(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9月6日(06.09.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/167537 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 99/00 (2011.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/003409

(22) 国際出願日： 2019年1月31日(31.01.2019)

(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 2018-032775 2018年2月27日(27.02.2018) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

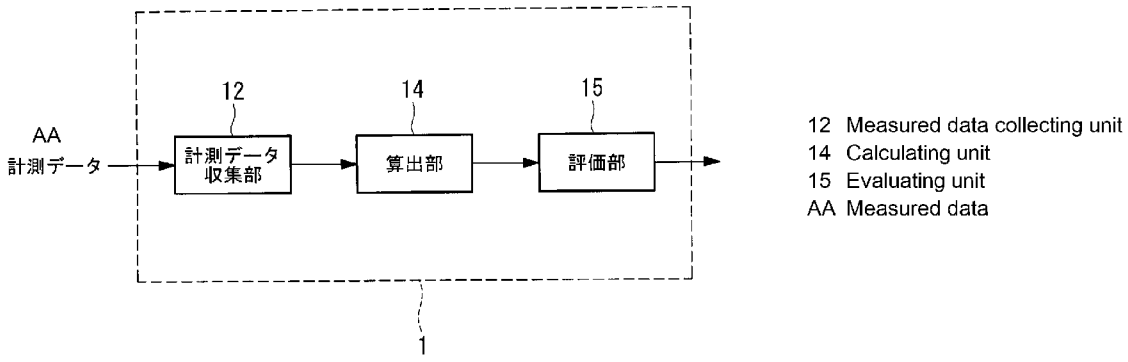
(72) 発明者: 齋藤 英司 (**SAITO, Eiji**); 〒8508610 長崎県長崎市飽の浦町１番１号 三菱重工マリンマシナリ株式会社内 Nagasaki (JP).

(74) 代理人: 藤田 考晴 (**FUJITA, Takaharu**); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい２－２－１ 横浜ランドマークタワー３７Ｆ Kanagawa (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,

(54) **Title:** CONDITION DIAGNOSING DEVICE, CONDITION DIAGNOSING METHOD, AND CONDITION DIAGNOSING PROGRAM

(54) 発明の名称： 状態診断装置、状態診断方法、及び状態診断プログラム



(57) **Abstract:** The objective of the present invention is to provide a condition diagnosing device, a condition diagnosing method, and a condition diagnosing program capable of predicting a failure by monitoring the condition of a diagnosis target, and forecasting degradation over time. This condition diagnosing device (1) is provided with a measured data collecting unit (12) which successively collects and accumulates measured data of a plurality of monitored items relating to equipment to be diagnosed, a calculating unit (14) which calculates a permissible range for each monitored item on the basis of a standard value of each monitored item, calculated from the accumulated measured data, and the standard deviation thereof, and uses the measured data collected during a first past predetermined period from the present time, from among the measured data collected as required, to update the standard values and the permissible ranges as required, and an evaluating unit (15) which evaluates the condition of the equipment using the permissible ranges calculated by the calculating unit (14), wherein the calculating unit (14) sets a prescribed weighting for the standard deviation of the standard value for each monitored item using the measured data collected during a second past predetermined period,

WO 2019/167537 A1

[続葉有]

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))

being a period longer than the first past predetermined period, from the present time, to calculate the permissible range for each monitored item.

(57) 要約:診断対象の状態を監視して不調を予見し、経年劣化の予測が可能な状態診断装置、状態診断方法、及び状態診断プログラムを提供することを目的とする。状態診断装置(1)は、診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集部(12)と、蓄積された計測データから算出する各監視項目の標準値とその標準偏差に基づき各監視項目の許容範囲とを算出し、随時蓄積される計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された計測データを用いて標準値及び許容範囲を随時更新する算出部(14)と、算出部(14)が算出した許容範囲を用いて機器の状態を評価する評価部(15)と、を備え、算出部(14)は、監視項目毎に標準値の標準偏差に対し現在から第一過去所定期間よりも長い期間の第二過去所定期間において蓄積された計測データを用いて所定の重み付けを設定して各監視項目の許容範囲を算出する。

明　細　書

発明の名称 ：

状態診断装置、状態診断方法、及び状態診断プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、状態診断装置、状態診断方法、及び状態診断プログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 機器の異常状態を判定する方法として、機器の使用などから異常発生と判断する閾値を設定し、この閾値を超えた場合に異常を通知する方法、また機器の状態の適否を診断する方法などが一般的に知られている。

例えば、特許文献１には、舶用主機蒸気タービンの運転監視において、タービン出力の運転データが、運転データの設計値、すなわち試運転時等稼働初期の状態データである設計データからの乖離の程度に基づいて運転状態の適否を診断することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第４６６９０６１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来の閾値を超えた場合に異常を報知する方法では、対象の機器の特性に依らず、予め一意に定められた閾値以下であることを監視するのみであることから、機器の状態変化を検知できず、機器の不調の兆候を見逃す場合がある。不調の予兆を見逃したまま運転を継続することで、最終的に機器停止に陥り、機器が損傷する可能性がある。

また、上記特許文献１に開示された発明では、稼働初期の状態データを基準データとして用いているため、常に初期の状態データとの比較となり経年的な変化を捉えることができず、経年劣化予測を行うことが困難である。そ

のため、運転状態の変化が経年的劣化によるものか、運転状態の一時的な要因（例えばオペレーションミスなど）によるものか等、いずれの外因に依る変化であるかの判断が難しいという問題があった。

[0005] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、診断対象の状態を監視して不調を予見し、また経年劣化の予測が可能な状態診断装置、状態診断方法、及び状態診断プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明の状態診断装置、状態診断方法、及び状態診断プログラムは以下の手段を採用する。

本発明の第一態様に係る状態診断装置は、診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集部と、該計測データ収集部に蓄積された前記計測データから算出する各前記監視項目の標準値と該標準値の標準偏差に基づき各前記監視項目の許容範囲とを算出し、前記計測データ収集部に随時蓄積される前記計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて前記標準値及び前記許容範囲を随時更新する算出部と、前記算出部が算出した前記許容範囲を用いて前記機器の状態を評価する評価部と、を備え、第二過去所定期間は、前記第一過去所定期間よりも長い期間であり、前記算出部は、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて所定の重み付けを設定して各前記監視項目の前記許容範囲を算出する。

[0007] 本態様によれば、診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集部と、該計測データ収集部に蓄積された前記計測データから算出する各前記監視項目の標準値と該標準値の標準偏差に基づき各前記監視項目の許容範囲とを算出し、前記計測データ収集部に随時蓄積される前記計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて前記標準値及び前記許容範囲を随時更新する算出部と、前記算出部が算出した前記許容範囲を用いて前記機器

の状態を評価する評価部と、を備え、第二過去所定期間は、前記第一過去所定期間よりも長い期間であり、前記算出部は、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて所定の重み付けを設定して各前記監視項目の前記許容範囲を算出するため、診断対象の機器の状態変化を捉え、機器の状態異常を短・中・長期に監視できる。これにより、短期的には異常発生の検知、また中・長期的には経年変化の定量的把握を行い、中・長期的なメンテナンス及び経年劣化予測の指針とすることができる。

また、従来、正常状態であるにもかかわらず定期点検でメンテナンスが行われる事が発生する場合があったが、許容範囲内であることが確認され異常が発生しておらずメンテナンスの必要がない機器に対する点検を省略し、メンテナンスにかかるコストを最小限に抑えることができる。

また、現在から第二過去所定期間において蓄積された計測データを用いて各監視項目毎に標準値の標準偏差に所定の重み付けを設定して各監視項目の許容範囲を算出する。標準偏差をとることにより不連続点の存在する計測データを扱うことが可能である。また、各監視項目にて異なる状態に応じて第一過去所定期間よりも長い第二過去所定期間における計測データに基づき重み付けを行うことから、長いレンジで蓄積された計測データに基づくため、計測データの傾向を許容範囲に付与するとともに、瞬間的に発生する計測データの揺れを許容範囲から除外することができる。また、各監視項目毎にきめ細かく許容範囲を設定し、実情に即した状態診断を行うことができる。

[0008] 上記第一態様では、前記算出部は、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて算出した重み付けの係数を外乱の影響の大きさに応じて変更して設定するとしてもよい。

[0009] 本態様によれば、算出部は、監視項目毎に標準値の標準偏差に対し現在から第二過去所定期間において蓄積された計測データを用いて算出した重み付けの係数を外乱の影響の大きさに応じて変更して設定し各監視項目の許容範

囲を算出するため、診断対象の機器の状態変化を捉え、機器の状態異常を短・中・長期に監視できることから、短期的には異常発生の検知、また中・長期的には経年変化の定量的把握を行い、中・長期的なメンテナンス及び経年劣化予測の指針とすることができる。

また、監視項目のうち外乱の影響の大きさに応じて重み付けの係数を変更して設定することから、外乱からの影響を受けやすい監視項目には重み付けの係数を外乱の影響を受けにくい項目と比較して相対的に大きく設定し実情に即した状態診断を行うことができる。また外乱からの影響を受けにくい監視項目に対し重み付けの係数を相対的に小さく設定することで、許容範囲を狭く設定することができる。さらに重み付けを省略する場合は、不必要な算出工程を省くことができる。また各々標準値の標準偏差をとることから、不連続点の存在する計測データを扱うことが可能である。

[0010] 上記第一態様では、前記評価部は、現在の前記監視項目の前記計測データと、該監視項目の前記許容範囲とを比較し、該計測データが該許容範囲外であった場合に異常の兆候ありと判定するとしてもよい。

[0011] 本態様によれば、評価部は、現在の監視項目の計測データと、該監視項目の許容範囲とを比較し、該計測データが該許容範囲外であった場合に異常の兆候ありと判定することから、時系列で動的に変化する許容範囲を用いて診断対象の機器の状態変化を監視するため、正常状態から異常状態へ変化するその途中経過を把握することができる。これにより、異常の兆候を検知することができ、異常が発生する前の段階で的確な措置を講じ不具合を未然に防止することができる。また、診断対象の機器から実際に取得したデータを用いて許容範囲を設定するため、各機器に適した範囲を設定することができる。

[0012] 上記第一態様では、現在の前記監視項目の前記計測データが前記許容範囲外である場合に報知を行う報知部を備えるとしてもよい。

[0013] 本態様によれば、現在の監視項目の計測データが許容範囲外である場合に報知を行う報知部を備えることから、明確に異常の兆候を報知することがで

きる。これにより、異常が報知された機器についてメンテナンスを迅速に促すことができ、故障や損傷が発生する前に必要な対策を講じることができる。

[0014] 本発明の第二態様に係る状態診断方法は、診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集工程と、該計測データ収集工程にて蓄積された前記計測データから算出する各前記監視項目の標準値と該標準値の標準偏差に基づき各前記監視項目の許容範囲とを算出し、前記計測データ収集工程にて随時蓄積される前記計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて前記標準値及び前記許容範囲を随時更新する算出工程と、前記算出工程にて算出された前記許容範囲を用いて前記機器の状態を評価する評価工程と、を備え、第二過去所定期間は、前記第一過去所定期間よりも長い期間であり、前記算出工程では、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて所定の重み付けを設定して各前記監視項目の前記許容範囲を算出する。

[0015] 本発明の第三態様に係る状態診断プログラムは、診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集ステップと、該計測データ収集ステップにて蓄積された前記計測データから算出する各前記監視項目の標準値と該標準値の標準偏差に基づき各前記監視項目の許容範囲とを算出し、前記計測データ収集ステップにて随時蓄積される前記計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて前記標準値及び前記許容範囲を随時更新する算出ステップと、前記算出ステップにて算出された前記許容範囲を用いて前記機器の状態を評価する評価ステップと、を備え、第二過去所定期間は、前記第一過去所定期間よりも長い期間であり、前記算出ステップでは、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて所定の重み付けを設定して各前記監視項目の前記許容範囲を算出する。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、各機器に対応し逐次更新される許容範囲に基づき機器の状態を監視するので、異常発生を未然に防ぐことができるとともに、経年変化を把握することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の状態診断装置の概略構成を示したブロック図である。

[図2]本発明の状態診断装置の動作内容を示したフローチャートである。

[図3]監視項目を主軸回転数とした場合のタービン振動値のマトリクスの一例を示した図である。

[図4]監視項目を主軸回転数とした場合のタービン振動値の標準値および許容範囲の一例を示した図である。

[図5]経年変化による標準値の監視例を示したグラフである。

発明を実施するための形態

[0018] 以下に、本発明に係る状態診断装置、状態診断方法、及び状態診断プログラムの一実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の実施形態においては、本発明の状態診断装置を舶用主機タービンの状態診断に適用した場合について説明する。

[0019] 図１には、本実施形態に係る状態診断装置の概略構成がブロック図にて示されている。

図１に示されるように、状態診断装置１は、計測データ収集部１２と、算出部１４と、評価部１５とを主な構成として備えている。

[0020] 計測データ収集部１２には、舶用主機タービンの各部に取り付けられたセンサから計測データがリアルタイムで送信される。これにより、計測データ収集部１２には、各監視項目における計測データ、つまり、主軸回転数、主機出力、タービン軸受温度、タービン振動値、タービン軸位置、タービン内部蒸気温度、タービン内部蒸気圧力などの計測データが逐次蓄積される。

[0021] 算出部１４は、各監視項目の計測データを用いて、各監視項目の許容範囲を設定する。具体的には、算出部１４は、各監視項目における計測データの

標準値と標準偏差と重み付けの係数とから許容範囲を設定する。

ここで、標準値とは、所定の期間における計測データの基準となる値であり、本実施形態では所定の期間における計測データの平均値としている。

また、計測データが線型である場合は、標準値に対し所定の値を減算した値から標準値に対し所定の値を加算した値までの範囲を許容範囲とすればよい。しかし、特に舶用主機タービンの場合は、港湾における航行と外洋における航行との切り替えなどにより不連続点が生じ、線型とならない。そこで標準値の標準偏差をとることにより、計測データが不連続な値であっても適切な許容範囲を設定することができる。

さらに、重み付けは、各監視項目に対応する係数を付与するものであり、外乱など標準偏差のみでは現れない要因に対し重みを付けるものである。

例えば、算出部１４は、各監視項目に対応する重み付けの係数αを有しており、重み付けの係数αに標準偏差σを乗じた値を平均値μから減算した値を許容範囲の下限値に、係数αに標準偏差σを乗じた値を平均値μに加算した値を許容範囲の上限値に設定する。

[0022] 上記許容範囲を式で表わすと以下の通りである。

下限値：$\mu - \alpha * \sigma$

上限値：$\mu + \alpha * \sigma$

[0023] また、算出部１４は、計測データ収集部１２によって収集された現在から第一過去所定期間における計測データを用いて標準値及び標準偏差を更新する。また現在から第二過去所定期間における計測データを用いて重み付けの係数を更新する。そしてこれらの値を用いて所定の時間間隔で許容範囲を更新する。これにより、許容範囲は、新しい計測データを常に取り入れた形で随時更新されることとなる。

[0024] ここで、第一過去所定期間は、例えば一度の航海期間（一の航路を運航するのに要する期間）であるとする。これにより、停泊、港湾航行、外洋航行、港湾航行、停泊、と、タービンの低負荷から高負荷まで、換言すると回転数の低回転数から高回転数まで、数値を網羅するようにサンプリングするこ

とが可能であるため、適切に許容範囲を更新することができる。

[0025] また第二過去所定期間は、第一過去所定期間よりも長い期間であり、例えば少なくとも１年以上、さらに好適には１年程度が設定される。季節性のある外乱（気温・海水温・海象など）が機器に及ぼす影響は、この外乱の周年変化に伴い変化する。そこで、第二過去所定期間に少なくとも１年以上の期間を設定することにより、季節性のある外乱の影響を含む計測データを用いて重み付けの係数を更新するものとする。このように、季節性の変化による影響を含めた計測データによって、適切に許容範囲を更新することができる。但し、第二過去所定期間を２年以上など長く設定すると、経年劣化を含む許容範囲となるため、１年程度が好適である。

このように設定された第二過去所定期間における計測データに基づき重み付けの係数の更新を行い、許容範囲が更新される。第二過去所定期間における計測データを用いた重み付けにより、気温・海水温・海象などの季節性のある外乱の影響を受けた現在の計測データ（本来、異常と判定すべきではない計測データ）が異常と判定されないような許容範囲が設定される。

[0026] 評価部１５は、算出部１４によって設定された各監視項目の許容範囲を用いて、機器の状態評価を行う。具体的には、評価部１５は、現在の監視項目の計測データと、該計測データが該当する許容範囲とを比較し、現在の計測データが許容範囲外であった場合に異常の兆候を検知したとして、その旨を作業員に報知する。

[0027] 状態診断装置１は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、このプログラムをＣＰＵがＲＡＭ等に読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。なお、プログラムは、ＲＯＭやその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形

態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＯＭ、半導体メモリ等である。

[0028] 次に、上記構成を備える本実施形態に係る状態診断装置１の作用について図２を参照して説明する。

まず、診断対象の機器、ここでは主機または主機の周辺に取り付けられた各種センサによって検出された計測データが計測データ収集部１２に収集される（図２のステップＳＡ１）。このようにして収集された各計測データは、計測データ収集部１２において、その計測データが計測された時間情報が対応付けられて監視項目毎に格納される。

[0029] 続いて、算出部１４において、監視項目毎の計測データの平均値である標準値、標準偏差及び重み付けの係数が算出され、これらの値を用いて監視項目毎に許容範囲が設定される（図２のステップＳＡ２）。これにより、各監視項目について許容範囲が設定される。

[0030] 図３に、主軸回転数に対するタービン振動値のマトリクスの一例を示す。図３（ａ）及び（ｂ）において、横１行目は主軸回転数、横２行目は各回転数におけるタービン振動値の平均値、横３行目以降は各回転数におけるタービン振動値の計測データである。主軸回転数は、１０ｒｐｍから９０ｒｐｍまで１ｒｐｍ刻みで設定される。タービン振動値は、各回転数に対してそれぞれ取得番号Ｎｏ．１からＮｏ．２００まで２００項取得され、Ｎｏ．１の計測データが最も古く、Ｎｏ．２００の計測データが最も新しい。すなわち、本実施形態における第一過去所定期間は、Ｎｏ．１からＮｏ．２００までの計測データを計測する期間であるといえる。また、各回転数において、これらＮｏ．１からＮｏ．２００までの計測データの平均値が取得される。このように、Ｎｏ．１からＮｏ．２００までの主軸回転数に対するタービン振動値の計測データが、標準値及び許容範囲を設定するための評価対象データとなる。

図３（ａ）では、それぞれの回転数に対し、全てＮｏ．１からＮｏ．２０

０までタービン振動値の計測データが取得され、平均値が取得された状態である。

ここで、主軸回転数８８ｒｐｍの運転にて新たにタービン振動値１３μｍの計測データが取得されると、図３（ｂ）に示されるようにＮｏ．１の計測データが評価対象データから削除され（計測データ収集部１２には蓄積（保存）されたままである）、Ｎｏ．２のデータからＮｏ．２００のデータがそれぞれＮｏ．１からＮｏ．１９９の欄に移動される。そして、最新のデータ１３μｍがＮｏ．２００に入力され、新たなＮｏ．１からＮｏ．２００のデータにより平均値が１１．１μｍに更新される。

[0031] 図４に、主軸回転数に対するタービン振動値の標準値及び許容範囲の一例を示す。図４（ａ）及び（ｂ）において、横軸は主軸回転数（ｒｐｍ）、縦軸はタービン振動値（μｍ）、実線はタービン振動値の標準値、点線はタービン振動値の許容範囲を示す。

図３に示されるように、逐次求められた標準値（平均値）は、滑らかな曲線となるように繋ぎ合わせられ、図４の実線に示されるように連続的に設定される。

この標準値から標準偏差が算出され、標準偏差及び重み付けの係数から、図４の点線に示される許容範囲が設定される。許容範囲についても、滑らかな曲線となるように繋ぎ合わせられ、連続的に設定される。

標準値および標準偏差は、図３に示されるように最新の計測データ（評価対象データ）に基づき逐次更新され、許容範囲も逐次更新される。

[0032] 評価部１５は、計測データ収集部１２に収集される各監視項目の現在の計測データを算出部１４によって設定された許容範囲と比較することにより、機器の状態を評価する（図２のステップＳＡ３）。例えば、現在の主軸回転数に対するタービン振動値の計測データが図４（ａ）の黒丸であった場合には、評価部１５は、主軸回転数に対応する許容範囲とタービン振動値の計測データとを比較する。図４（ａ）の場合、計測データは許容範囲内であることから、異常の兆候は無いとされる。

一方、現在の主軸回転数に対するタービン振動値の計測データが図４（ｂ）の黒丸であった場合には、評価部１５は、計測データが許容範囲外であることから、異常の兆候ありと判断して、その旨を報知する。

また、さらに従来から異常判定に用いられているアラーム設定値及びトリップ設定値が設定されており、タービン振動値の計測データがアラーム設定値またはトリップ設定値を超えた場合には、実際に異常が発生していると判定される。

[0033] そして、上記ステップＳＡ１からステップＳＡ３の処理が繰り返し行われることにより、許容範囲が算出部１４によって随時更新されるとともに、更新される許容範囲に基づく機器の状態評価が評価部１５によって行われる。

[0034] なお、算出部１４による許容範囲の更新の時間間隔は、評価部１５による状態評価の時間間隔と異なっていてもよいし、同じであってもよい。

正常な状態において、各監視項目における計測データが急激に変化することは通常考えにくいため、許容範囲の更新の時間間隔を、状態評価の時間間隔に比べて、十分長く設定することが好ましい。このようにすることで、許容範囲の更新を頻繁に行わなくてもよいので、処理負担を軽減することができる（例えば、初期設定は１秒以上３０秒以下の間隔、好適には３０秒間隔のサンプリングで３年間分のデータを保持）。

また、許容範囲の更新の時間間隔及び状態評価の時間間隔を同じ値とする場合は、計測データの計測と同時に許容範囲が更新されることとなる。この場合、許容範囲の更新及び状態評価の各データの更新時間間隔を個別に設定する必要がないため、管理が容易である（例えば、初期設定は数秒間隔、好適には１秒間隔のサンプリングで３年間分のデータを保持）。

[0035] 以上説明したように、本実施形態に係る状態診断装置１によれば、以下の作用効果を奏する。

診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集部１２と、該計測データ収集部１２に蓄積された計測データから算出する各監視項目の標準値と該標準値の標準偏差に基づ

き各監視項目の許容範囲とを算出し、計測データ収集部１２に随時蓄積される計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された計測データを用いて標準値及び許容範囲を随時更新する算出部１４と、算出部１４が算出した許容範囲を用いて機器の状態を評価する評価部１５と、を備え、第二過去所定期間は、前記第一過去所定期間よりも長い期間であり、算出部１４は、監視項目毎に標準値の標準偏差に対し現在から第二過去所定期間において蓄積された計測データを用いて所定の重み付けを設定して各監視項目の許容範囲を算出するため、診断対象の機器の状態変化を捉え、機器の状態異常を短・中・長期に監視できることから、短期的には異常発生の検知、また中・長期的には経年変化の定量的把握を行い、中・長期的なメンテナンス及び経年劣化予測の指針とすることができる。

[0036] また、従来正常状態であるにもかかわらず定期点検でメンテナンスが行われる事が発生する場合があったが、許容範囲内であることが確認され異常が発生しておらずメンテナンスの必要がない機器に対する点検を省略し、メンテナンスにかかるコストを最小限に抑えることができる。

[0037] また、現在から第二過去所定期間において蓄積された計測データを用いて各監視項目毎に標準値の標準偏差に所定の重み付けを設定して各監視項目の許容範囲を算出する。標準偏差をとることにより不連続点の存在する計測データを扱うことが可能であり、また、各監視項目にて異なる状態に応じて第一過去所定期間よりも長い第二過去所定期間における計測データに基づき重み付けを行うことから、長いレンジで蓄積された計測データに基づくため、計測データの傾向を許容範囲に付与するとともに、瞬間的に発生する計測データの揺れを許容範囲から除外することができる。また、各監視項目毎にきめ細かく許容範囲を設定し、実情に即した状態診断を行うことができる。

[0038] また、評価部１５は、現在の監視項目の計測データと、該監視項目の許容範囲とを比較し、該計測データが該許容範囲外であった場合に異常の兆候ありと判定することから、時系列で動的に変化する許容範囲を用いて診断対象の機器の状態変化を監視するため、正常状態から異常状態へ変化するその途

中経過を把握することができる。これにより、異常の兆候を検知することができ、異常が発生する前の段階で的確な措置を講じ不具合を未然に防止することができる。また、診断対象の機器から実際に取得したデータを用いて許容範囲を設定するため、各機器に適した範囲を設定することができる。

[0039] なお、算出部１４は、監視項目毎に標準値の標準偏差に対し現在から第二過去所定期間において蓄積された計測データを用いて算出した重み付けの係数を外乱の影響の大きさに応じて変更して設定するとしてもよい。

監視項目のうち、外乱の影響を受けやすい項目と受けにくい項目とが存在する。また外乱とは、海象、海水温、気象などであり、さらにタービン以外の蒸気プラントも外乱となり得る。

[0040] 海象、海水温、気象などを外乱とした場合に影響を受けやすい項目としては、主軸回転数に対するタービン振動値および減速装置振動値、及び主機出力に対する復水器真空度および主機トルクなどが挙げられる。

またタービン以外の蒸気プラントを外乱とした場合に影響を受けやすい項目としては、主機出力に対するタービン内部蒸気圧力およびタービン内部蒸気温度などが挙げられる。

これらの外乱の影響を受けやすい項目は、外乱により計測データに揺れ（ばらつき）が生じるため、標準偏差に対する重み付けの係数を外乱の影響を受けにくい項目と比較して相対的に大きく設定することで許容範囲を広く設定することができる。これにより、異常ではなく外乱によって許容範囲を超えることを極力抑えることができ、外乱による揺れを異常とせず評価部１５による正しい判定が可能である。

[0041] 一方、監視項目のうち外乱の影響を受けにくい項目には、主軸回転数に対するタービン軸受排油温度、タービン軸受パッド温度、減速装置軸受排油温度およびＬＯ圧力、及び主機出力に対するタービン軸位置、主スラスト軸位置およびノズル弁リフトなどが挙げられる。

これら外乱の影響を受けにくい項目は、外乱が生じても計測データの揺れはほぼ生じないため、標準偏差に対する重み付けの係数を小さく設定するこ

とで許容範囲を狭く設定することができる。例えば、外乱の影響を受けにくく、標準値からの乖離が小さくとも異常と判定する必要があるなど、計測データの値の変化を詳細に評価する必要がある場合には、重み付けの係数を小さく設定するとよい。これにより、評価部１５による正しい判定が可能である。さらに、重み付けを省略する場合には、不必要な算出工程を省くことができる。

[0042] また、評価部１５は、上述した実施形態で説明した評価方法に代えて、または、加えて、算出部１４によって随時更新される標準値または許容範囲の変化に基づいて異常の兆候を判定することとしてもよい。

例えば、算出部１４により随時更新される標準値を時系列で比較していき、今まで設定されてきた標準値の傾向と今回設定された標準値の傾向とが著しく異なっていた場合に異常の兆候を検知することとしてもよい。

[0043] 図５には、経年変化による標準値の監視例がグラフに示されている。図５の横軸は監視項目である基準値、縦軸は評価値であり、実線は運転開始直後（例えば運転開始後６か月時点）の標準値、一点鎖線は運転開始後３年時点の標準値、点線は運転開始後５年時点の標準値、二点鎖線は運転開始後７年時点の標準値である。ここで、「運転開始」とは、機器の初めての運転開始時であるとする。

[0044] 図５に示されるように、運転開始直後の計測データを基にした基準値に対する評価値の標準値から運転開始後３年時点での標準値への変化、及び運転開始後３年時点での標準値から運転開始後５年時点での標準値への変化は、いずれも大きな変化はなく、経年劣化は線型的に進行しているものと考えられる。しかし、運転開始後５年時点での標準値から運転開始後７年時点での標準値へはその変化がそれまでと比較して大きな変化となっており、劣化による影響が急激に進行していることが予想される。

[0045] このように、標準値に時系列的評価を加えることで、機器の経年変化及び劣化予測が可能となり、機器の損傷に至る前に次回の定期点検での詳細点検の実施や部品交換の推奨など適切な保守指針を策定することができる。

[0046] 以上、本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い。

たとえば、上述した各実施形態においては、評価部１５が異常の兆候ありと判断すると、その旨を作業員へ報知するとしたが、別途ディスプレイ、スピーカー、メッセージ送信手段などの報知部を設けるとしてもよい。これにより、現在の監視項目の計測データが許容範囲外である場合に報知を行う報知部を備えることから、明確に異常の兆候を報知し、異常が報知された機器についてメンテナンスを迅速に促すことができ、故障や損傷が発生する前に必要な対策を講じることができる。

[0047] また、上述した実施形態では、舶用主機タービンに本発明の状態診断装置を適用した場合について説明したが、本発明の状態診断装置は、舶用主機タービンに限定されることなく、船舶に搭載する発電用蒸気タービン、及び海洋浮体設備（ＦＰＳＯ（Floating Production, Storage and Off-loading system：浮体式生産・貯蔵・出荷設備）／ＦＳＵ（Floating Storage Unit：浮体式貯蔵設備）／ＦＳＲＵ（Floating Storage and Regasification Unit：浮体式貯蔵・再ガス化設備）など）に搭載する発電用蒸気タービン等、さらには一般的に状態監視が可能な機器等に広く適用可能であり、これらの余寿命予測や異常発生の事前抽出等に有効に活用される。

符号の説明

[0048] １　状態診断装置

１２　計測データ収集部

１４　算出部

１５　評価部

請求の範囲

[請求項1] 診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集部と、

該計測データ収集部に蓄積された前記計測データから算出する各前記監視項目の標準値と該標準値の標準偏差に基づき各前記監視項目の許容範囲とを算出し、前記計測データ収集部に随時蓄積される前記計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて前記標準値及び前記許容範囲を随時更新する算出部と、

前記算出部が算出した前記許容範囲を用いて前記機器の状態を評価する評価部と、

を備え、

第二過去所定期間は、前記第一過去所定期間よりも長い期間であり、

前記算出部は、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて所定の重み付けを設定して各前記監視項目の前記許容範囲を算出する状態診断装置。

[請求項2] 前記算出部は、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて算出した重み付けの係数を外乱の影響の大きさに応じて変更して設定し各前記監視項目の前記許容範囲を算出する請求項１に記載の状態診断装置。

[請求項3] 前記評価部は、現在の前記監視項目の前記計測データと、該監視項目の前記許容範囲とを比較し、該計測データが該許容範囲外であった場合に異常の兆候ありと判定する請求項１または請求項２に記載の状態診断装置。

[請求項4] 現在の前記監視項目の前記計測データが前記許容範囲外である場合

に報知を行う報知部を備える請求項３に記載の状態診断装置。

[請求項5] 診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集工程と、

該計測データ収集工程にて蓄積された前記計測データから算出する各前記監視項目の標準値と該標準値の標準偏差に基づき各前記監視項目の許容範囲とを算出し、前記計測データ収集工程にて随時蓄積される前記計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて前記標準値及び前記許容範囲を随時更新する算出工程と、

前記算出工程にて算出された前記許容範囲を用いて前記機器の状態を評価する評価工程と、

を備え、

第二過去所定期間は、前記第一過去所定期間よりも長い期間であり、

前記算出工程では、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて所定の重み付けを設定して各前記監視項目の前記許容範囲を算出する状態診断方法。

[請求項6] 診断対象の機器についての複数の監視項目における計測データを逐次収集し、蓄積する計測データ収集ステップと、

該計測データ収集ステップにて蓄積された前記計測データから算出する各前記監視項目の標準値と該標準値の標準偏差に基づき各前記監視項目の許容範囲とを算出し、前記計測データ収集ステップにて随時蓄積される前記計測データのうち現在から第一過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて前記標準値及び前記許容範囲を随時更新する算出ステップと、

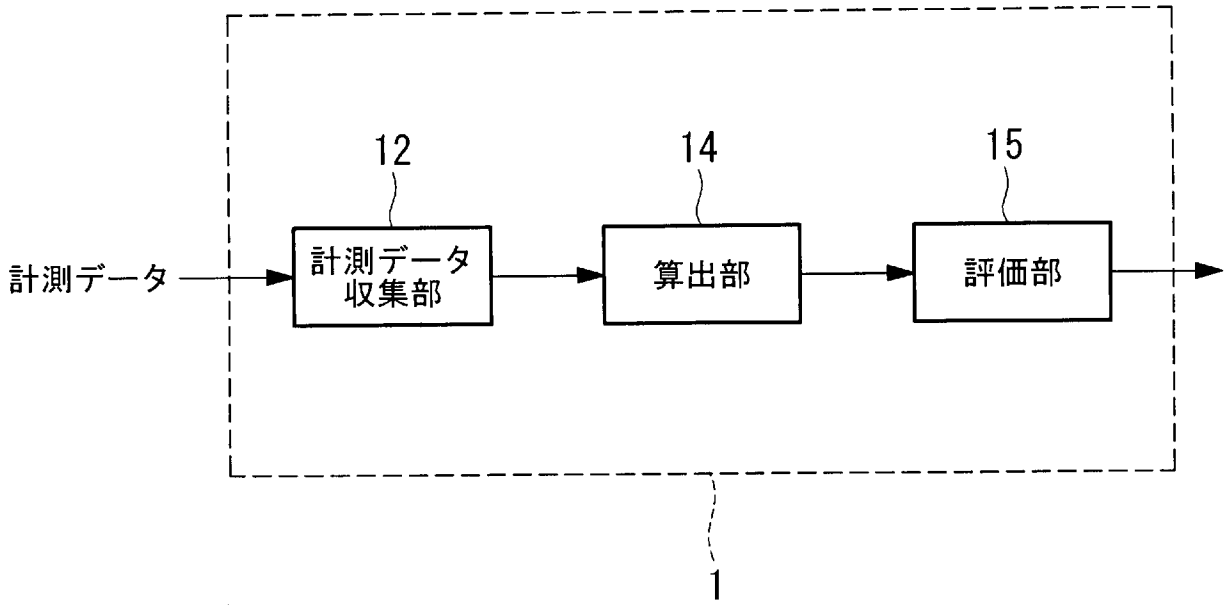
前記算出ステップにて算出された前記許容範囲を用いて前記機器の状態を評価する評価ステップと、

を備え、

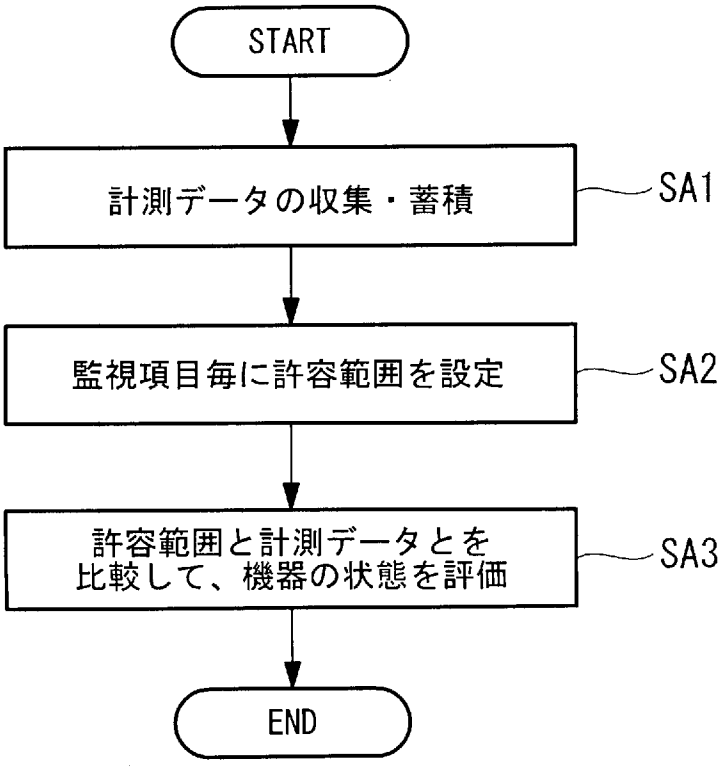
第二過去所定期間は、前記第一過去所定期間よりも長い期間であり、

前記算出ステップでは、前記監視項目毎に前記標準値の前記標準偏差に対し現在から前記第二過去所定期間において蓄積された前記計測データを用いて所定の重み付けを設定して各前記監視項目の前記許容範囲を算出する状態診断プログラム。

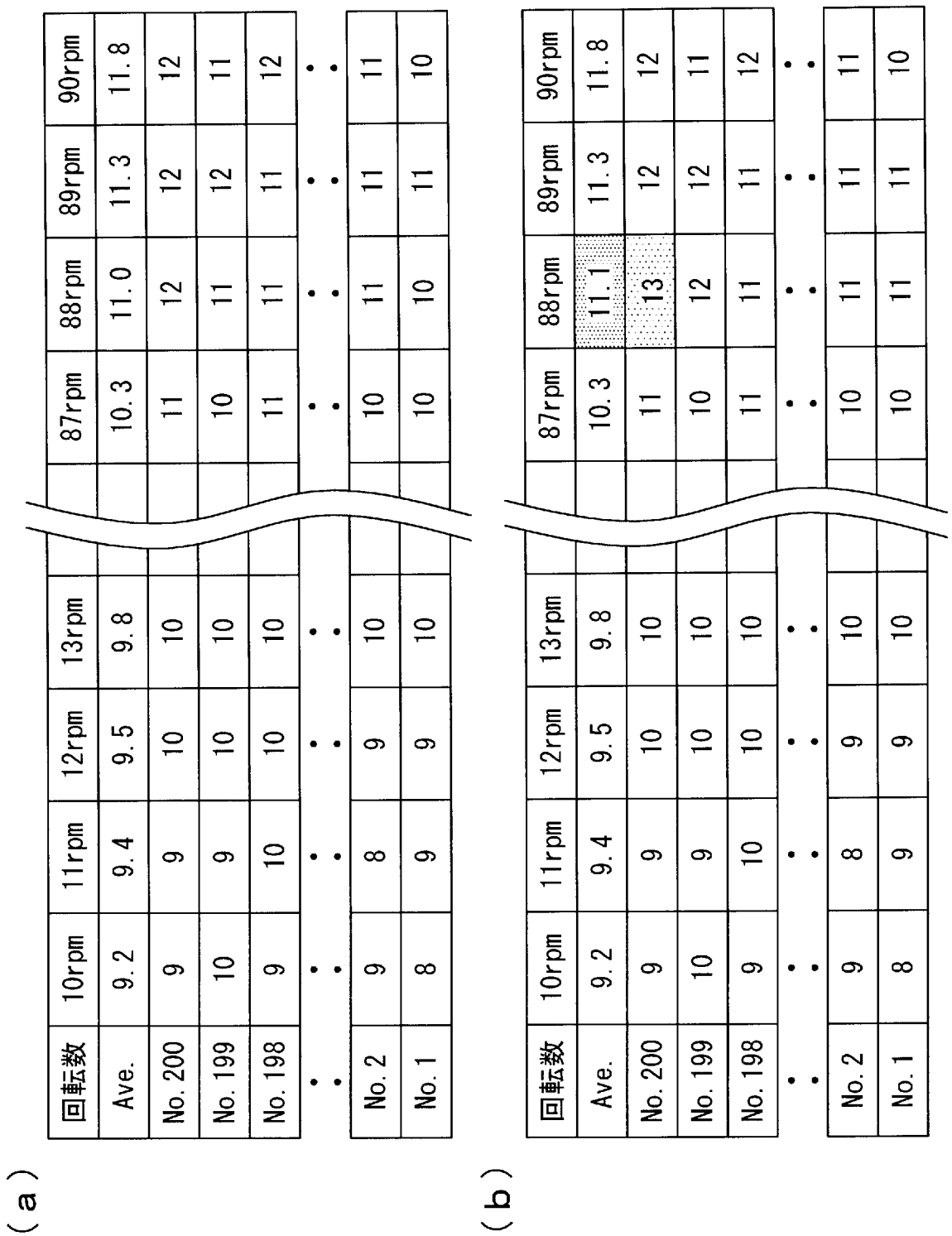
[図1]


12
14
15
計測データ
計測データ収集部
算出部
評価部
1

[図2]


START
計測データの収集・蓄積
SA1
監視項目毎に許容範囲を設定
SA2
許容範囲と計測データとを比較して、機器の状態を評価
SA3
END

[図3]



(a)

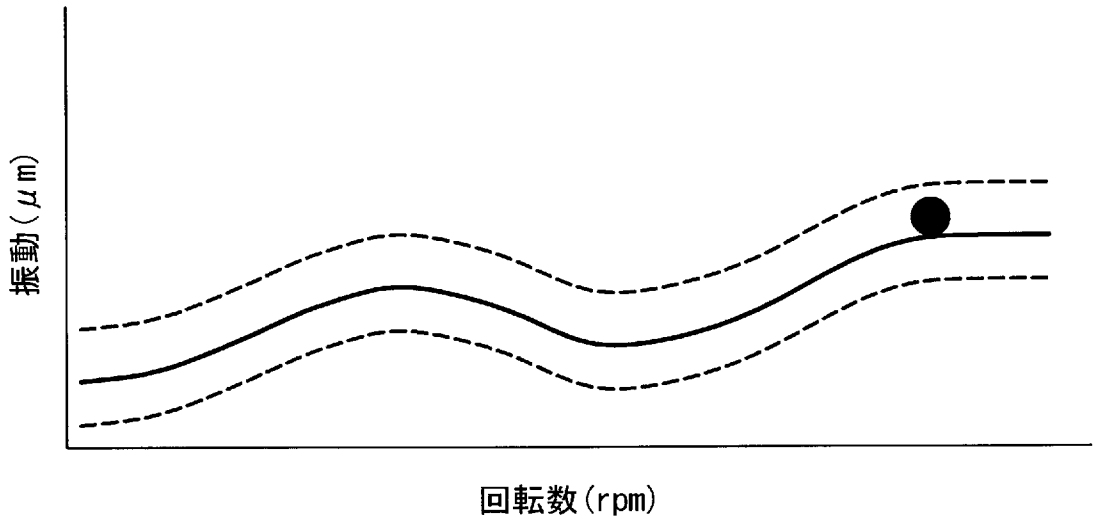
回転数	10rpm	11rpm	12rpm	13rpm		87rpm	88rpm	89rpm	90rpm
Ave.	9.2	9.4	9.5	9.8		10.3	11.0	11.3	11.8
No.200	9	9	10	10		11	12	12	12
No.199	10	9	10	10		10	11	12	11
No.198	9	10	10	10		11	11	11	12
・・	・・	・・	・・	・・		・・	・・	・・	・・
No.2	9	8	9	10		10	11	11	11
No.1	8	9	9	10		10	10	11	10

(b)

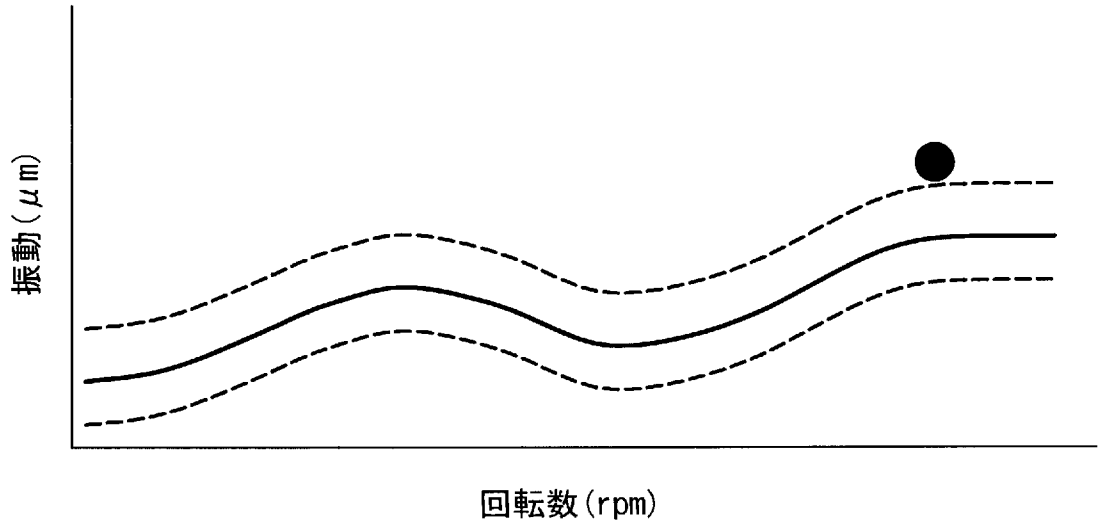
回転数	10rpm	11rpm	12rpm	13rpm		87rpm	88rpm	89rpm	90rpm
Ave.	9.2	9.4	9.5	9.8		10.3	11.1	11.3	11.8
No.200	9	9	10	10		11	13	12	12
No.199	10	9	10	10		10	12	12	11
No.198	9	10	10	10		11	11	11	12
・・	・・	・・	・・	・・		・・	・・	・・	・・
No.2	9	8	9	10		10	11	11	11
No.1	8	9	9	10		10	11	11	10

[図4]

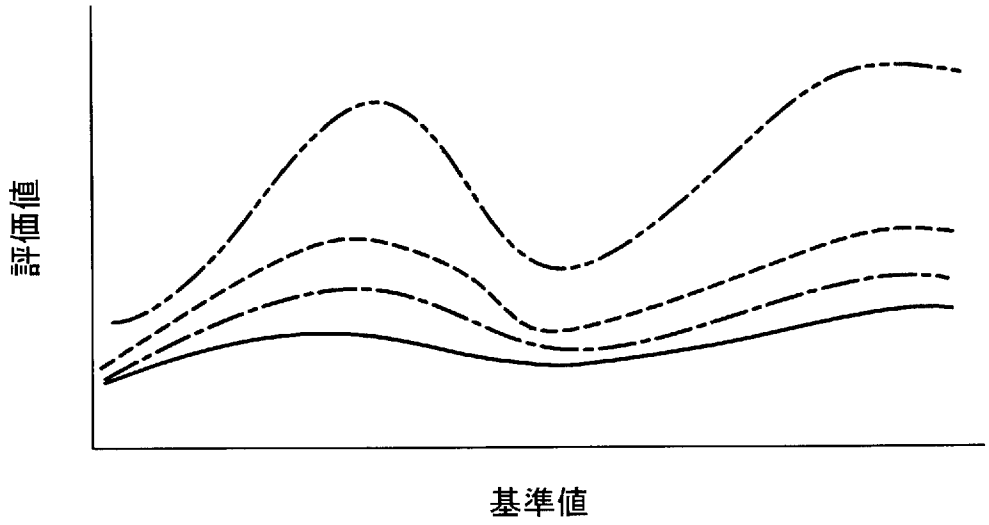
（ａ）



（ｂ）



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/003409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. 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. 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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2010-175446 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 12 August 2010, entire text, all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2017-157072 A (HITACHI, LTD.) 07 September 2017, entire text, all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2010-203929 A (JFE STEEL CORP.) 16 September 2010, entire text, all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 10-002843 A (SYST SOGO KAIHATSU KK) 06 January 1998, entire text, all drawings (Family: none)	1-6

☒ 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
01.04.2019	16.04.2019
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 REPORT

International application No.
PCT/JP2019/003409

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 2016-110594 A (TOSHIBA CORP.) 20 June 2016, entire text, all drawings & US 2016/0163179 A1 & EP 3032367 A1	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／００３４０９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　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.　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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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 2010-175446 A (三菱重工業株式会社) 2010.08.12, 全文全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2017-157072 A (株式会社日立製作所) 2017.09.07, 全文全図 (ファミリーなし)	1-6

☑　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
０１．０４．２０１９	１６．０４．２０１９

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　４８４４
素川　慎司
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 2010-203929 A（ＪＦＥスチール株式会社）2010.09.16, 全文全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 10-002843 A（システム綜合開発株式会社）1998.01.06, 全文全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2016-110594 A（株式会社東芝）2016.06.20, 全文全図 & US 2016/0163179 A1 & EP 3032367 A1	1-6