

(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
2020年7月2日(02.07.2020)



(10) 国際公開番号

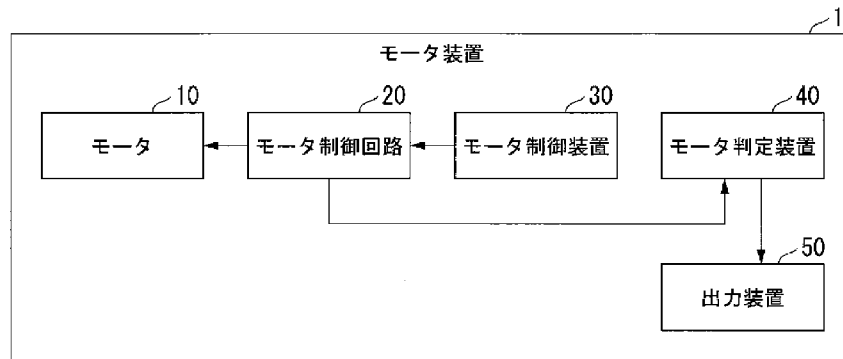
WO 2020/137362 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 31/00 (2006.01) *G01R 31/34* (2020.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/046950
(22) 国際出願日: 2019年12月2日(02.12.2019)
(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 2018-242575 2018年12月26日(26.12.2018) JP
(71) 出願人: 日本電産株式会社 (**NIDEC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: ラーク ヨハン フレドリック (**FREDRIC, Raak, Johan**); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). 喜田 将裕(**KIDA, Masahiro**); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). 前田 孝文(**MAEDA, Takafumi**); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (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, JP, KE, KG, KH,

(54) **Title:** ASSESSMENT DEVICE, MOTOR DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 判定装置、モータ装置及びプログラム



- 1 Motor device
- 10 Motor
- 20 Motor control circuit
- 30 Motor control device
- 40 Motor assessment device
- 50 Output device

(57) **Abstract:** One embodiment of this invention is an assessment device comprising: a current value acquisition unit for acquiring current value information indicating the current values of a current applied to a motor at each point in time within a main period that is the period within which the current is applied; and an assessment unit for determining whether the operation of the motor is normal on the basis of the difference between a normal distribution expressing the dispersion of a randomly changing physical quantity and the distribution of a current value variation amount, where given a current value $i(t)$ (where t is a real number) that is the current value at a time t indicated by the current value information and a current value $i(t + \Delta t)$ that is the current value at a time $(t + \Delta t)$ after an amount of time Δt has elapsed from the time t indicated by the current value information, the current value variation amount at the time t is the difference between the

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)）

current value $i(t)$ and the current value $i(t + \Delta t)$.

(57) 要約：本発明の一態様は、モータに電流が印加される期間である主期間内の各時刻における前記電流の電流値を示す電流値情報を取得する電流値取得部と、前記電流値情報が示す時刻 t における前記電流値を電流値 $i(t)$ とし (t は実数)、前記電流値情報が示す前記時刻 t の経過時間 Δt 時間後の時刻 ($t + \Delta t$) における前記電流値を電流値 $i(t + \Delta t)$ とし、前記電流値 $i(t)$ と前記電流値 $i(t + \Delta t)$ との差を時刻 t における電流値変化量として、前記電流値変化量の分布とランダムな変化をする物理量の分散を表す分布である正常分布との違いに基づいて、前記モータの動作が正常か否かを判定する判定部と、を備える判定装置である。

明 細 書

発明の名称： 判定装置、モータ装置及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、判定装置、モータ装置及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] これまで、ファンモータの異常を検知する技術が提案されている（米国特許出願公開第2008/0309366号明細書および米国特許出願公開第2014/0111218号明細書を参照）。これらの提案された技術は、ファンモータが異常である際に生じる振動や電流値等の物理量の値が検出されたか否かによってファンモータの異常を検知する技術である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2008/0309366号明細書
特許文献2：米国特許出願公開第2014/0111218号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来のモータの異常を検知する技術は、例えばファンモータが異常である際に生じる物理量の値を予め装置が学習しておく必要があり、学習の時間が必要という問題があった。また、このような問題はファンモータだけに限らずモータ全般に共通する問題であった。

[0005] 上記事情に鑑み、本発明は、モータの異常を示す物理量の値の学習に要する時間を軽減するとともにモータの異常を検知する技術を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、モータに電流が印加される期間である主期間内の各時刻における前記電流の電流値を示す電流値情報を取得する電流値取得部と、前記電流値情報が示す時刻 t における前記電流値を電流値 $i(t)$ とし (t

は実数)、前記電流値情報が示す前記時刻 t の経過時間 Δt 時間後の時刻 ($t + \Delta t$) における前記電流値を電流値 $i(t + \Delta t)$ とし、前記電流値 $i(t)$ と前記電流値 $i(t + \Delta t)$ との差を時刻 t における電流値変化量として、前記電流値変化量の分布とランダムな変化をする物理量の分散を表す分布である正常分布との違いに基づいて、前記モータの動作が正常か否かを判定する判定部と、を備える判定装置である。

[0007] 本発明の一態様は、上記の判定装置であって、前記判定部は、前記主期間内の期間である複数の副期間であって前記主期間の長さの半分以下の長さの期間である複数の副期間ごとに、前記副期間における前記電流値変化量の分布に対する所定の統計量の値を取得する統計量取得処理部と、前記正常分布と前記副期間における前記電流値変化量の分布との違いが所定の大きさ以下であることを前記所定の統計量の値が示すか否かを前記副期間ごとに判定する安定副期間判定処理部と、前記安定副期間判定処理部の判定結果に基づいて前記モータの動作が正常か否かを判定するモータ判定処理部と、を備える。

[0008] 本発明の一態様は、上記の判定装置であって、前記正常分布と前記副期間における前記電流値変化量の分布との違いが所定の大きさ以下であることを前記所定の統計量の値が示すと前記安定副期間判定処理部によって判定された前記副期間を安定副期間とし、前記正常分布と前記副期間における前記電流値変化量の分布との違いが所定の大きさよりも大きいことを前記所定の統計量の値が示すと前記安定副期間判定処理部によって判定された前記副期間を不安定副期間として、前記モータ判定処理部は、前記安定副期間の数と前記不安定副期間の数との和に対する前記安定副期間の数が所定の値よりも大きい場合に前記モータの動作が正常であると判定し、前記モータ判定処理部は、前記安定副期間の数と前記不安定副期間の数との和に対する前記安定副期間の数が前記所定の値以下である場合に前記モータの動作が異常であると判定する。

[0009] 本発明の一態様は、上記の判定装置であって、前記正常分布は、ガウス分

布である。

[0010] 本発明の一態様は、上記の判定装置であって、前記所定の統計量は、MD (Mahalanobis' Distance) の2乗の分布の分散を var MD^2 として、 var MD^2 である。

[0011] 本発明の一態様は、上記の判定装置であって、前記安定副期間判定処理部は、さらに、前記電流値又は前記電流値変化量の乱雑さを示す値に基づいて、前記モータの動作が正常か否かを判定する。

[0012] 本発明の一態様は、上記の判定装置であって、前記安定副期間判定処理部は、MD (Mahalanobis' Distance) の2乗の分布の分散を var MD^2 として、前記副期間における前記電流値変化量の分布に対する var MD^2 とガウス分布に対する var MD^2 との差である var MD^2 差が var MD^2 閾値よりも大きく、前記副期間における前記電流値変化量の分布に対する C I V の値と予め定められた第1の値との差である C I V 差が予め定められた第2の値よりも大きい場合に前記副期間は前記不安定副期間であると判定し、前記 var MD^2 差が前記 var MD^2 閾値よりも大きく、前記 C I V 差が前記第2の値以下である場合に前記副期間は前記安定副期間であると判定し、前記 var MD^2 差が前記 var MD^2 閾値以下であって、前記 C I V 差が前記第2の値より大きい場合に前記副期間は前記不安定副期間であると判定し、前記 var MD^2 差が前記 var MD^2 閾値以下であって、前記 C I V 差が前記第2の値以下である場合に前記副期間は前記安定副期間であると判定する。

[0013] 本発明の一態様は、モータと、前記モータに電流が印加される期間である主期間内の各時刻における前記電流の電流値を示す電流値情報を取得する電流値取得部と、前記電流値情報が示す時刻 t における前記電流値を電流値 $i(t)$ とし (t は実数)、前記電流値情報が示す前記時刻 t の経過時間 Δt 時間後の時刻 ($t + \Delta t$) における前記電流値を電流値 $i(t + \Delta t)$ とし、前記電流値 $i(t)$ と前記電流値 $i(t + \Delta t)$ との差を電流値変化量として、前記電流値変化量の分布と正常分布との違いに基づいて、前記モータ

の動作が正常か否かを判定する判定部と、を備えるモータ装置である。

[0014] 本発明の一態様は、上記の判定装置としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。

発明の効果

[0015] 本発明により、本構成を有しない場合と比較し、モータの異常を示す物理量の値の学習に要する時間を軽減するとともにモータの異常を検知することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]実施形態のモータ装置 1 の機能構成の一例を示す図。

[図2]実施形態におけるモータ判定装置 40 の機能構成の一例を示す図。

[図3]実施形態におけるモータ 10 に印加される電流の主期間内の各時刻における電流値の一例を示す図。

[図4]実施形態における副期間の一例を示す図。

[図5]実施形態の主期間内電流値変化量情報が示す各時刻における電流値変化量と副期間との関係の一例を示す図。

[図6]実施形態におけるモータ判定装置 40 が実行する判定処理の流れの一例を示す図。

[図7]実施形態における安定副期間判定処理の流れの一例を示す図。

[図8]実施形態における電流値変化量の分布に対する $C \mid V$ の値 $V_{c \mid v}$ と MD との分布を示す実験結果の一例を示す図。

[図9]実施形態における判定値の実験結果の一例を示す図。

[図10]実施形態における電流値の RMS 値の実験結果の第 1 の例を示す図。

[図11]実施形態における電流値の RMS 値の実験結果の第 2 の例を示す図。

[図12]実施形態における電流値の RMS 値の実験結果の第 3 の例を示す図。

[図13]実施形態における電流値の RMS 値の実験結果の第 4 の例を示す図。

[図14]実施形態における電流値変化量の実験結果の第 1 の例を示す図。

[図15]実施形態における電流値変化量の実験結果の第 2 の例を示す図。

[図16]実施形態における電流値変化量の実験結果の第 3 の例を示す図。

[図17]実施形態における電流値変化量の実験結果の第4の例を示す図。

[図18]実施形態における安定副期間判定処理部433による判定結果の第1の例を示す図。

[図19]実施形態における安定副期間判定処理部433による判定結果の第2の例を示す図。

[図20]実施形態における安定副期間判定処理部433による判定結果の第3の例を示す図。

[図21]実施形態における安定副期間判定処理部433による判定結果の第4の例を示す図。

[図22]実施形態におけるモータ10のモータの振動のRMS値と判定値との関係を示す実験結果の第1の例を示す図。

[図23]実施形態におけるモータ10のモータの振動のRMS値と判定値との関係を示す実験結果の第2の例を示す図。

[図24]実施形態におけるモータ10のモータの振動のRMS値と判定値との関係を示す実験結果の第3の例を示す図。

[図25]実施形態における判定値の副時間依存性を示す実験結果の第1の例を示す図。

[図26]実施形態における判定値の副時間依存性を示す実験結果の第2の例を示す図。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、実施形態の判定装置、モータ装置及びプログラムを、図面を参照して説明する。

図1は、実施形態のモータ装置1の機能構成の一例を示す図である。

モータ装置1は、モータ10、モータ制御回路20、モータ制御装置30、モータ判定装置40及び出力装置50を備える。

モータ10は、電力の供給を受けて回転することでトルクを発生する。すなわち、モータ10は、電気エネルギーを運動エネルギーに変換する。モータ10は、モータであればどのようなモータであってもよく、例えば、ブラ

シレスモータであってもよいし、ステッピングモータであってもよい。モータ１０は、例えば、ファンモータであってもよい。

[0018] モータ制御回路２０は、半導体スイッチ等のスイッチを備えモータ１０に接続された回路である。モータ制御回路２０は、スイッチのオン／オフによって整形された所定の波形の電流をモータ１０に印加することでモータ１０を回転させる。

[0019] モータ制御装置３０は、モータ制御回路２０を制御することでモータ１０の動作を制御する。モータ制御装置３０は、例えば、モータ制御回路２０が備えるスイッチのオン／オフを制御することで、モータ１０の回転を制御する。

[0020] モータ判定装置４０は、モータ１０に印加される電流の各時刻における電流値に基づいてモータ１０の動作が異常か否かを判定する。なお、モータ１０の動作が異常であるとは、例えば、潤滑剤の固化や潤滑剤の減少やベアリングの変形等のモータ１０の回転を阻害する要因によってモータ１０の回転に要するエネルギーが所定の値以上であるようなモータ１０の状態である。

[0021] 出力装置５０は、モータ判定装置４０の判定結果を出力する。出力装置５０は、モータ判定装置４０の判定結果を出力可能であればどのようなものであってもよい。出力装置５０は、ＣＲＴ（Cathode Ray Tube）ディスプレイや液晶ディスプレイ、有機ＥＬ（Electro-Luminescence）ディスプレイ等の表示装置を含んで構成されてもよい。出力装置５０は、これらの表示装置を自装置に接続するインタフェースとして構成されてもよい。出力装置５０は例えば、ＬＥＤ（light emitting diode）であってもよい。モータ判定装置４０がＬＥＤである場合、出力装置５０は、例えば、ＬＥＤの点滅のパターンによってモータ１０の動作が異常か否かを示してもよい。

[0022] 図２は、実施形態におけるモータ判定装置４０の機能構成の一例を示す図である。

モータ判定装置４０は、バスで接続されたＣＰＵ（Central Processing Unit）やメモリや補助記憶装置などを備え、プログラムを実行する。モータ判

定装置 40 は、プログラムの実行によって電流値取得部 41、RMS 値取得部 42 及び判定部 43 を備える装置として機能する。

[0023] 電流値取得部 41 は、電流値情報を取得する。電流値情報は、モータ 10 に印加される電流の主期間内の各時刻における電流値を示す情報である。主期間は、モータ 10 に電流が印加される期間であって予め定められた期間であればどのような期間であってもよく、例えば、モータ 10 に電流が印加され始めてから 36 時間であってもよい。

モータ判定装置 40 は、例えば、モータ制御回路 20 を流れる電流を取得することで、電流値情報を取得する。モータ制御回路 20 を流れる電流は、モータ制御回路 20 上の予め定められた測定箇所を流れる電流である。測定箇所は、例えば、抵抗値の小さな所定の抵抗が位置する箇所である。所定の抵抗は、例えば、シャント抵抗であってもよい。所定の抵抗は、例えば、モータ 10 に供給する電力の電力源（不図示）とアース線との間に配置されたシャント抵抗であってもよい。小さな抵抗値は、例えば $0.1\ \Omega$ である。

[0024] 図 3 は、実施形態におけるモータ 10 に印加される電流の主期間内の各時刻における電流値の一例を示す図である。

図 3 の横軸は、時刻を表す。図 3 の縦軸は、電流値を表す。図 3 は、0 秒から 10 秒までに、モータ制御回路 20 の測定箇所を流れる電流の電流値の変化を表す。

[0025] 図 2 の説明に戻る。

RMS 値取得部 42 は、RMS 値取得処理を実行する。RMS 値取得処理は、電流値情報に基づいて、電流値情報が示す電流値の RMS 時間における RMS (root mean square) 値を取得する処理である。RMS 時間は、予め定められた時間である。RMS 時間は、主期間の長さ（以下「主時間」という。）の半分よりも短ければどのような時間であってもよい。例えば主時間が 35 時間である場合、RMS 時間は、例えば、1 分であってもよい。以下、説明の簡単のため RMS 時間は、1 分であると仮定する。以下、RMS 値取得処理によって取得された RMS 値の各時刻における値を示す情報を、以

下説明の簡単のため、電流値情報という。

[0026] 以下、電流値情報が示す電流値の変化量を電流値変化量という。具体的には、時刻 t における電流値変化量は、電流値情報が示す時刻 t における電流値 $i(t)$ と、電流値情報が示す電流値であって時刻 t の経過時間 Δt 時間後の時刻 $(t + \Delta t)$ における電流値 $i(t + \Delta t)$ との差である。なお、時刻 t は実数である。

[0027] 以下、説明の簡単のため、時刻 t における電流値変化量は、電流値 $i(t + \Delta t)$ から電流値 $i(t)$ を引き算した値であると仮定する。以下、 $i(t + \Delta t) - i(t)$ を電流値変化量 $d(t)$ という。

経過時間 Δt は、RMS 時間以上であって主時間の半分よりも短い時間であればどのような時間であってもよく、例えば、RMS 時間であってもよい。以下、説明の簡単のため、経過時間 Δt は RMS 時間であると仮定する。

[0028] 判定部 43 を説明する。

判定部 43 は、判定処理を実行する。判定処理は、電流値変化量の分布と正常分布との違いに基づいて、モータ 10 が異常な動作をしているか否かを判定部 43 が判定する処理である。

[0029] 正常分布は、ランダムな変化をする物理量の分散を表す分布であって、電流値変化量の分布に対して定義可能な統計量が定義可能な分布である。なお、ランダムな変化をする物理量の分散を表す分布は、例えば、ガウス分布であってもよいし、F 分布であってもよいし、カイ二乗分布であってもよい。

[0030] 以下、経過時間 Δt より長く主時間の半分以下の時間を副時間という。副時間の長さは、予め定められた長さである。副時間は、例えば、経過時間 Δt が 1 分であって主時間が 35 時間である場合には、副時間は、例えば、6 時間であってもよいし、5 時間であってもよい。

以下説明の簡単のため、副時間は、6 時間であると仮定する。

以下、副時間における電流値変化量の分布と正常分布との違いが所定の大きさより大きいという事象を異常電流事象という。

[0031] 判定処理によって判定部 43 は、主期間内において異常電流事象が生じる

頻度が所定の値よりも大きい場合に、モータ 10 の動作が異常であると判定する。

[0032] 以下、主期間内の期間であって長さが副期間である期間を副期間という。副期間の定義より、主期間内には少なくとも 2 つの副期間が含まれる。

以下、副期間における電流値変化量の分布を副期間内電流値変化量分布という。

[0033] 図 4 は、実施形態における副期間の一例を示す図である。

図 4 の横軸は、時刻を表す。図 4 の縦軸は、電流値の RMS 値を表す。図 4 は、35 時間の間に 4 つの副期間が存在することを示す。図 4 において電流値の RMS 値は、0.35 A 以上 0.45 A 未満の値である。

[0034] 図 5 は、実施形態の主期間内電流値変化量情報が示す各時刻における電流値変化量と副期間との関係の一例を示す図である。主期間内電流値変化量情報は、主期間内の各時刻における電流値変化量を示す情報である。

図 5 の横軸は、時刻を表す。図 5 の縦軸は、主期間内電流値変化量情報が示す電流値変化量を示す。図 5 は、35 時間の間に 4 つの副期間が存在することを示す。図 5 において、電流値変化量は、約 -0.01 A から約 0.01 A の間の値である。

[0035] 図 2 の説明に戻る。

判定部 43 は、電流値変化量取得処理部 431、統計量取得処理部 432、安定副期間判定処理部 433 及びモータ判定処理部 434 を備える。

[0036] 電流値変化量取得処理部 431 は、電流値変化量取得処理を実行する。電流値変化量取得処理は、電流値情報に基づいて、電流値変化量取得処理部 431 が主期間内の各時刻における電流値変化量を取得する処理である。

[0037] 統計量取得処理部 432 は、統計量取得処理を実行する。統計量取得処理は、所定の方式にしたがい、複数の副期間ごとに副期間内電流値変化量分布に対する所定の統計量の値を統計量取得処理部 432 が取得する処理である。

[0038] 以下、所定の統計量を判定用統計量という。判定用統計量は必ずしも 1 つ

ではなく、複数であってもよい。判定用統計量は、正常分布に対しても定義可能な統計量であって、副時間における副期間内電流値変化量分布に応じて値が変化する統計量であればどのような統計量であってもよい。判定用統計量は、例えば、MD (Mahalanobis' Distance ; マハラノビス距離) の2乗の分布の分散であってもよい。以下、MDの2乗の分布の分散を var MD^2 という。

[0039] 所定の方式は、例えば、第1方式であってもよい。第1方式は、時刻 $t_{\text{---}}(n)$ の副時間後の時刻を時刻 $t_{\text{---}}(n+1)$ とし、時刻 $t_{\text{---}}(n)$ を開始時刻とする副期間を第1方式第 n 副期間として、全ての第1方式第 n 副期間において判定用統計量の値を取得する方式である。なお、 n は整数である。

所定の方式は、例えば、第2方式であってもよい。第2方式は、時刻 $t_{\text{---}}(n)$ の第2方式時間後の時刻を時刻 $t_{\text{---}}(n+1)$ とし、時刻 $t_{\text{---}}(n)$ を開始時刻とする副期間を第2方式第 n 副期間として、全ての第2方式第 n 副期間において判定用統計量の値を取得する方式である。

なお、第2方式時間は、副時間の半分の時間である。

以下、説明の簡単のため、所定の方式は第1方式であると仮定する。

[0040] 安定副期間判定処理部433は、安定副期間判定処理を実行する。安定副期間判定処理は、各副期間の判定用統計量の値に基づいて、各副期間がそれぞれ安定条件を満たすか否かを安定副期間判定処理部433が判定する処理である。

安定条件は、正常分布と副期間における電流値変化量の分布との違いが所定の大きさ以下であることを判定用統計量の値が示すという条件であればどのような条件であってもよい。安定条件は、例えば、副期間における判定用統計量の値と正常分布に対する判定用統計量の値との差が閾値以下という条件である。

[0041] なお、安定副期間判定処理部433は、安定副期間判定処理において、各副期間の判定用統計量の値だけでなく、さらに、電流値又は電流値変化量の乱雑さに関する所定の条件に基づいて、各副期間がそれぞれ安定条件を満た

すか否かを判定してもよい。以下、このように動作する安定副期間判定処理部433を、変形判定処理部という。電流値又は電流値変化量の乱雑さに関する所定の条件は、例えば、乱雑値と予め定められた値である乱雑比較値との差が予め定められた値である乱雑差閾値以下という条件であってもよい。乱雑値は、電流値又は電流値変化量の乱雑さを示す値である。乱雑値は、例えば、電流値変化量に対するC V (Coefficient of Variation) であってもよい。乱雑値は、例えば、電流値変化量に対するC I V (Coefficient of Increment Variation) であってもよい。

C I Vは、以下の式(1)によって表される値 V_{civ} である。

[0042] [数1]

$$V_{civ} = s(di) / \langle i \rangle \quad \dots(1)$$

[0043] 式(1)において、 $s(di)$ は、副期間内電流値変化量分布の標準偏差を表す。式(1)において、 $\langle i \rangle$ は、電流RMSの平均値を表す。

[0044] 以下、安定副期間判定処理部433が変形判定処理部である場合、統計量取得処理部432が副期間ごとに乱雑値を取得してもよい。以下、安定副期間判定処理部433が変形判定処理部である場合、統計量取得処理部432が副期間ごとに乱雑値を取得すると仮定する。

[0045] 以下、安定副期間判定処理部433によって安定条件を満たすと判定された副期間の数を安定副期間という。以下、安定副期間判定処理部433によって安定条件を満たさないと判定された副期間の数を不安定副期間という。

[0046] モータ判定処理部434は、モータ判定処理を実行する。モータ判定処理は、安定副期間判定処理部433による安定副期間判定処理の実行によって取得された判定結果に基づいて、モータ10が異常か否かをモータ判定処理部434が判定する処理である。

具体的には、モータ判定処理部434はモータ判定処理の実行によって、判定値が所定の値(以下「判定閾値」という。)より大きい場合に、モータ10の動作が異常であると判定する。モータ判定処理部434はモータ判定処理の実行によって、判定値が判定閾値以下である場合に、モータ10の動

作が正常であると判定する。判定値は、不安定副期間の数と安定副期間の数との和に対する不安定副期間の数の比である。

[0047] 図6は、実施形態におけるモータ判定装置40が実行する判定処理の流れの一例を示す図である。

[0048] 電流値取得部41は、電流値情報を取得する（ステップS101）。RMS値取得部42が、RMS値取得処理を実行する（ステップS102）。ステップS102の次に、ステップS102によってRMS値取得処理が実行された後の電流値情報に基づいて、統計量取得処理部432が、統計量取得処理を実行する（ステップS103）。安定副期間判定処理部433が、安定副期間判定処理を実行する（ステップS104）。モータ判定処理部434が、モータ判定処理を実行する（ステップS105）。

[0049] なお、ステップS102の処理は必ずしも実行されなくてもよい。ステップS102の処理が実行されない場合、ステップS103の処理において統計量取得処理部432は、ステップS101の処理において取得された電流値情報に基づいて、統計量取得処理を実行する。

[0050] ここで、図7を用いて、図6におけるステップS104において判定部43が実行する安定副期間判定処理の流れの一例をより具体的に説明する。図7においては、正常分布がガウス分布であると仮定する。図7においては、判定用統計量が varMD^2 であると仮定する。図7においては、判定部43は、安定副期間判定処理において、 varMD^2 だけでなく、さらに、電流値変化量に対する C/V に基づいて各副期間がそれぞれ安定条件を満たすか否かを判定すると仮定する。

[0051] 図7は、実施形態における安定副期間判定処理の流れの一例を示す図である。図7に示すフローチャートにおいて、判定部43は、図6のステップS103によって既に統計量取得処理を実行済みである。また、図7に示すフローチャートにおいて、判定部43は、図6のステップS103において、既に副期間ごとの電流値変化量に対する C/V を取得済みである。すなわち、図7に示すフローチャートにおいて、判定部43は既に副期間内電流値変

化量分布に対する varMD2 と各副期間における電流値変化量に対する CIV とを取得済みである。

また、説明の簡単のため、図 7 に示すフローチャートは、安定副期間判定処理部 433 が、ひとつの副期間に対して安定副期間であるか否かを判定する処理の流れを示すフローチャートであると仮定する。複数の副期間に対して安定副期間であるか否かを判定する場合には、安定副期間判定処理部 433 は、図 7 のフローチャートが示す処理の流れを各副期間に対して実行する。

以下、安定副期間判定処理部 433 が安定条件を満たすか否かを判定する判定対象の副期間を判定対象副期間という。

[0052] 安定副期間判定処理部 433 は、 varMD2 差が varMD2 に関する所定の閾値（以下「 varMD2 閾値」という。）より大きいかなんかを判定する（ステップ S201）。 varMD2 差は、副期間内電流値変化量分布に対する varMD2 と正常分布に対する varMD2 との差である。 varMD2 差が varMD2 閾値よりも大きい場合（ステップ S201：YES）、安定副期間判定処理部 433 は、 CIV 差が V_{civ} に関する所定の閾値（以下「 CIV 閾値」という。）より大きいかなんかを判定する（ステップ S202）。 CIV 差は、副期間内電流値変化量分布に対する V_{civ} と予め定められた所定の CIV との差である。予め定められた所定の CIV は、例えば、モータ 10 の動作が正常な場合における副期間内電流値変化量分布に対する CIV である。予め定められた所定の CIV は、乱雑比較値の一例である。 CIV 閾値は、乱雑差閾値の一例である。 CIV 差が CIV 閾値よりも大きい場合（ステップ S202：YES）、安定副期間判定処理部 433 は判定対象副期間が不安定副期間であると判定する（ステップ S203）。

[0053] 一方、ステップ S202 において、 CIV 差が CIV 閾値以下である場合（ステップ S202：NO）、安定副期間判定処理部 433 は判定対象副期間が安定副期間であると判定する（ステップ S204）。

[0054] 一方、ステップ S201 において、 varMD2 差が varMD2 閾値以

下である場合（ステップS201：NO）、安定副期間判定処理部433はCIV差がCIV閾値より大きいかな否かを判定する（ステップS205）。CIV差がCIV閾値より大きい場合（ステップS205：YES）、安定副期間判定処理部433は判定対象副期間が不安定副期間であると判定する（ステップS206）。

一方、ステップS205において、CIV差がCIV閾値以下である場合（ステップS205：NO）、安定副期間判定処理部433は判定対象副期間が安定副期間であると判定する（ステップS207）。

[0055] 図8は、実施形態における電流値変化量の分布に対するCIVの値 V_{civ} と $varMD2$ との分布を示す実験結果の一例を示す図である。図8の横軸は、電流値変化量の分布に対するCIVの値 V_{civ} を表す。図8の縦軸は、電流値変化量の分布に対する $varMD2$ を表す。図8は、モータ10の動作が正常な場合における値 V_{civ} 及び $varMD2$ の分布と、モータ10の動作が正常な場合における値 V_{civ} 及び $varMD2$ の分布とを示す。

図8は、モータ10の動作が異常な場合における値 V_{civ} 及び $varMD2$ の分布の平均値はモータ10の動作が正常な場合における値 V_{civ} 及び $varMD2$ の分布の平均値よりも大きな値を有することを示す。

[0056] 図9は、実施形態における判定値の実験結果の一例を示す図である。

図9の横軸は、モータ判定装置40の判定対象のモータ10を表す。図9の縦軸は、判定値を表す。図9において、判定閾値は0.1である。

図9は、モータ#1～モータ#8の8つのモータ10に対する判定値の実験結果を示す。図9は、モータ#1、モータ#3、モータ#5及びモータ#7の判定値が判定閾値以下であることを示す。図9は、モータ#2、モータ#4、モータ#6及びモータ#8の判定値が判定閾値より大きいことを示す。

[0057] 図10は、実施形態における電流値のRMS値の実験結果の第1の例を示す図である。

図10（A）は、モータ#9の動作が正常な場合における電流値のRMS

値の実験結果を示す。モータ# 9は、モータ10の一例である。図10(A)の横軸は時刻を表す。図10(A)の縦軸は、電流値のRMS値を表す。図10(B)は、モータ# 9の動作が異常な場合における電流値のRMS値の実験結果を示す。モータ# 9の動作が異常な場合は、潤滑剤が所定の量よりも減少しているモータ# 9の状態である。図10(B)の横軸は時刻を表す。図10(B)の縦軸は、電流値のRMS値を表す。

図10(A)と図10(B)とは、モータ# 9の動作が異常な場合には、モータ# 9の動作が正常な場合における電流値のRMS値よりも電流値のRMS値が急峻な変化を示す時間帯があることを示す。また、モータ# 9の動作が異常な場合には、電流値のRMS値が、モータ# 9の動作が正常な場合における電流値のRMS値よりも大きいことを示す。

[0058] 図11は、実施形態における電流値のRMS値の実験結果の第2の例を示す図である。

図11(A)は、モータ# 10の動作が正常な場合における電流値のRMS値の実験結果を示す。モータ# 10は、モータ10の一例である。図11(A)の横軸は時刻を表す。図11(A)の縦軸は、電流値のRMS値を表す。

図11(B)は、モータ# 10の動作が異常な場合における電流値のRMS値の実験結果を示す。モータ# 10の動作が異常な場合は、潤滑剤が所定の量よりも減少しているモータ# 10の状態である。図11(B)の横軸は時刻を表す。図11(B)の縦軸は、電流値のRMS値を表す。

図11(A)と図11(B)とは、モータ# 10の動作が異常な場合には、モータ# 10の動作が正常な場合における電流値のRMS値よりも電流値のRMS値が急峻な変化を示す時間帯があることを示す。また、モータ# 10の動作が異常な場合には、電流値のRMS値が、モータ# 10の動作が正常な場合における電流値のRMS値よりも大きいことを示す。

[0059] 図12は、実施形態における電流値のRMS値の実験結果の第3の例を示す図である。

図 1 2 (A) は、モータ # 1 1 の動作が正常な場合における電流値の R M S 値の実験結果を示す。モータ # 1 1 は、モータ 1 0 の一例である。図 1 2 (A) の横軸は時刻を表す。図 1 2 (A) の縦軸は、電流値の R M S 値を表す。

図 1 2 (B) は、モータ # 1 1 の動作が異常な場合における電流値の R M S 値の実験結果を示す。モータ # 1 1 の動作が異常な場合は、潤滑剤が所定の量よりも減少しているモータ # 1 1 の状態である。図 1 2 (B) の横軸は時刻を表す。図 1 2 (B) の縦軸は、電流値の R M S 値を表す。

図 1 2 (A) と図 1 2 (B) とは、モータ # 1 1 の動作が異常な場合には、モータ # 1 1 の動作が正常な場合における電流値の R M S 値よりも電流値の R M S 値が急峻な変化を示す時間帯があることを示す。

[0060] 図 1 3 は、実施形態における電流値の R M S 値の実験結果の第 4 の例を示す図である。

図 1 3 (A) は、モータ # 1 2 の動作が正常な場合における電流値の R M S 値の実験結果を示す。モータ # 1 2 は、モータ 1 0 の一例である。図 1 3 (A) の横軸は時刻を表す。図 1 3 (A) の縦軸は、電流値の R M S 値を表す。

図 1 3 (B) は、モータ # 1 2 の動作が異常な場合における電流値の R M S 値の実験結果を示す。モータ # 1 2 の動作が異常な場合は、潤滑剤が所定の量よりも減少しているモータ # 1 2 の状態である。図 1 3 (B) の横軸は時刻を表す。図 1 3 (B) の縦軸は、電流値の R M S 値を表す。

図 1 3 (A) と図 1 3 (B) とは、モータ # 1 2 の動作が異常な場合には、モータ # 1 2 の動作が正常な場合における電流値の R M S 値よりも電流値の R M S 値が急峻な変化を示す時間帯があることを示す。また、モータ # 1 2 の動作が異常な場合には、電流値の R M S 値が、モータ # 1 2 の動作が正常な場合における電流値の R M S 値よりも小さいことを示す。

[0061] 図 1 4 は、実施形態における電流値変化量の実験結果の第 1 の例を示す図である。

図 1 4 (A) は、モータ # 9 の動作が正常な場合における電流値変化量の実験結果を示す。図 1 4 (A) の横軸は、時刻を表す。図 1 4 (A) の縦軸は、電流値変化量を表す。

図 1 4 (B) は、モータ # 9 の動作が異常な場合における電流値変化量の実験結果を示す。図 1 4 (B) の横軸は、時刻を表す。図 1 4 (B) の縦軸は、電流値変化量を表す。

図 1 4 (A) と図 1 4 (B) とは、モータ # 9 の動作が異常な場合には、モータ # 9 の動作が正常な場合における電流値変化量よりも電流値変化量が急峻な変化を示す時間帯があることを示す。

[0062] 図 1 5 は、実施形態における電流値変化量の実験結果の第 2 の例を示す図である。

図 1 5 (A) は、モータ # 1 0 の動作が正常な場合における電流値変化量の実験結果を示す。図 1 5 (A) の横軸は、時刻を表す。図 1 5 (A) の縦軸は、電流値変化量を表す。

図 1 5 (B) は、モータ # 1 0 の動作が異常な場合における電流値変化量の実験結果を示す。図 1 5 (B) の横軸は、時刻を表す。図 1 5 (B) の縦軸は、電流値変化量を表す。

図 1 5 (A) と図 1 5 (B) とは、モータ # 1 0 の動作が異常な場合には、モータ # 1 0 の動作が正常な場合における電流値変化量よりも電流値変化量が急峻な変化を示す時間帯があることを示す。

[0063] 図 1 6 は、実施形態における電流値変化量の実験結果の第 3 の例を示す図である。

図 1 6 (A) は、モータ # 1 1 の動作が正常な場合における電流値変化量の実験結果を示す。図 1 6 (A) の横軸は、時刻を表す。図 1 6 (A) の縦軸は、電流値変化量を表す。

図 1 6 (B) は、モータ # 1 1 の動作が異常な場合における電流値変化量の実験結果を示す。図 1 6 (B) の横軸は、時刻を表す。図 1 6 (B) の縦軸は、電流値変化量を表す。

図 1 6 (A) と図 1 6 (B) とは、モータ # 1 1 の動作が異常な場合には、モータ # 1 1 の動作が正常な場合における電流値変化量よりも電流値変化量が急峻な変化を示す時間帯があることを示す。

[0064] 図 1 7 は、実施形態における電流値変化量の実験結果の第 4 の例を示す図である。

図 1 7 (A) は、モータ # 1 2 の動作が正常な場合における電流値変化量の実験結果を示す。図 1 7 (A) の横軸は、時刻を表す。図 1 7 (A) の縦軸は、電流値変化量を表す。

図 1 7 (B) は、モータ # 1 2 の動作が異常な場合における電流値変化量の実験結果を示す。図 1 7 (B) の横軸は、時刻を表す。図 1 7 (B) の縦軸は、電流値変化量を表す。

図 1 7 (A) と図 1 7 (B) とは、モータ # 1 2 の動作が異常な場合には、モータ # 1 2 の動作が正常な場合における電流値変化量よりも電流値変化量が急峻な変化を示す時間帯があることを示す。

[0065] 図 1 8 は、実施形態における安定副期間判定処理部 4 3 3 による判定結果の第 1 の例を示す図である。

図 1 8 (A) は、モータ # 9 の動作が正常な場合における安定副期間判定処理部 4 3 3 による判定結果を示す。図 1 8 (A) の横軸は、時刻を表す。図 1 8 (A) の縦軸は、電流値の R M S 値を表す。図 1 8 (A) は、3 0 時間中の 3 0 時間の副期間が安定副期間であると安定副期間判定処理部 4 3 3 によって判定されたことを示す。

図 1 8 (B) は、モータ # 9 の動作が異常な場合における安定副期間判定処理部 4 3 3 による判定結果を示す。図 1 8 (B) の横軸は、時刻を表す。図 1 8 (B) の縦軸は、電流値の R M S 値を表す。図 1 8 (B) は、3 0 時間中の略 2 2 時間の副期間が不安定副期間であり略 8 時間の副期間が安定副期間であると安定副期間判定処理部 4 3 3 によって判定されたことを示す。

図 1 8 (A) と図 1 8 (B) とは、モータ # 9 の動作が異常な場合には、モータ # 9 の動作が正常な場合よりも、安定副期間判定処理部 4 3 3 によっ

て不安定副期間と判定される頻度が高いことを示す。

[0066] 図19は、実施形態における安定副期間判定処理部433による判定結果の第2の例を示す図である。

図19(A)は、モータ#10の動作が正常な場合における安定副期間判定処理部433による判定結果を示す。図19(A)の横軸は、時刻を表す。図19(A)の縦軸は、電流値のRMS値を表す。図19(A)は、30時間中の30時間の副期間が安定副期間であると安定副期間判定処理部433によって判定されたことを示す。

図19(B)は、モータ#10の動作が異常な場合における安定副期間判定処理部433による判定結果を示す。図19(B)の横軸は、時刻を表す。図19(B)の縦軸は、電流値のRMS値を表す。図19(B)は、時間原点を期間の開始時刻とする長さ略5時間を期間と、時間原点から略11時間後の時刻を期間の開始時刻とする長さ略10時間の期間と、が不安定副期間であると安定副期間判定処理部433によって判定されたことを示す。

また、図19(B)は、時間原点から略5時間後の時刻を期間の開始時刻とする長さ略5時間を期間と、時間原点から略25時間後の時刻を期間の開始時刻とする長さ略5時間の期間と、が安定副期間であると安定副期間判定処理部433によって判定されたことを示す。図19(A)と図19(B)とは、モータ#10の動作が異常な場合には、モータ#10の動作が正常な場合よりも、安定副期間判定処理部433によって不安定副期間と判定される頻度が高いことを示す。

[0067] 図20は、実施形態における安定副期間判定処理部433による判定結果の第3の例を示す図である。

図20(A)は、モータ#11の動作が正常な場合における安定副期間判定処理部433による判定結果を示す。図20(A)の横軸は、時刻を表す。図20(A)の縦軸は、電流値のRMS値を表す。図20(A)は、30時間中の30時間の副期間が安定副期間であると安定副期間判定処理部433によって判定されたことを示す。

図 20 (B) は、モータ # 11 の動作が異常な場合における安定副期間判定処理部 433 による判定結果を示す。図 20 (B) の横軸は、時刻を表す。図 20 (B) の縦軸は、電流値の RMS 値を表す。図 20 (B) は、30 時間中の 30 時間の副期間が不安定副期間であると安定副期間判定処理部 433 によって判定されたことを示す。

図 20 (A) と図 20 (B) とは、モータ # 11 の動作が異常な場合には、モータ # 11 の動作が正常な場合よりも、安定副期間判定処理部 433 によって不安定副期間と判定される頻度が高いことを示す。

[0068] 図 21 は、実施形態における安定副期間判定処理部 433 による判定結果の第 4 の例を示す図である。

図 21 (A) は、モータ # 12 の動作が正常な場合における安定副期間判定処理部 433 による判定結果を示す。図 21 (A) の横軸は、時刻を表す。図 21 (A) の縦軸は、電流値の RMS 値を表す。図 21 (A) は、30 時間中の 30 時間の副期間が安定副期間であると安定副期間判定処理部 433 によって判定されたことを示す。

図 21 (B) は、モータ # 12 の動作が異常な場合における安定副期間判定処理部 433 による判定結果を示す。図 21 (B) の横軸は、時刻を表す。図 21 (B) の縦軸は、電流値の RMS 値を表す。図 21 (B) は、時間原点を期間の開始時刻とする長さ略 8 時間を期間と、時間原点から略 15 時間後の時刻を期間の開始時刻とする長さ略 15 時間の期間と、が不安定副期間であると安定副期間判定処理部 433 によって判定されたことを示す。

また、図 21 (B) は、時間原点から略 8 時間後の時刻を期間の開始時刻とする長さ略 7 時間を期間、が安定副期間であると安定副期間判定処理部 433 によって判定されたことを示す。

図 21 (A) と図 21 (B) とは、モータ # 11 の動作が異常な場合には、モータ # 11 の動作が正常な場合よりも、安定副期間判定処理部 433 によって不安定副期間と判定される頻度が高いことを示す。

[0069] 図 22 は、実施形態におけるモータ 10 の振動の RMS 値と判定値との関

係を示す実験結果の第1の例を示す図である。

図22の横軸は、モータ10の振動のRMS値を表す。図22の縦軸は、判定値を表す。図22は、副時間が2時間である場合におけるモータ#1～モータ#8の振動のRMS値と判定値との関係を示す。

図22は、振動のRMS値の大きさと判定値の大きさは正の相関を有することを示す。

[0070] 図23は、実施形態におけるモータ10の振動のRMS値と判定値との関係を示す実験結果の第2の例を示す図である。

図23の横軸は、モータ10の振動のRMS値を表す。図23の縦軸は、判定値を表す。図23は、副時間が4時間である場合におけるモータ#1～モータ#8の振動のRMS値と判定値との関係を示す。

図23は、振動のRMS値の大きさと判定値の大きさは正の相関を有することを示す。

[0071] 図24は、実施形態におけるモータ10の振動のRMS値と判定値との関係を示す実験結果の第3の例を示す図である。

図24の横軸は、モータ10の振動のRMS値を表す。図24の縦軸は、判定値を表す。図24は、副時間が6時間である場合におけるモータ#1～モータ#8の振動のRMS値と判定値との関係を示す。

図24は、振動のRMS値の大きさと判定値の大きさは正の相関を有することを示す。

[0072] 図25は、実施形態における判定値の副時間依存性を示す実験結果の第1の例を示す図である。

図25の横軸は、副時間を示す。図25の縦軸は、判定値を示す。図25は、モータ#13～モータ#16までの4つのモータ10に対して実施された実験の実験結果を示す。モータ#13～モータ#16はファンサイズが80mmのファンモータである。モータ#13及びモータ#14は、動作が正常なモータ10である。モータ#15及びモータ#16は、潤滑剤の量が所定の量以下であって動作が異常なモータ10である。

図 2 5 は、モータ # 1 3 及びモータ # 1 4 に対する判定値は副時間によらず略一定であることを示す。図 2 5 は、モータ # 1 5 及びモータ # 1 6 に対する判定値は副時間が長くなるほど小さくなることを示す。

[0073] 図 2 6 は、実施形態における判定値の副時間依存性を示す実験結果の第 2 の例を示す図である。

図 2 6 の横軸は、副時間を示す。図 2 6 の縦軸は、判定値を示す。図 2 6 は、モータ # 1 7 ～モータ # 2 6 までの 1 0 のモータ 1 0 に対して実施された実験の実験結果を示す。モータ # 1 7 ～モータ # 2 6 はファンサイズが 4 0 m m のファンモータである。

モータ # 2 5 は、動作が正常なモータ 1 0 である。モータ # 1 7 ～モータ # 2 4 及び # 2 6 は、潤滑剤の量が所定の量以下であって動作が異常なモータ 1 0 である。

図 2 6 は、モータ # 2 5 に対する判定値は副時間によらず略一定であることを示す。図 2 6 は、モータ # 1 7 ～モータ # 2 4 及び # 2 6 に対する判定値は副時間が長くなるほど小さくなることを示す。

[0074] このように構成された実施形態のモータ装置 1 は、電流値変化量の分布と正常分布とを比較する。正常分布は、ランダムな変化をする物理量の分散を表す分布であって一般によく知られた分布である。そのため、このように構成された実施形態のモータ装置 1 は、モータの異常を示す物理量の値に関して予め学習された学習結果を用いることなく電流値変化量の分布に基づいてモータ 1 0 の異常を検知することができる。

また、このように構成された実施形態のモータ装置 1 は、電流値変化量の分布と所定の分布とを比較によってモータ 1 0 の異常を検知する。そのため、このように構成された実施形態のモータ装置 1 は、電流値を取得するサンプリング周波数が低い場合であってもモータ 1 0 の異常を検知することができる。このため、このように構成された実施形態のモータ装置 1 は、演算能力の高くないマイコン等の演算装置によってモータ 1 0 の動作が正常か否かを判定する場合であってもモータ 1 0 の異常を検知することができるという効

果を奏する。

[0075] (変形例)

なお、上述した実施形態におけるモータ制御装置30及びモータ判定装置40をコンピュータで実現するようにしてもよい。その場合、この機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよく、FPGA(Field Programmable Gate Array)等のプログラマブルロジックデバイスを用いて実現されるものであってもよい。

[0076] なお、モータ判定装置40は、ネットワークを介して通信可能に接続された複数台の情報処理装置を用いて実装されてもよい。この場合、モータ判定装置40が備える各機能部は、複数の情報処理装置に分散して実装されてもよい。例えば、電流値取得部41、RMS値取得部42及び電流値変化量取得処理部431と、判定部43とはそれぞれ異なる情報処理装置に実装されてもよい。例えば、電流値取得部41と、RMS値取得部42、電流値変化量取得処理部431及び判定部43とはそれぞれ異なる情報処理装置に実装

されてもよい。

[0077] なお、予め定められた所定のC I Vは、第1の値の一例である。なお、C I V閾値は、第2の値の一例である。

[0078] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

符号の説明

[0079] 1…モータ装置、 10…モータ、 20…モータ制御回路、 30…モータ制御装置、 40…モータ判定装置、 41…電流値取得部、 42…RMS値取得部、 43…判定部、 431…電流値変化量取得処理部、 432…統計量取得処理部、 433…安定副期間判定処理部、 434…モータ判定処理部、 50…出力装置

請求の範囲

- [請求項1] モータに電流が印加される期間である主期間内の各時刻における前記電流の電流値を示す電流値情報を取得する電流値取得部と、
- 前記電流値情報が示す時刻 t における前記電流値を電流値 $i(t)$ とし (t は実数)、前記電流値情報が示す前記時刻 t の経過時間 Δt 時間後の時刻 ($t + \Delta t$) における前記電流値を電流値 $i(t + \Delta t)$ とし、前記電流値 $i(t)$ と前記電流値 $i(t + \Delta t)$ との差を時刻 t における電流値変化量として、前記電流値変化量の分布とランダムな変化をする物理量の分散を表す分布である正常分布との違いに基づいて、前記モータの動作が正常か否かを判定する判定部と、
- を備える判定装置。
- [請求項2] 前記判定部は、前記主期間内の期間である複数の副期間であって前記主期間の長さの半分以下の長さの期間である複数の副期間ごとに、前記副期間における前記電流値変化量の分布に対する所定の統計量の値を取得する統計量取得処理部と、
- 前記正常分布と前記副期間における前記電流値変化量の分布との違いが所定の大きさ以下であることを前記所定の統計量の値が示すか否かを前記副期間ごとに判定する安定副期間判定処理部と、
- 前記安定副期間判定処理部の判定結果に基づいて前記モータの動作が正常か否かを判定するモータ判定処理部と、
- を備える、
- 請求項 1 に記載の判定装置。
- [請求項3] 前記正常分布と前記副期間における前記電流値変化量の分布との違いが所定の大きさ以下であることを前記所定の統計量の値が示すと前記安定副期間判定処理部によって判定された前記副期間を安定副期間とし、前記正常分布と前記副期間における前記電流値変化量の分布との違いが所定の大きさよりも大きいことを前記所定の統計量の値が示すと前記安定副期間判定処理部によって判定された前記副期間を不安

定副期間として、前記モータ判定処理部は、前記安定副期間の数と前記不安定副期間の数との和に対する前記安定副期間の数が所定の値よりも大きい場合に前記モータの動作が正常であると判定し、前記モータ判定処理部は、前記安定副期間の数と前記不安定副期間の数との和に対する前記安定副期間の数が前記所定の値以下である場合に前記モータの動作が異常であると判定する、

請求項 2 に記載の判定装置。

[請求項4] 前記正常分布は、ガウス分布である、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の判定装置。

[請求項5] 前記所定の統計量は、MD (Mahalanobis' Distance) の 2 乗の分布の分散を var MD^2 として、 var MD^2 である、

請求項 2 又は請求項 3 に記載の判定装置。

[請求項6] 前記安定副期間判定処理部は、さらに、前記電流値又は前記電流値変化量の乱雑さを示す値に基づいて、前記モータの動作が正常か否かを判定する、

請求項 3 に記載の判定装置。

[請求項7] 前記安定副期間判定処理部は、MD (Mahalanobis' Distance) の 2 乗の分布の分散を var MD^2 として、前記副期間における前記電流値変化量の分布に対する var MD^2 とガウス分布に対する var MD^2 との差である var MD^2 差が var MD^2 閾値よりも大きく、前記副期間における前記電流値変化量の分布に対する C I V の値と予め定められた第 1 の値との差である C I V 差が予め定められた第 2 の値よりも大きい場合に前記副期間は前記不安定副期間であると判定し、

前記 var MD^2 差が前記 var MD^2 閾値よりも大きく、前記 C I V 差が前記第 2 の値以下である場合に前記副期間は前記安定副期間であると判定し、

前記 var MD^2 差が前記 var MD^2 閾値以下であって、前記 C

Ⅰ V 差が前記第 2 の値より大きい場合に前記副期間は前記不安定副期間であると判定し、

前記 var MD 2 差が前記 var MD 2 閾値以下であって、前記 CⅠ V 差が前記第 2 の値以下である場合に前記副期間は前記安定副期間であると判定する、

請求項 6 に記載の判定装置。

[請求項 8]

モータと、

前記モータに電流が印加される期間である主期間内の各時刻における前記電流の電流値を示す電流値情報を取得する電流値取得部と、

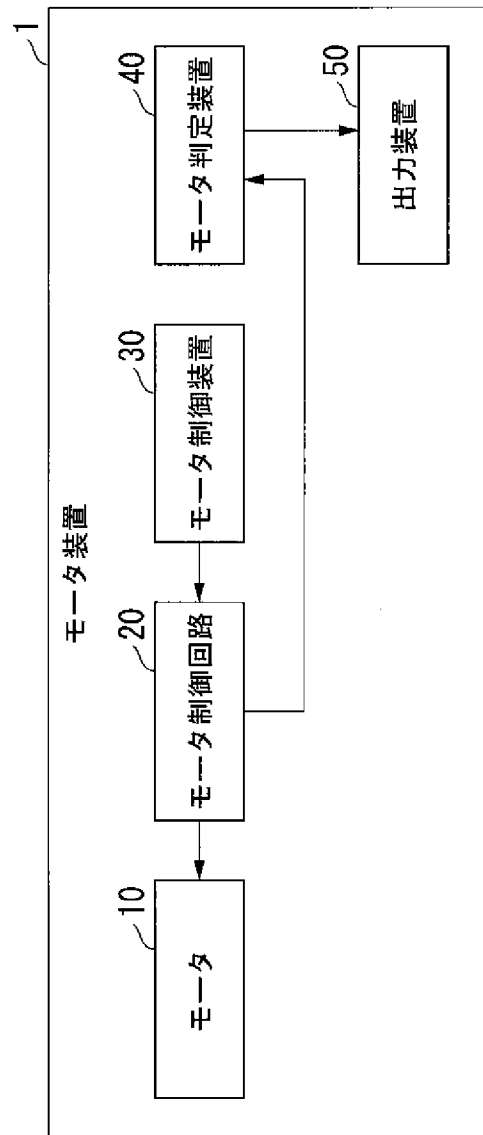
前記電流値情報が示す時刻 t における前記電流値を電流値 $i(t)$ とし (t は実数)、前記電流値情報が示す前記時刻 t の経過時間 Δt 時間後の時刻 ($t + \Delta t$) における前記電流値を電流値 $i(t + \Delta t)$ とし、前記電流値 $i(t)$ と前記電流値 $i(t + \Delta t)$ との差を電流値変化量として、前記電流値変化量の分布とランダムな変化をする物理量の分散を表す分布である正常分布との違いに基づいて、前記モータの動作が正常か否かを判定する判定部と、

を備えるモータ装置。

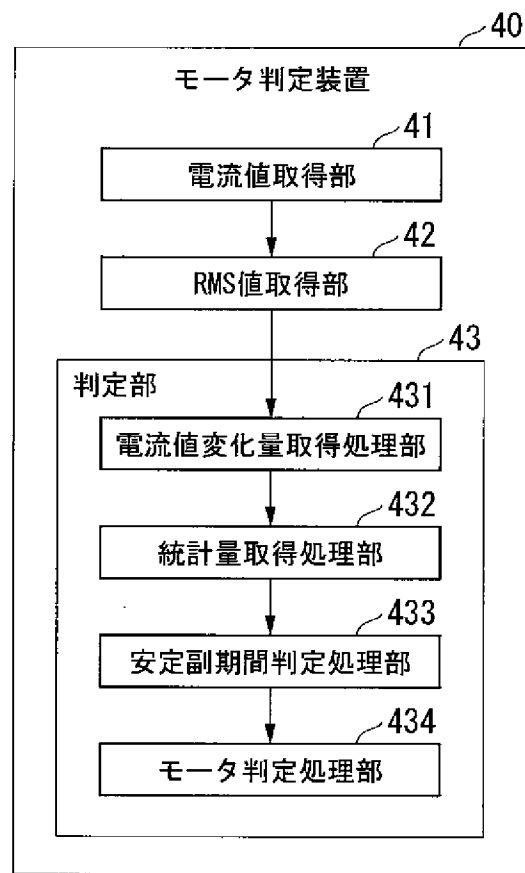
[請求項 9]

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の判定装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

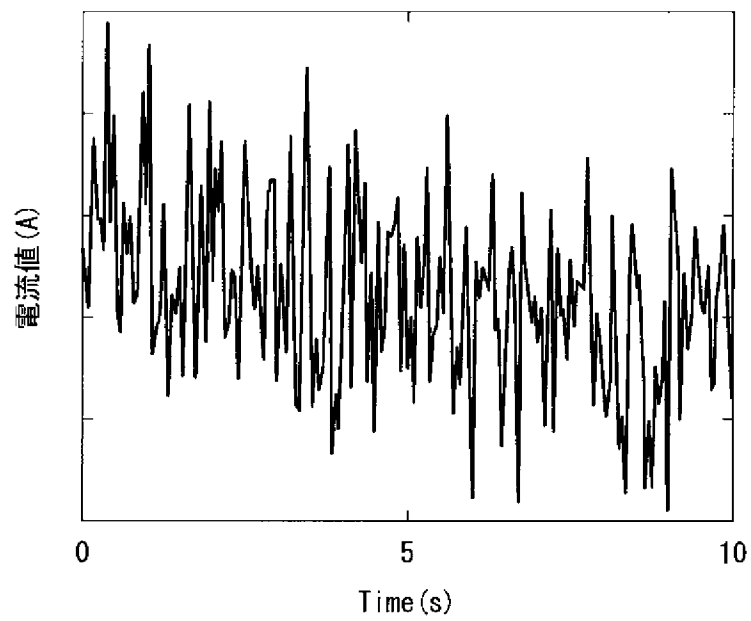
[図1]



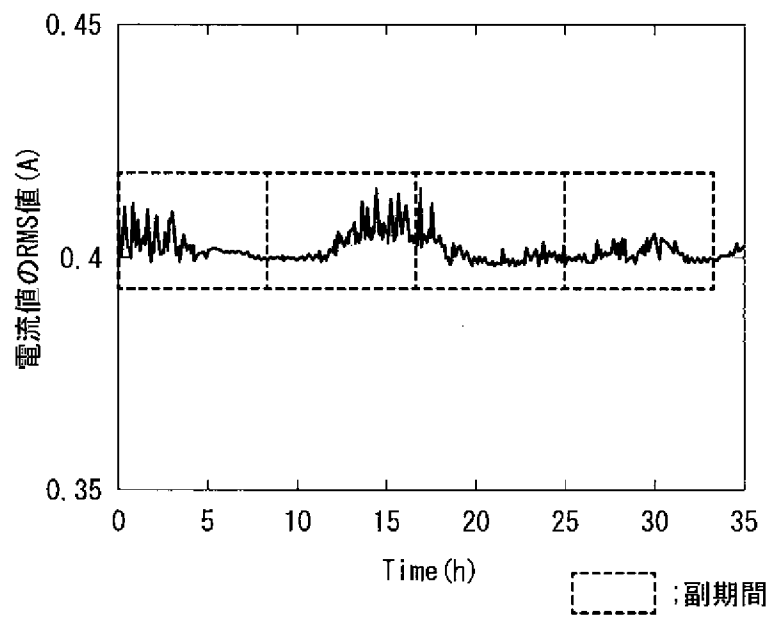
[図2]



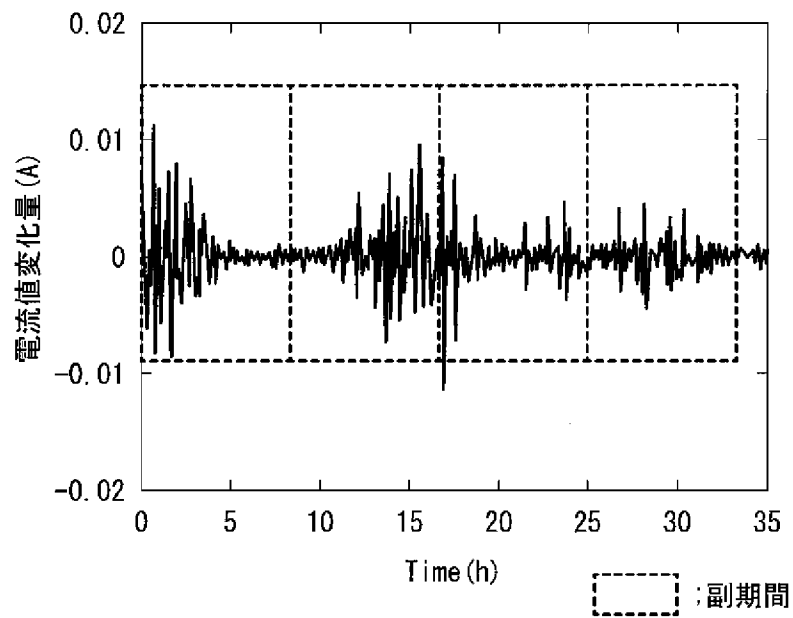
[図3]



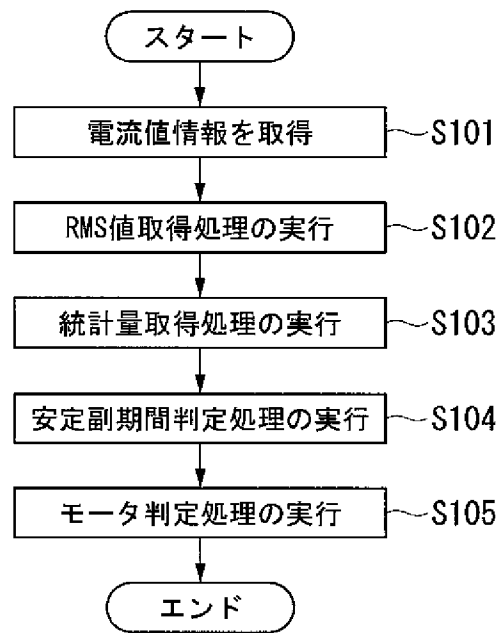
[図4]



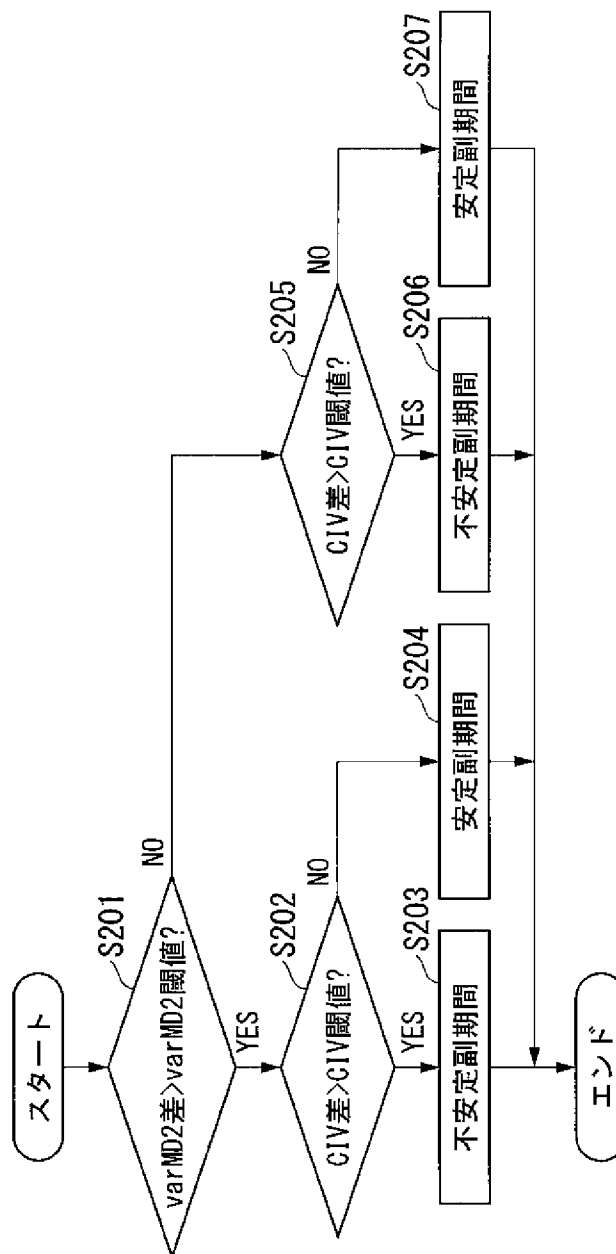
[図5]



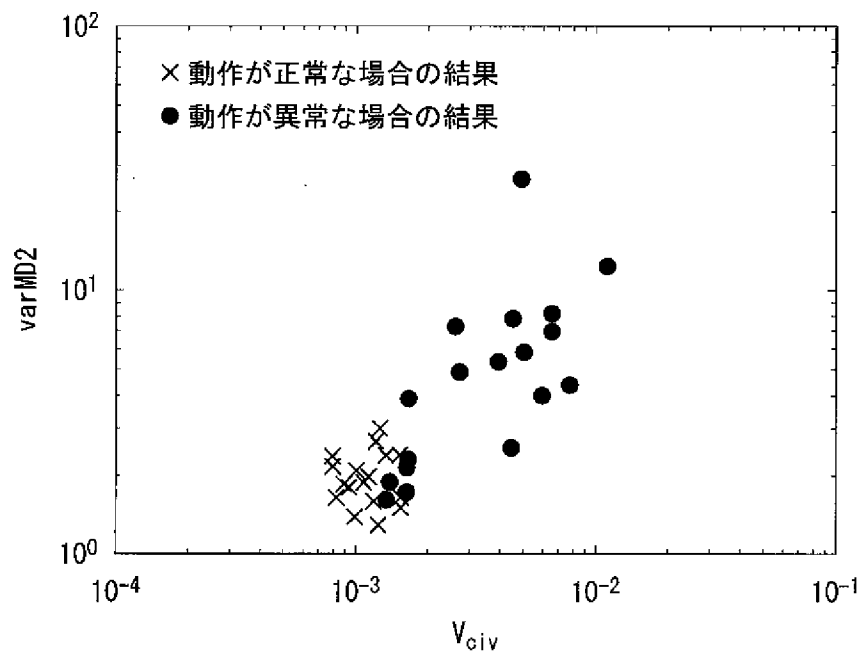
[図6]



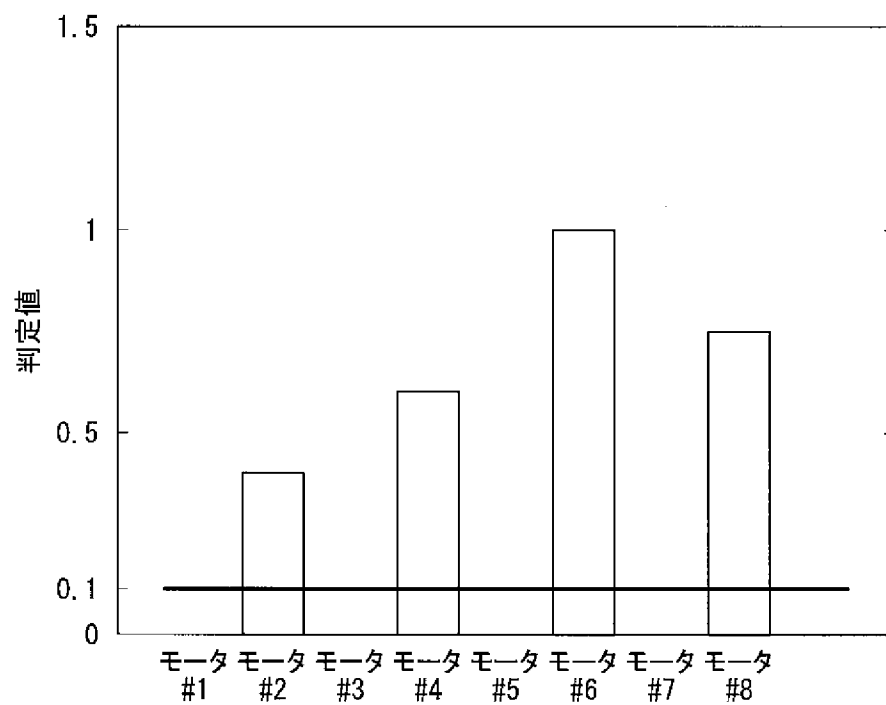
[図7]



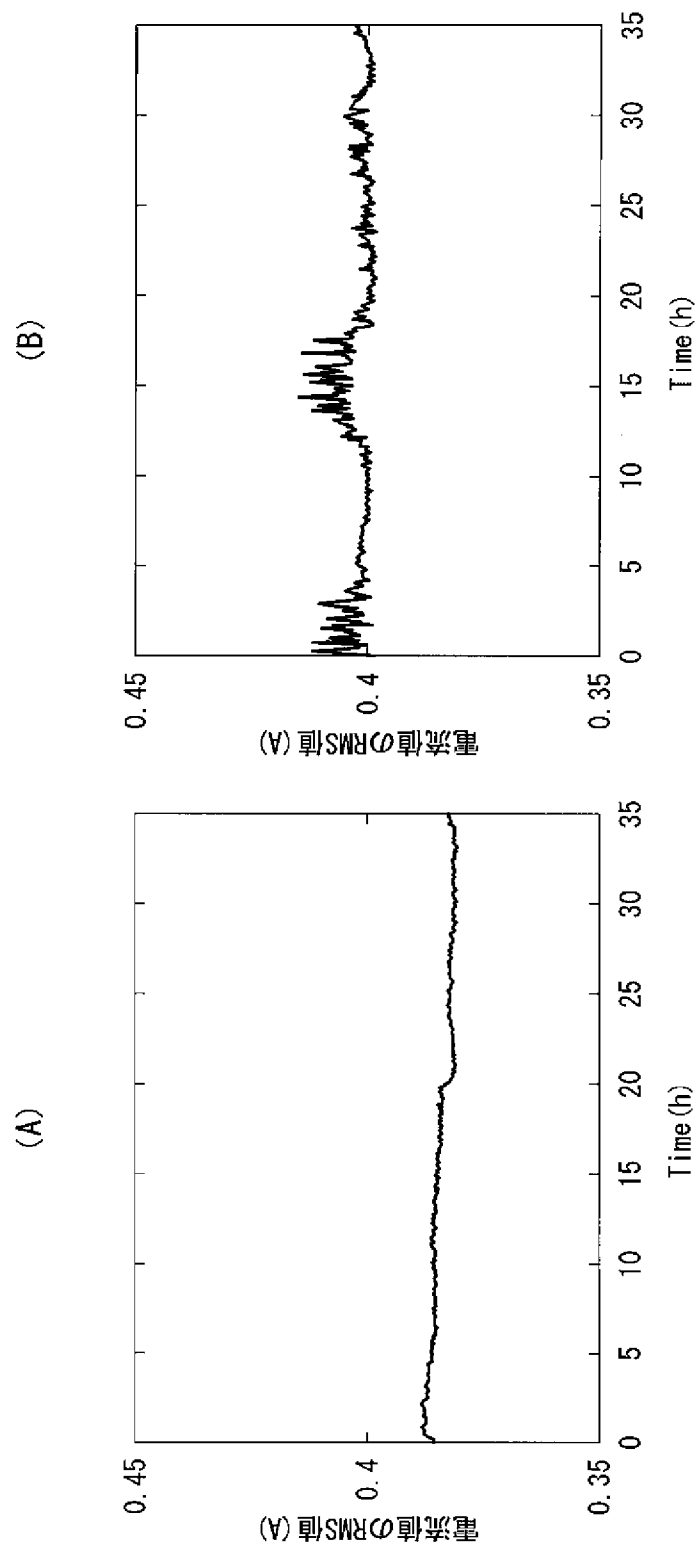
[図8]



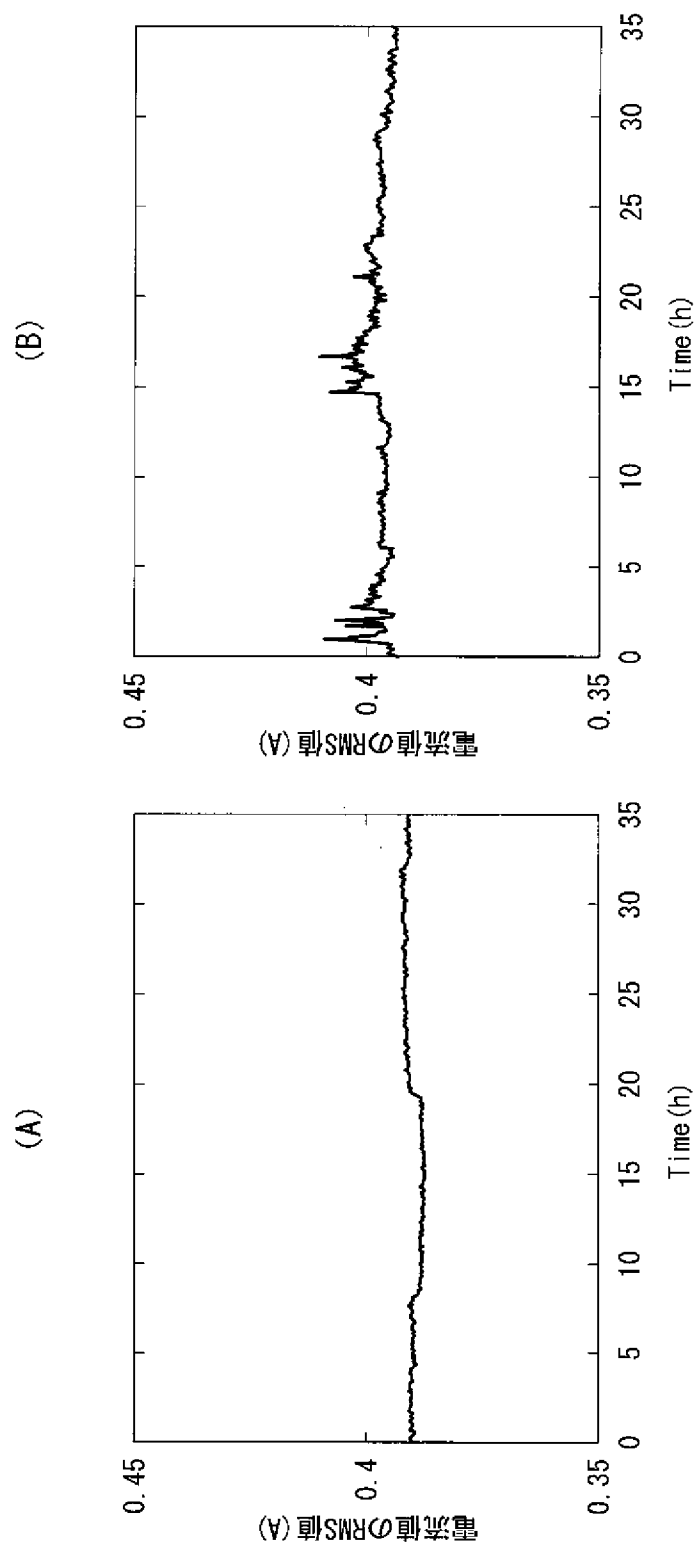
[図9]



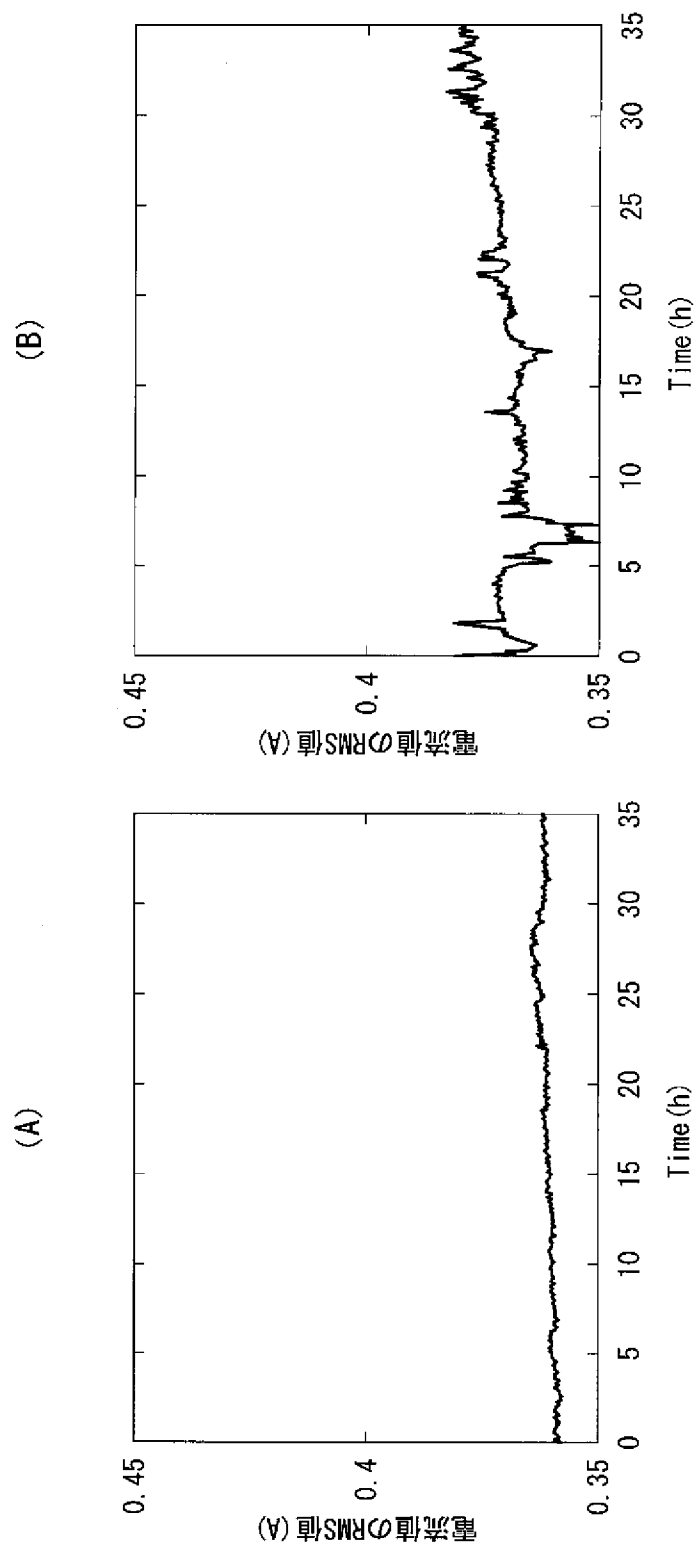
[図10]



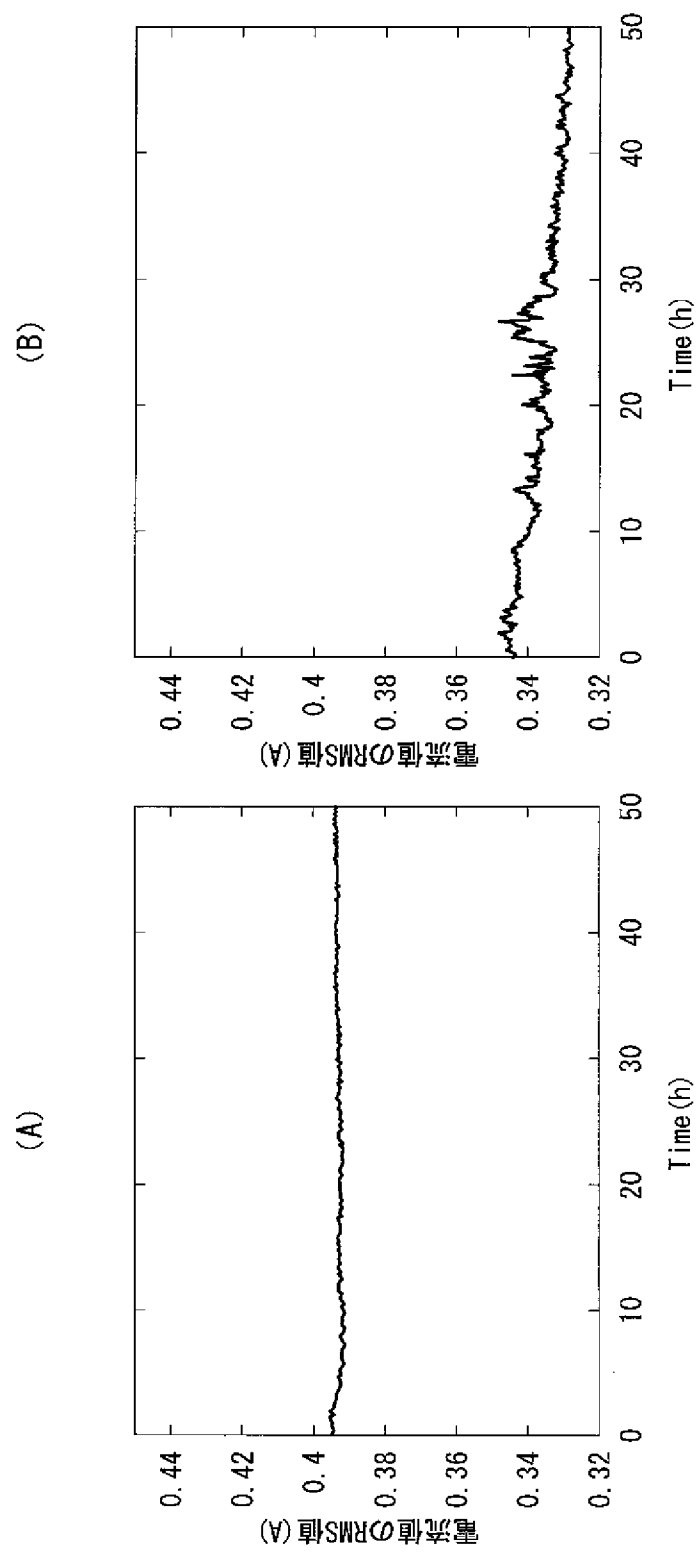
[図11]



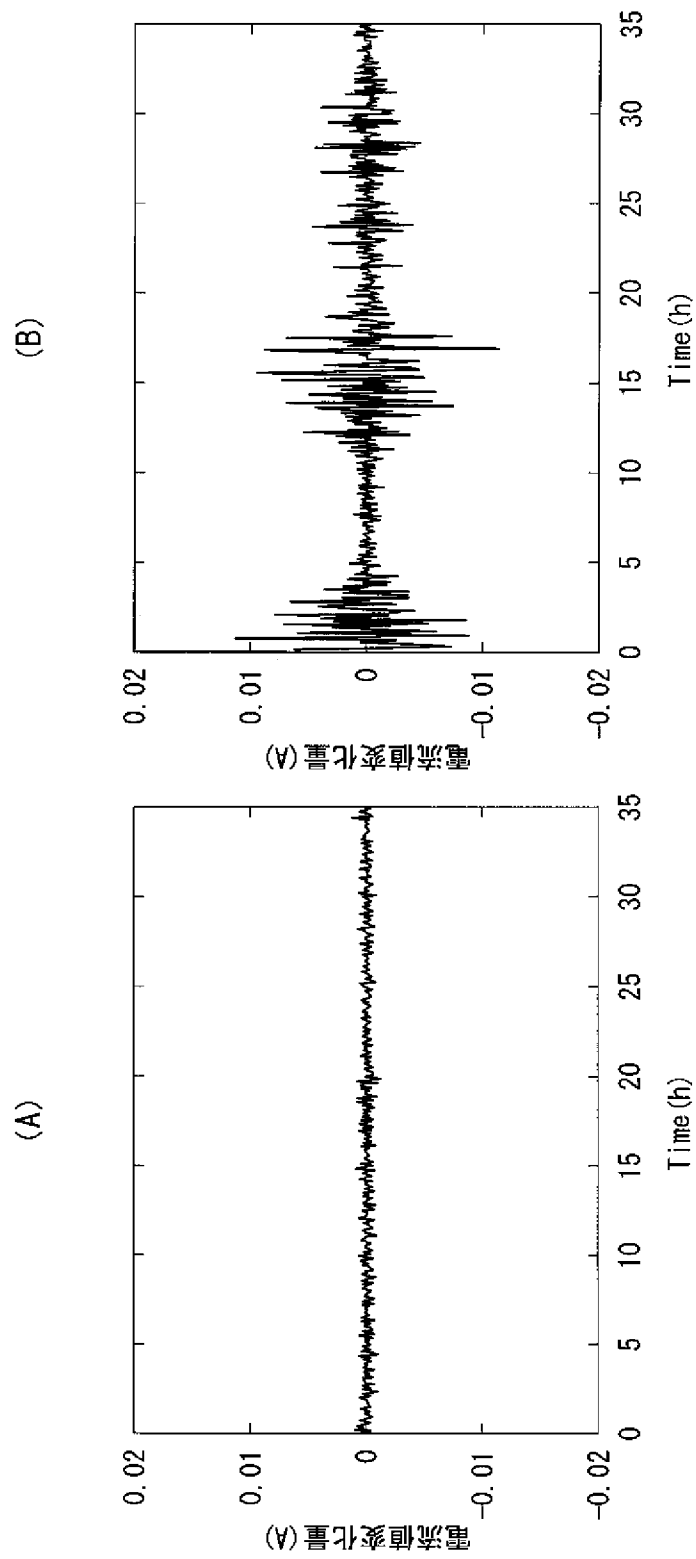
[図12]



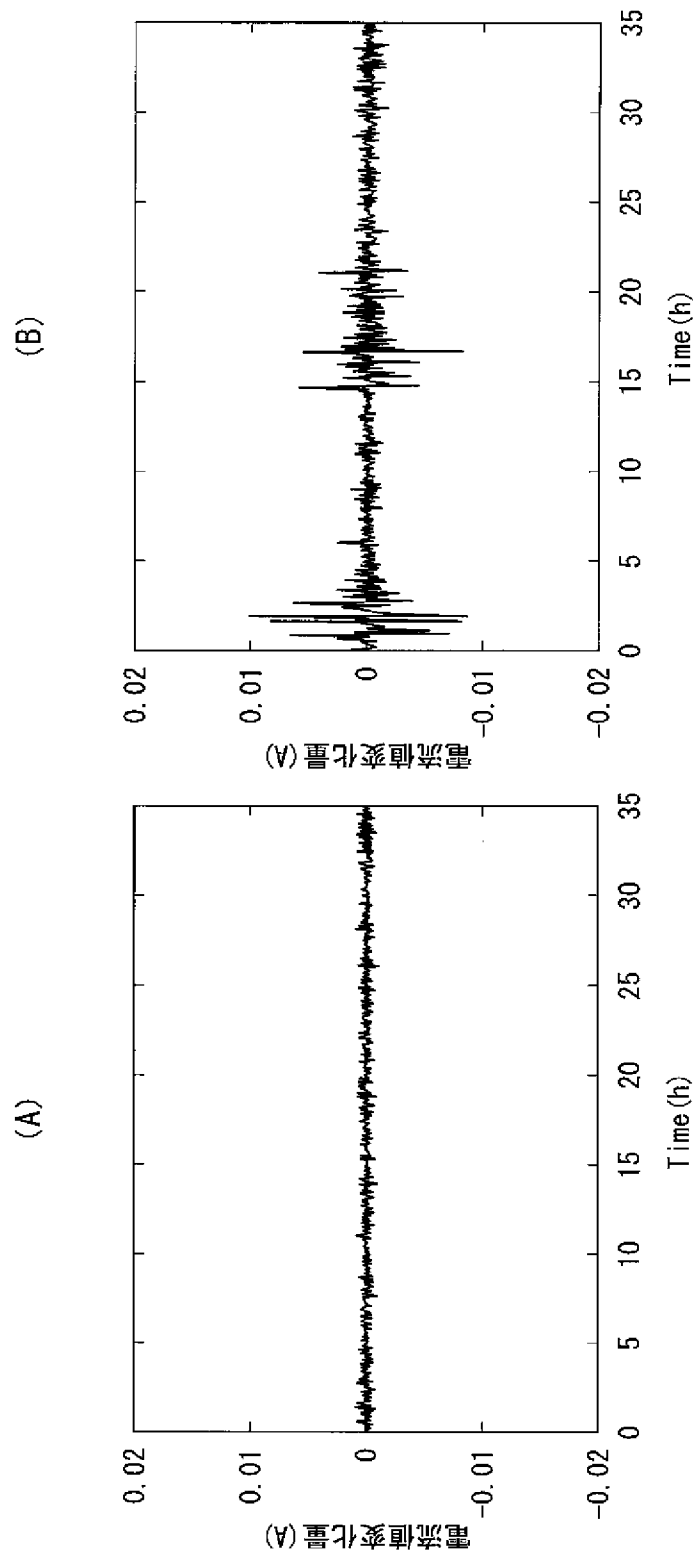
[図13]



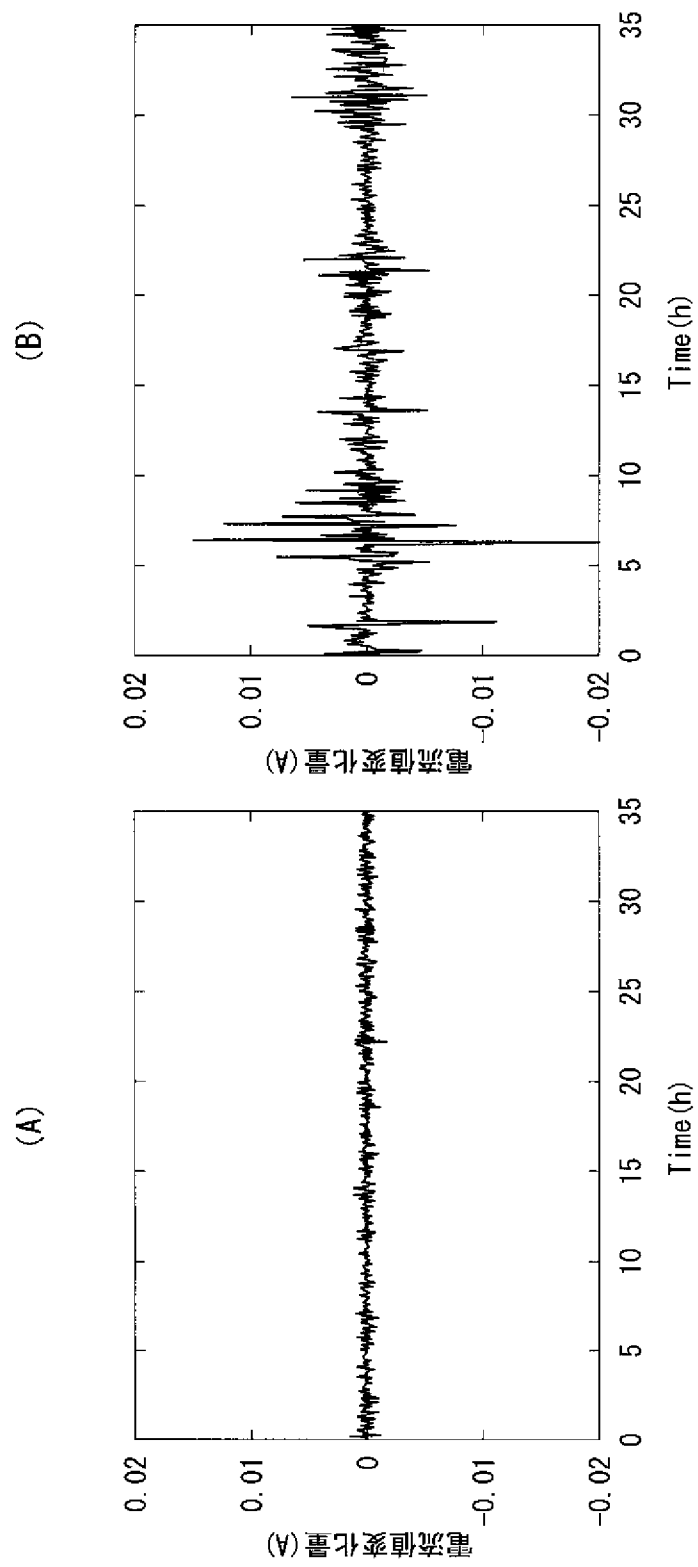
[図14]



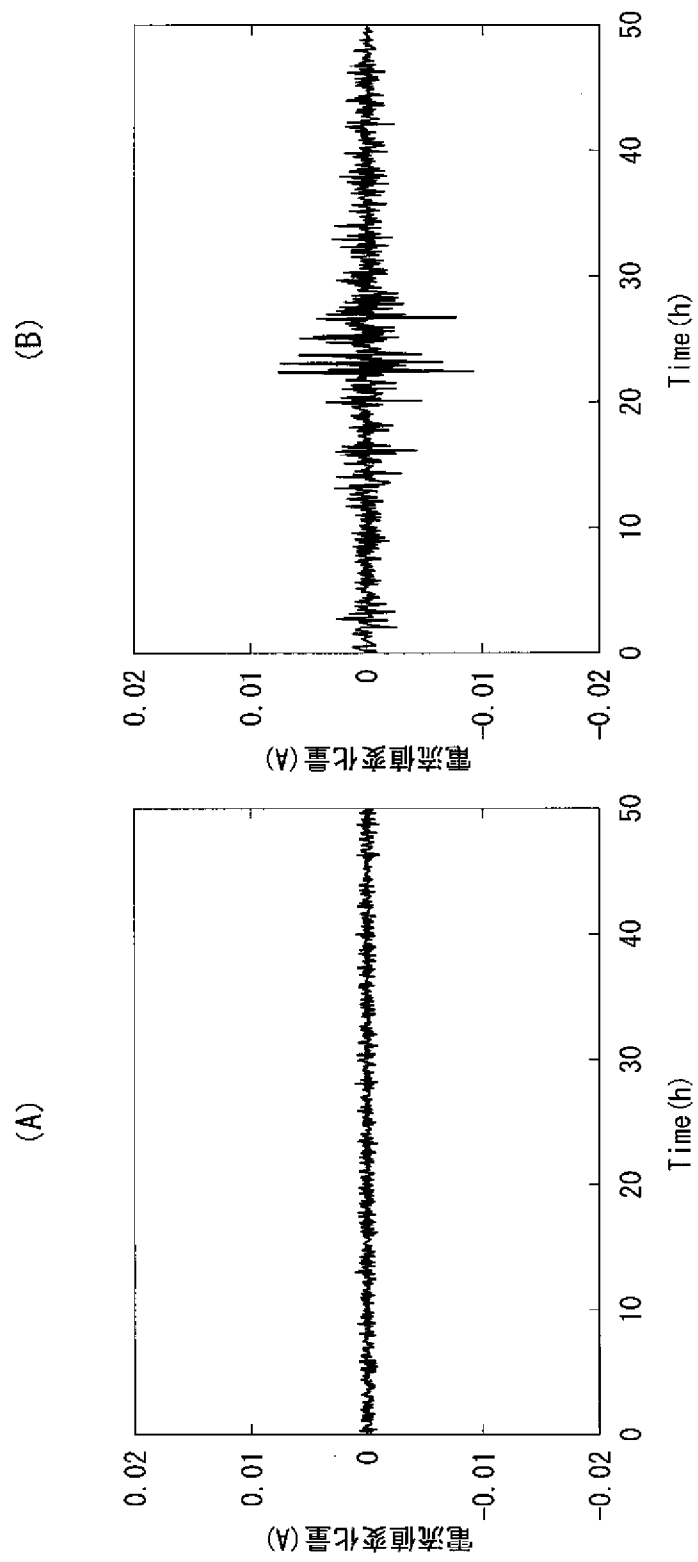
[図15]



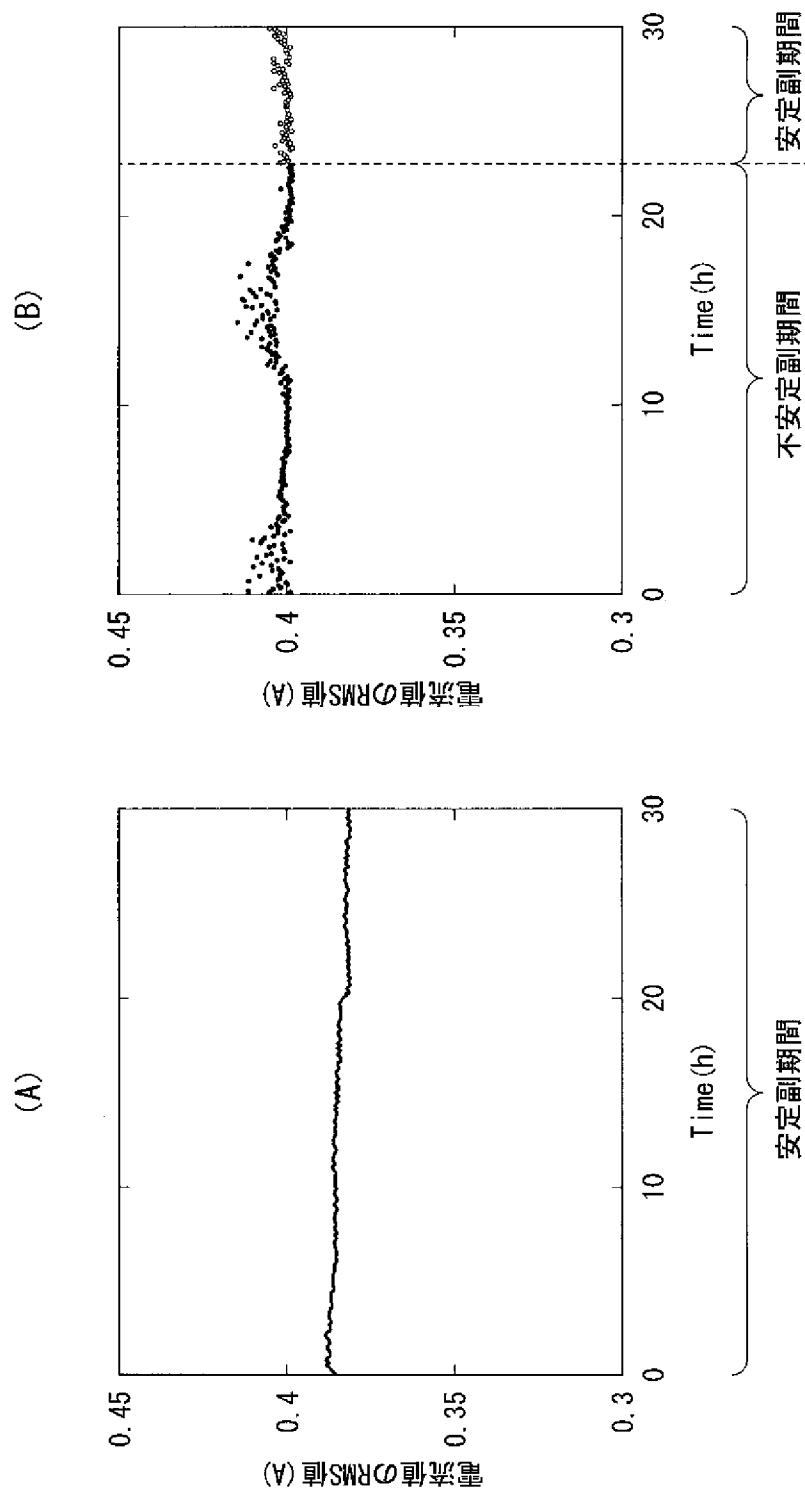
[図16]



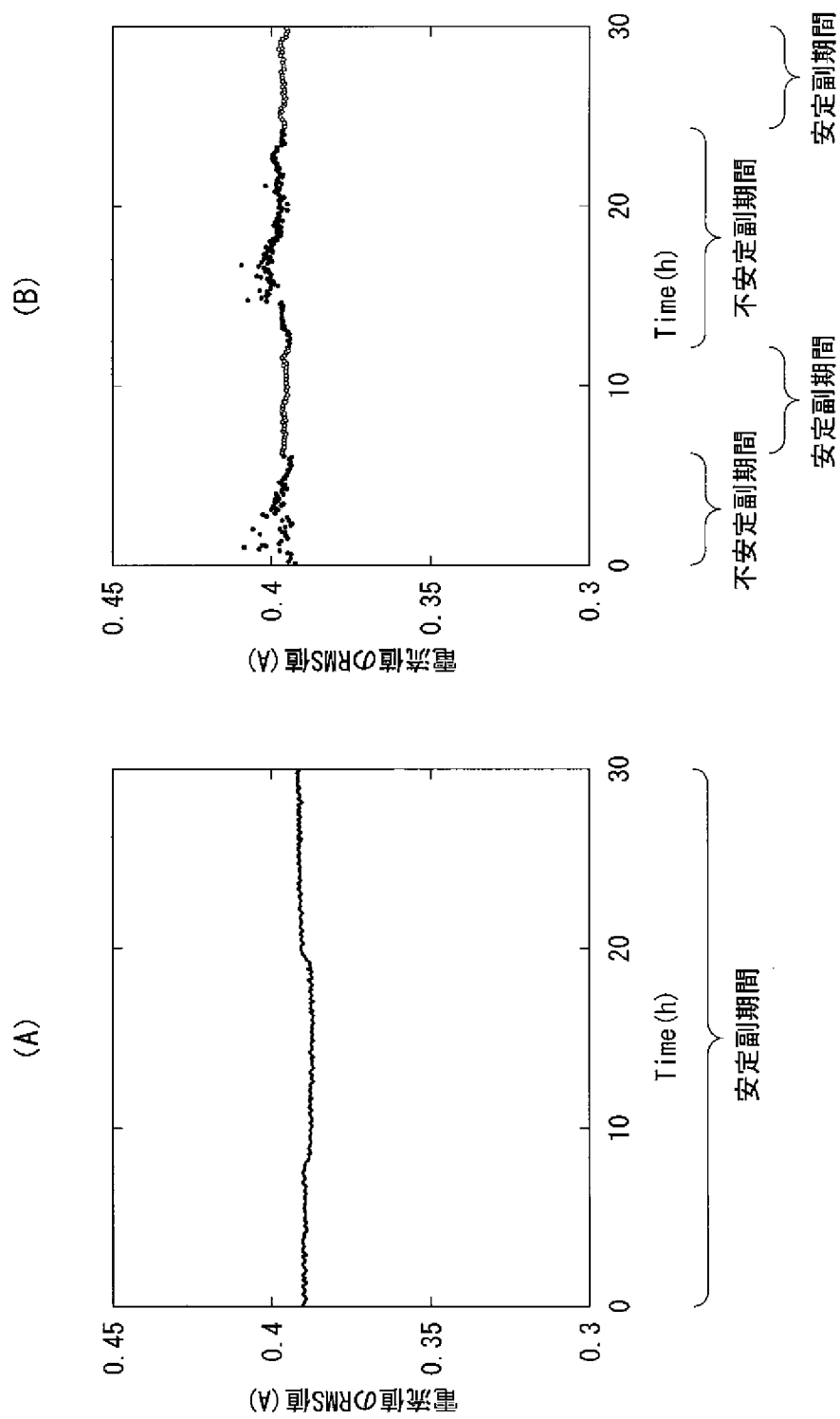
[図17]



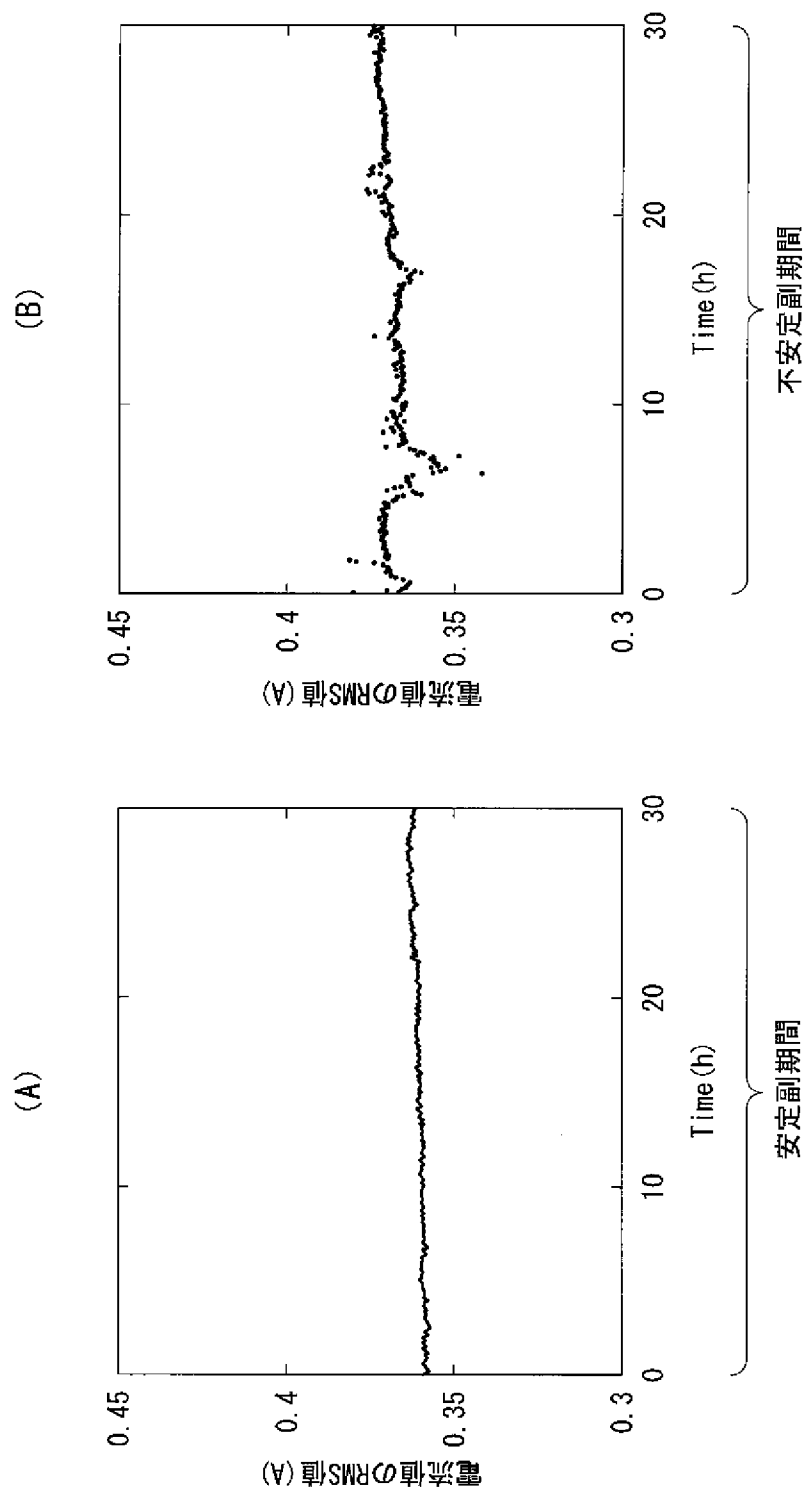
[図18]



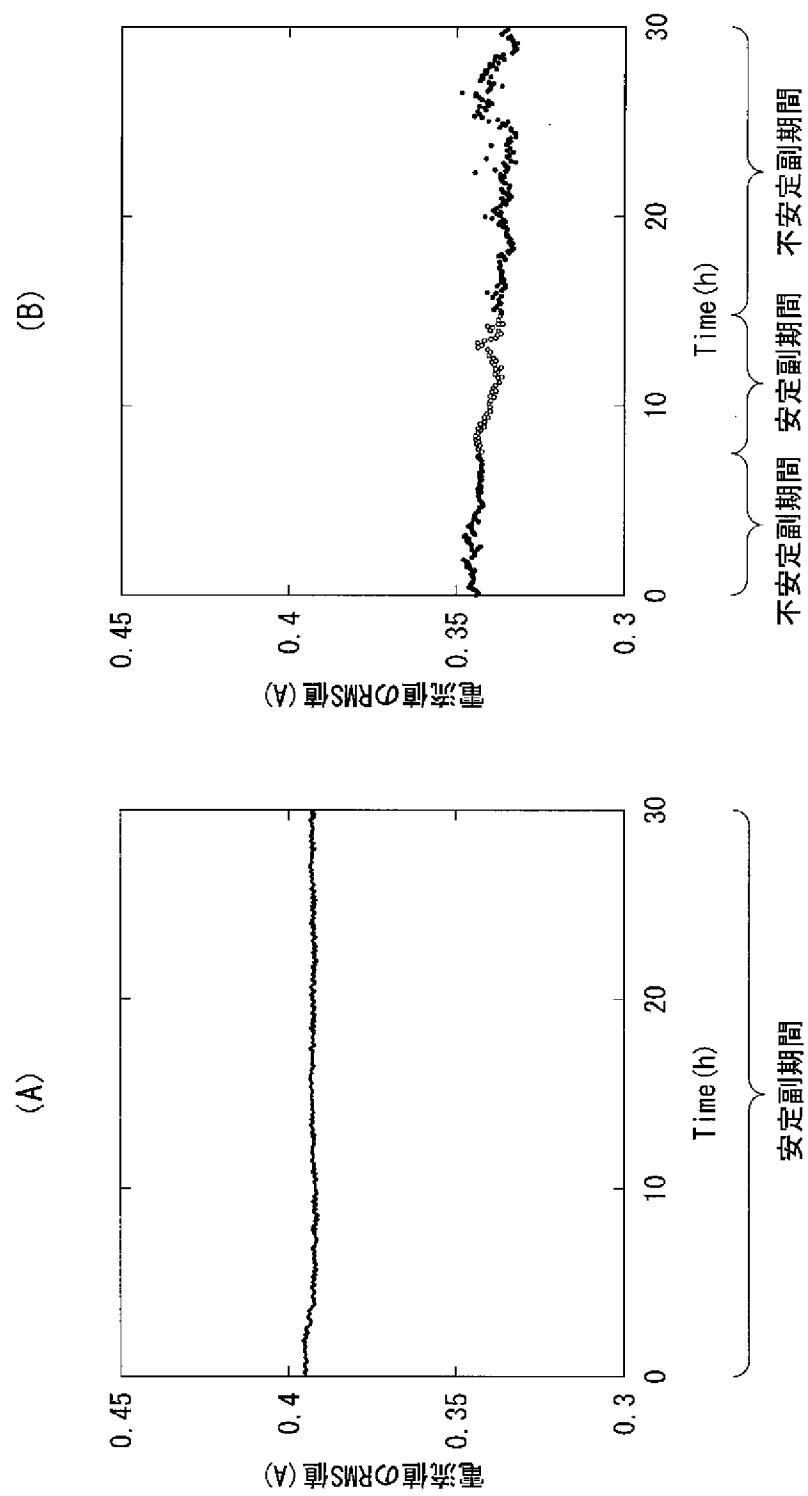
[図19]



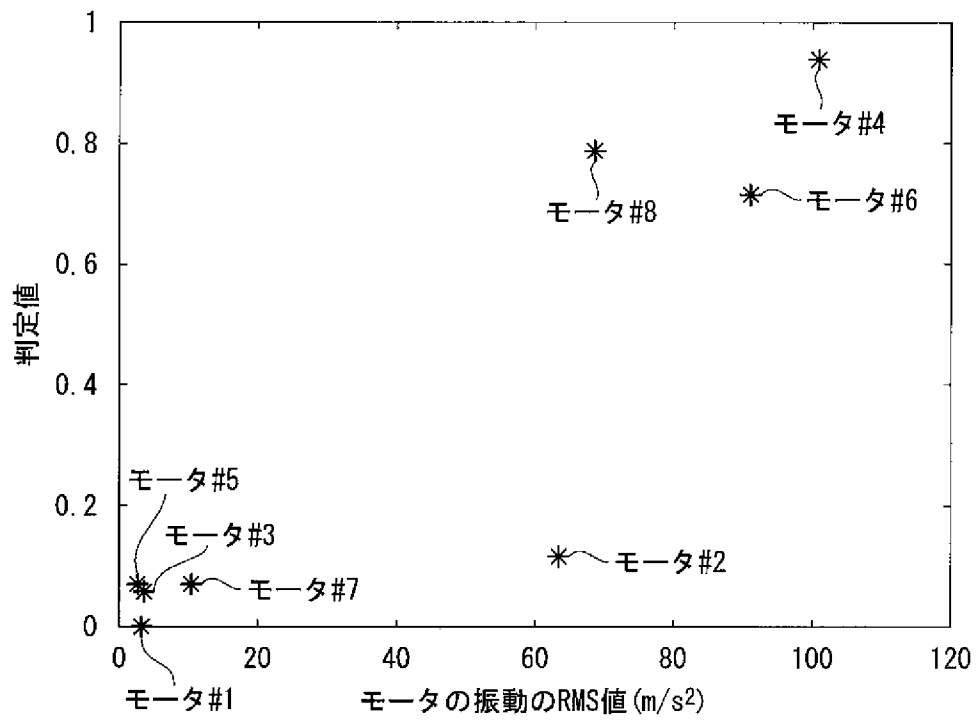
[図20]



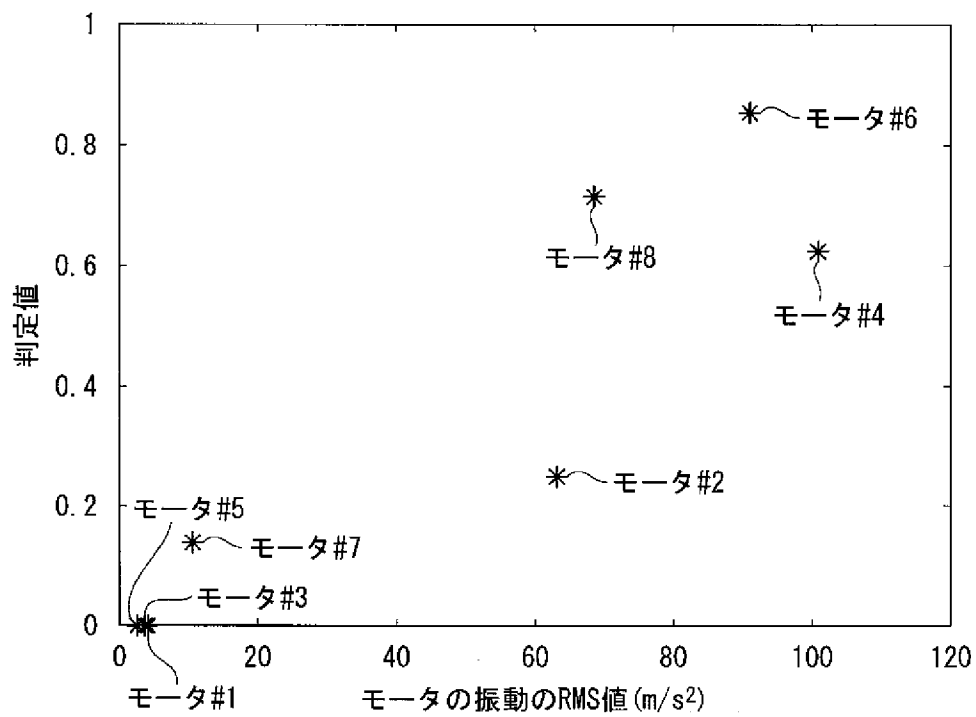
[図21]



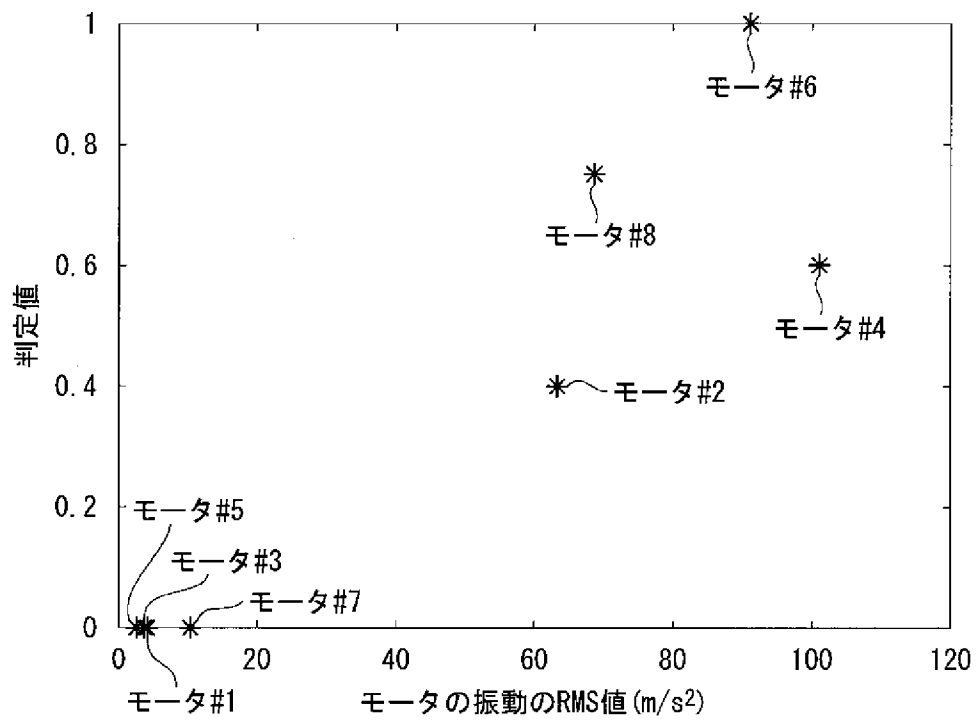
[図22]



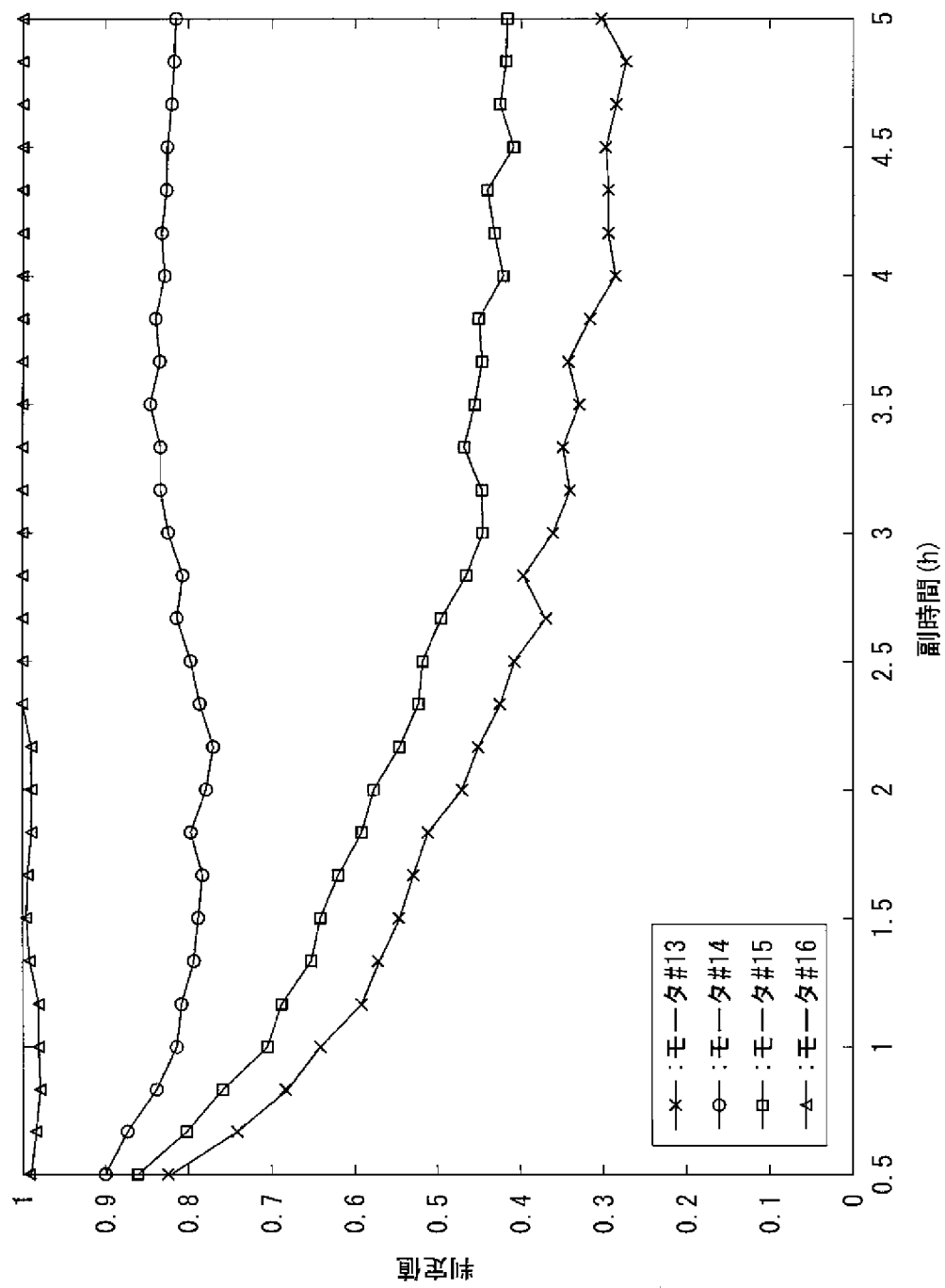
[図23]



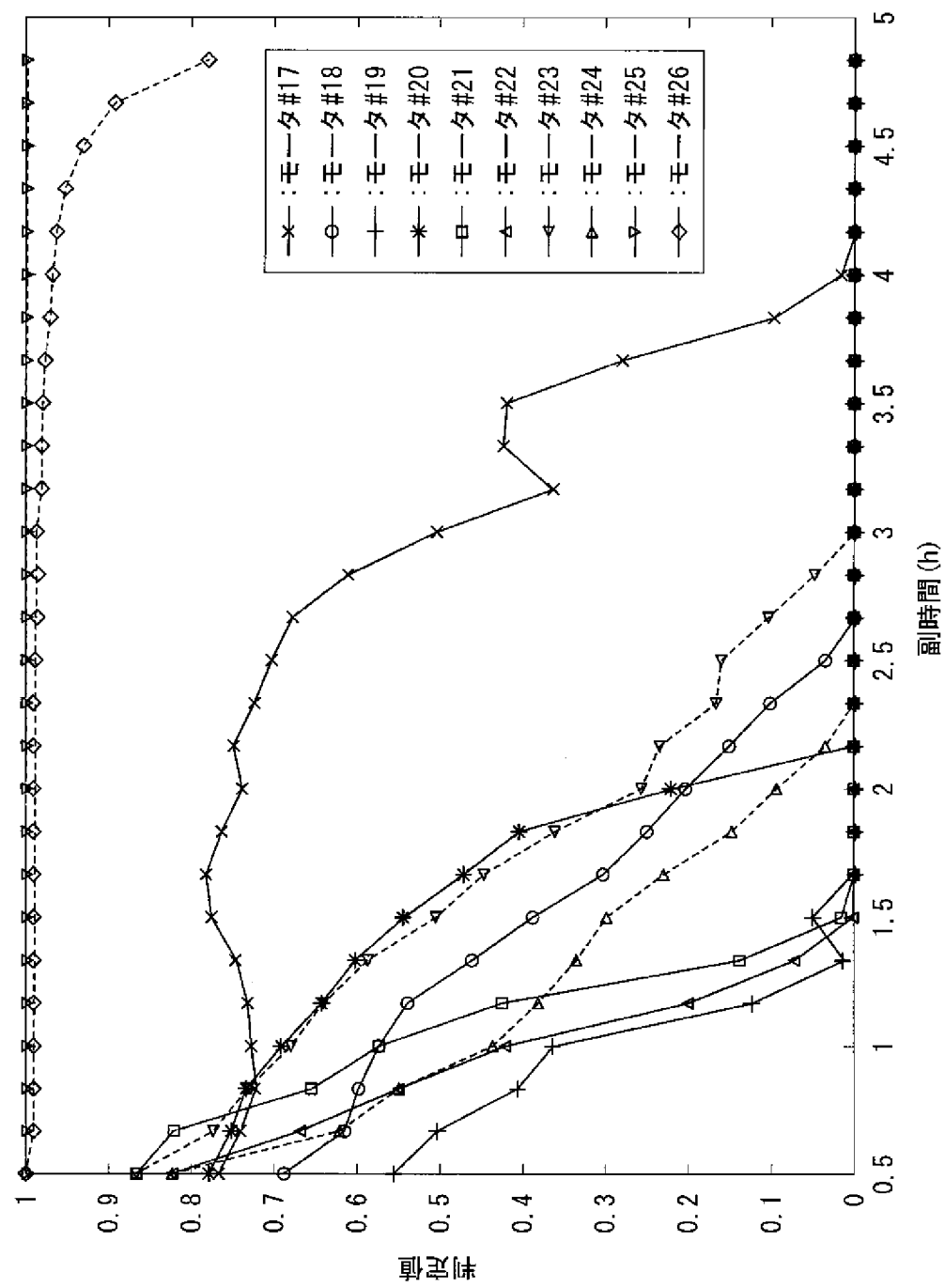
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/046950

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01R31/00 (2006.01) i, G01R31/34 (2020.01) i
FI: G01R31/34 A, G01R31/00

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. G01R31/327-31/34, H02K11/00-11/40

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
X	JP 5733913 B2 (TAKADA CORP.) 10 June 2015,	1-2, 4, 8
Y	paragraphs [0001], [0024]-[0043], fig. 1-3, paragraphs [0001], [0024]-[0043], fig. 1-3	5, 9
Y	WO 2018/020545 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 01 February 2018, paragraphs [0006], [0041], [0042]	5, 9
Y	JP 2016-195524 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 17 November 2016, paragraphs [0001], [0012]	5, 9
A	JP 2017-181437 A (TAKADA CORP.) 05 October 2017, entire text, all drawings	1-9
A	WO 2016/092871 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 16 June 2016, entire text, all drawings	1-9



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
29.01.2020

Date of mailing of the international search report
10.02.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2019/046950

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 2012-220485 A (TOENEC CORP.) 12 November 2012, entire text, all drawings	1-9
A	JP 2006-46955 A (TAKADA CORP.) 16 February 2006, entire text, all drawings	1-9
E, A	JP 6619908 B1 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 11 December 2019, entire text, all drawings	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/046950

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 5733913 B2	10.06.2015	(Family: none)	
WO 2018/020545 A1	01.02.2018	EP 3489700 A1 paragraphs [0006], [0037], [0038] KR 10-2019-0014074 A	
JP 2016-195524 A	17.11.2016	(Family: none)	
JP 2017-181437 A	05.10.2017	SG 11201805943P A entire text, all drawings TW 201740130 A	
WO 2016/092871 A1	16.06.2016	EP 3232215 A1 entire text, all drawings KR 10-2017-0074986 A	
JP 2012-220485 A	12.11.2012	(Family: none)	
JP 2006-46955 A	16.02.2006	(Family: none)	
JP 6619908 B1	11.12.2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01R 31/00(2006.01)i; G01R 31/34(2020.01)i FI: G01R31/34 A; G01R31/00		
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）） G01R31/327-31/34, H02K11/00-11/40		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
X	JP 5733913 B2（株式会社高田工業所）10.06.2015（2015-06-10） [0001]、[0024]-[0043]、図1-3	1-2, 4, 8
Y	[0001]、[0024]-[0043]、図1-3	5, 9
Y	WO 2018/020545 A1（三菱電機株式会社）01.02.2018（2018-02-01） [0006]、[0041]-[0042]	5, 9
Y	JP 2016-195524 A（三菱電機株式会社）17.11.2016（2016-11-17） [0001]、[0012]	5, 9
A	JP 2017-181437 A（株式会社高田工業所）05.10.2017（2017-10-05） 全文、全図	1-9
A	WO 2016/092871 A1（三菱電機株式会社）16.06.2016（2016-06-16） 全文、全図	1-9
A	JP 2012-220485 A（株式会社トーエネック）12.11.2012（2012-11-12） 全文、全図	1-9
A	JP 2006-46955 A（株式会社高田工業所）16.02.2006（2006-02-16） 全文、全図	1-9
☒ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 29.01.2020		国際調査報告の発送日 10.02.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 田口 孝明 2S 6002 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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
E, A	JP 6619908 B1 (三菱重工業株式会社) 11.12.2019 (2019 - 12 - 11) 全文、全図	1-9

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/046950

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	5733913	B2	10.06.2015	(ファミリーなし)	
WO	2018/020545	A1	01.02.2018	EP 3489700 A1	
				[0006], [0037] - [0038]	
				KR 10-2019-0014074 A	
JP	2016-195524	A	17.11.2016	(ファミリーなし)	
JP	2017-181437	A	05.10.2017	SG 11201805943P A	
				全文, 全図	
				TW 201740130 A	
WO	2016/092871	A1	16.06.2016	EP 3232215 A1	
				全文, 全図	
				KR 10-2017-0074986 A	
JP	2012-220485	A	12.11.2012	(ファミリーなし)	
JP	2006-46955	A	16.02.2006	(ファミリーなし)	
JP	6619908	B1	11.12.2019	(ファミリーなし)	