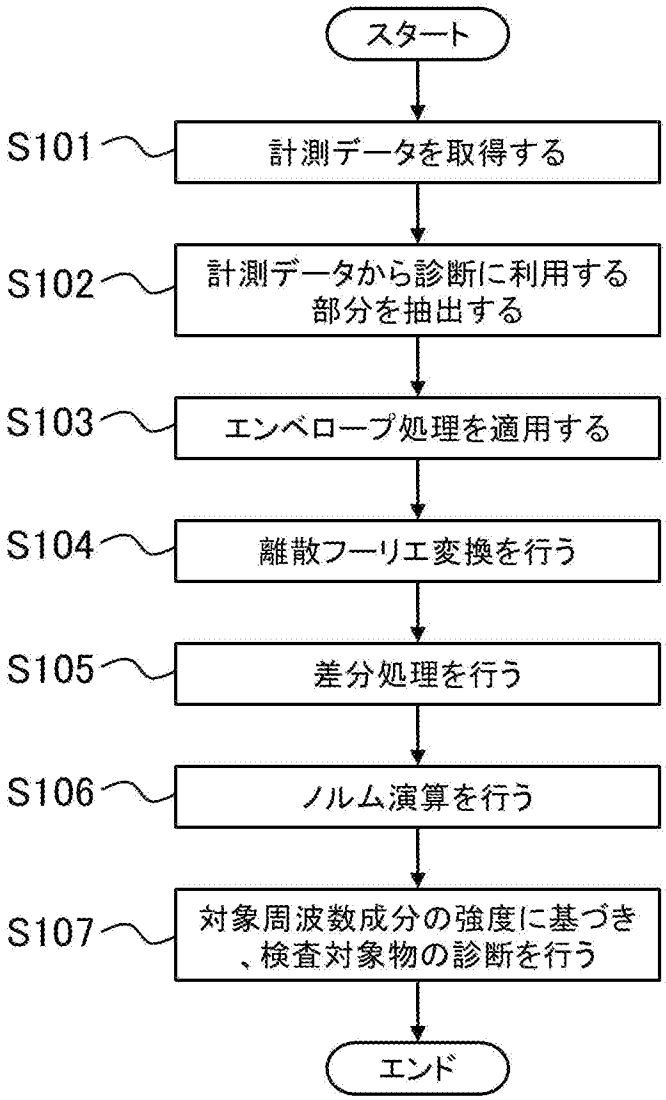
[図4]


異常診断装置
1
12
記憶部
異常診断
プログラム
121
正常データ
123
制御部
CPU
RAM
ROM
11
14
入力装置
15
出力装置
91
通信
I／F
ドライブ
記憶媒体
16
13

[図5]


1
異常診断装置
取得部
111
演算部
112
診断部
113
計測データ
122
正常データ
123
演算結果データ
124

[図6]


スタート
S101
計測データを取得する
S102
計測データから診断に利用する部分を抽出する
S103
エンベロープ処理を適用する
S104
離散フーリエ変換を行う
S105
差分処理を行う
S106
ノルム演算を行う
S107
対象周波数成分の強度に基づき、検査対象物の診断を行う
エンド

[図7A]

周波数	値
1Hz	2+3i
2Hz	−1+4i
▪	▪
▪	▪
wHz	10+5i
▪	▪
100Hz	2+i
▪	▪
▪	▪
▪	▪
1000Hz	4−i

[図7B]

周波数	値
1Hz	1+2i
2Hz	−1+i
▪	▪
▪	▪
wHz	−1+4i
▪	▪
100Hz	3+i
▪	▪
▪	▪
▪	▪
1000Hz	2+i

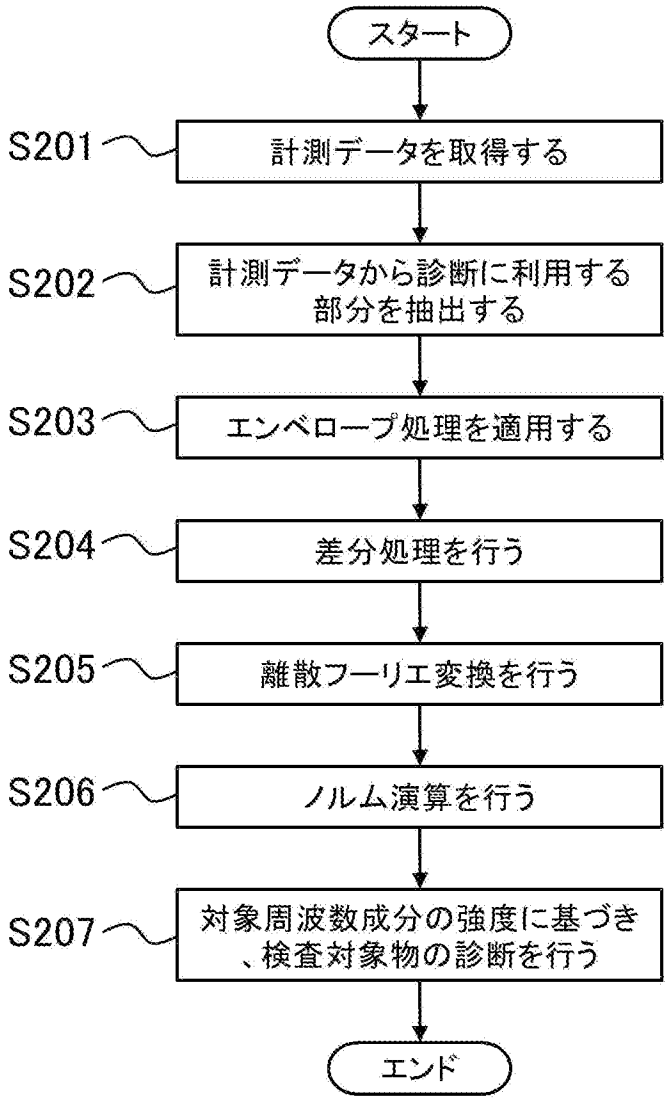
123

[図7C]

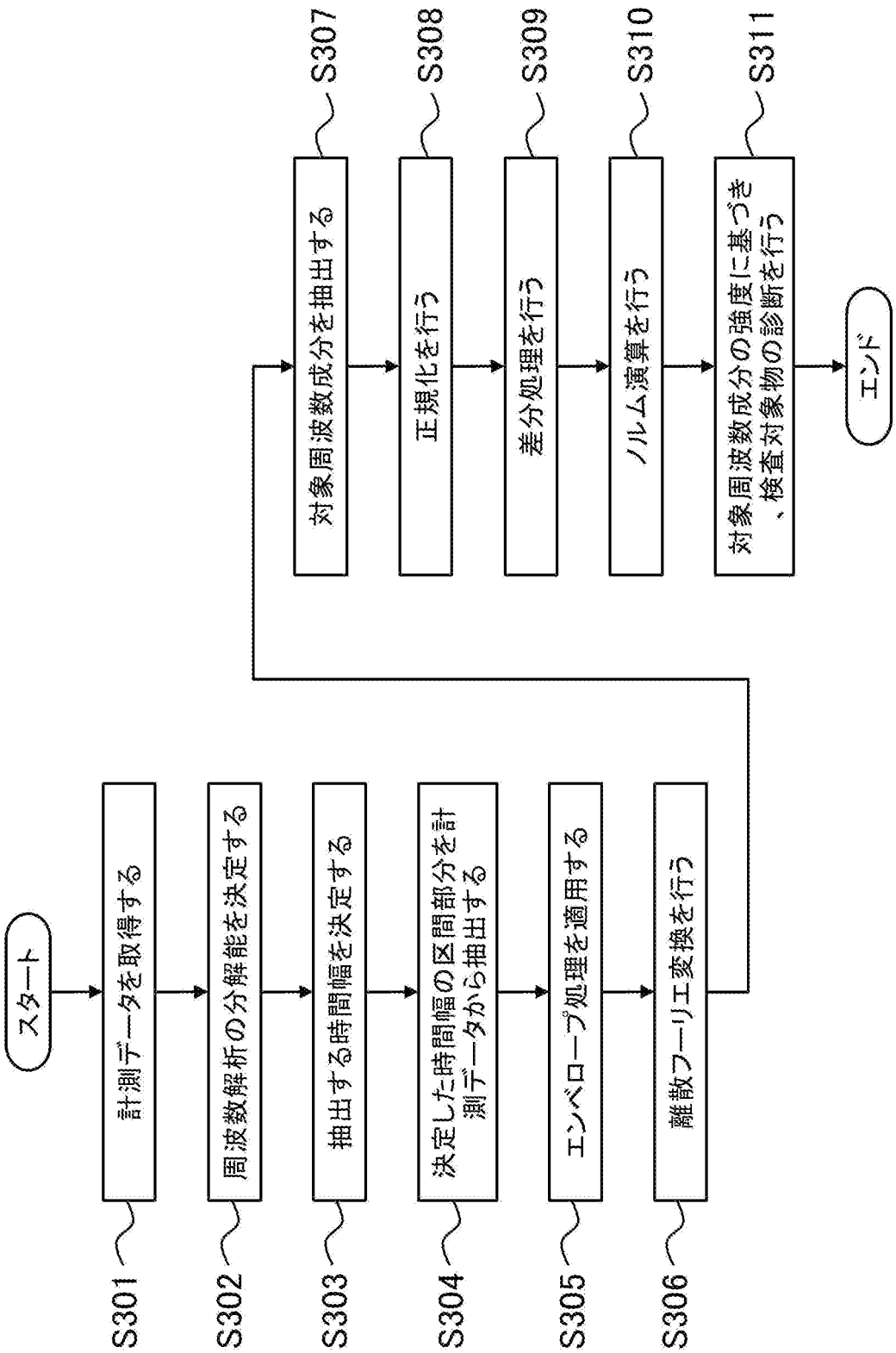
周波数	値
1Hz	(2+3i)−(1+2i)
2Hz	(−1+4i)−(−1+i)
▪	▪
▪	▪
wHz	(10+5i)−(−1+4i)
▪	▪
100Hz	(2+i)−(3+i)
▪	▪
▪	▪
▪	▪
1000Hz	(4−i)−(2+i)

124

[図8]


スタート
S201
計測データを取得する
S202
計測データから診断に利用する部分を抽出する
S203
エンベロープ処理を適用する
S204
差分処理を行う
S205
離散フーリエ変換を行う
S206
ノルム演算を行う
S207
対象周波数成分の強度に基づき、検査対象物の診断を行う
エンド

[図9]


スタート
計測データを取得する
周波数解析の分解能を決定する
抽出する時間幅を決定する
決定した時間幅の区間部分を計測データから抽出する
エンベロープ処理を適用する
離散フーリエ変換を行う
対象周波数成分を抽出する
正規化を行う
差分処理を行う
ノルム演算を行う
対象周波数成分の強度に基づき、検査対象物の診断を行う
エンド
S301
S302
S303
S304
S305
S306
S307
S308
S309
S310
S311

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/037728

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01M13/02(2006.01)i, G01M99/00(2011.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G01M13/02, G01M99/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-179527 A (FANUC CORPORATION) 13 October 2016, paragraph [0031] & US 2016/0279794 A1, paragraph [0049] & DE 102016003316 A & CN 106020116 A	1-10
A	JP 2017-125836 A (RICOH CO., LTD.) 20 July 2017, embodiment 1 & US 2017/0199164 A1, embodiment 1 & EP 3189969 A1	1-10
A	JP 2012-181185 A (RICOH CO., LTD.) 20 September 2012, paragraphs [0030]-[0031], fig. 5 & US 2012/0203497 A1, paragraphs [0051]-[0052]	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 December 2018 (18.12.2018)	08 January 2019 (08.01.2019)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/037728

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-537800 A (SIEMENS AG) 29 October 2009, entire text, all drawings & US 2009/0165570 A1, entire text, all drawings & WO 2007/131819 A1 & DE 102006022595 B3	1-10
A	JP 2007-3507 A (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 11 January 2007, paragraphs [0073]-[0104], fig. 17-28 (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０３７７２８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01M13/02(2006.01)i, G01M99/00(2011.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01M13/02, G01M99/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2016-179527 A (ファナック株式会社) 2016.10.13, [0031]段落 & US 2016/0279794 A1,[0049]段落 & DE 102016003316 A & CN 106020116 A	1-10
A	JP 2017-125836 A (株式会社リコー) 2017.07.20, [実施形態１] & US 2017/0199164 A1, Embodiment 1 & EP 3189969 A1	1-10
A	JP 2012-181185 A (株式会社リコー) 2012.09.20, [0030]-[0031]段落、図５ & US 2012/0203497 A1,[0051]-[0052]段落	1-10

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１８．１２．２０１８	０８．０１．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｊ　３１０７
松岡　智也
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５２

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2009-537800 A（シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト）2009.10.29, 全文、全図 & US 2009/0165570 A1,全文、全図 & WO 2007/131819 A1 & DE 102006022595 B3	1-10
A	JP 2007-3507 A（国立大学法人東京工業大学）2007.01.11, [0073]-[0104]段落、図１７－２８（ファミリーなし）	1-10