

(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
2018年10月4日(04.10.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/181020 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/011769

(22) 国際出願日: 2018年3月23日(23.03.2018)

(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 2017-066125 2017年3月29日(29.03.2017) JP

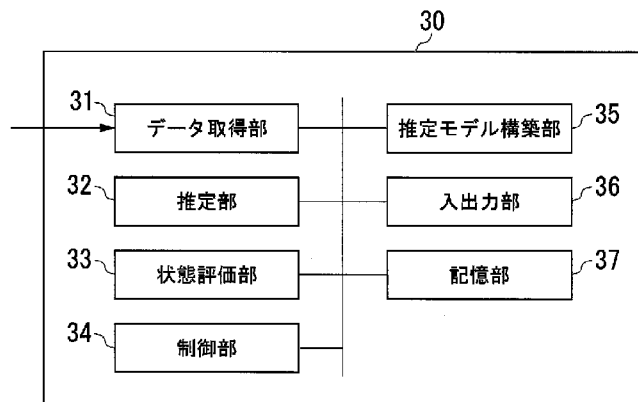
(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1
6 番 5 号 Tokyo (JP). 三菱日立パワーシステムズ株式会社(MITSUBISHI HITACHI POWER

SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3
番 1 号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 岸 真人(KISHI Makoto); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 熊野 信太郎(KUMANO Shintaro); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 安部 克彦(ABE Katsuhiko); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3 番 1 号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 山本 圭介(YAMAMOTO Keisuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 井上 由起彦(INOUE Yukihiko); 〒1088215 東京

(54) Title: INDICATOR DETECTION SYSTEM AND INDICATOR DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: 予兆検知システム及び予兆検知方法



- 31 Data acquisition unit
- 32 Estimation unit
- 33 State evaluation unit
- 34 Control unit
- 35 Estimation model formulation unit
- 36 Input/output unit
- 37 Storage unit

(57) Abstract: An indicator detection system equipped with: a data acquisition unit for acquiring operation data for a machine and operation history data indicating the operation history of the machine; an estimation unit for calculating an estimated value for a parameter of the machine that is being monitored, on the basis of the operation data, the operation history data, and an estimation model for estimating the value of the parameter at a point in time corresponding to the operation history data; and a state evaluation unit for evaluating the state of the machine on the basis of the deviation



都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 新妻 瞬(NIIZUMA Shun); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外(MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (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 the estimated value of the parameter from the estimation unit and a measured value or an estimated value for the parameter included in the operation data acquired by the data acquisition unit.

(57) 要約: 予兆検知システムは、機器の運転データと、機器の運転履歴を示す運転履歴データと、を取得するデータ取得部と、運転データと、運転履歴データと、機器の監視対象となるパラメータについて運転履歴データに対応する時点での当該パラメータの値を推定する推定モデルと、に基づいて、パラメータの推定値を算出する推定部と、推定部によるパラメータの推定値とデータ取得部が取得した運転データに含まれるパラメータの計測値または推定値との偏差に基づいて、機器の状態を評価する状態評価部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：予兆検知システム及び予兆検知方法

技術分野

[0001] 本発明は、予兆検知システム及び予兆検知方法に関する。

本願は、2017年3月29日に、日本に出願された特願2017-66125号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 発電プラント等の設備において、機器の動作の状態を監視するために、ANN (Artificial Neural Network) 等のモデルが用いられる場合がある。例えば、特許文献1では、第1のANNで現在の設備の状態を模擬し、第2のANNで正常運転時の設備の状態を模擬し、第1のANN及び第2のANNの出力データの差から故障の発生の有無を判断することが記載されている。

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2013/0318018号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般に特許文献1等に記載のモデルを用いた監視では、正常な状態を示すプロセス値などを学習して構築した正常モデルと、監視対象のプラント等で取得されたプロセス値とを比較し、実際のプロセス値が正常モデルから乖離している場合に異常を検知することが多い。このような場合に、正常モデルの構築に用いられるデータは、一般的に過去のデータである。しかしながら、実際のプラントには、経年変化があるため、正常モデルを更新しないと、正常モデルが現状のプラントの正常な状態と乖離してしまい、この正常モデルに基づく監視精度が劣化してしまう。

[0005] 本発明は、上述の課題を解決することのできる予兆検知システム及び予兆検知方法を提供する。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明の第1の態様によれば予兆検知システムは、機器の運転データと、前記機器の運転履歴を示す運転履歴データと、を取得するデータ取得部と、前記運転データと、前記運転履歴データと、前記機器の監視対象となるパラメータについて前記運転履歴データに対応する時点での当該パラメータの値を推定する推定モデルと、に基づいて、前記パラメータの第1推定値を算出する推定部と、前記パラメータの第1推定値と前記データ取得部が取得した前記運転データに含まれる前記パラメータの計測値または第2推定値との偏差に基づいて、前記機器の状態を評価する状態評価部と、を備える。
- [0007] また、本発明の第2の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記運転履歴データには、前記機器の起動回数及び停止回数のうち少なくとも1つが含まれてもよい。
- [0008] 本発明の第3の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記運転履歴データには、前記機器の運転時間、前記機器の運転パターン別の運転時間、前記機器の導入からの経過時間、のうち少なくとも1つが含まれてもよい。
- [0009] 本発明の第4の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記運転履歴データには、前記機器に対する保守点検作業を行った回数、前記機器に対して保守点検作業を行ってから経過時間、のうち少なくとも1つが含まれてもよい。
- [0010] 本発明の第5の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記運転履歴データには、前記機器の出力の累積値が含まれてもよい。
- [0011] 本発明の第6の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記運転データには、前記機器を監視する装置が生成したアラーム情報及びイベント情報のうち少なくとも1つが含まれてもよい。
- [0012] 本発明の第7の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記推定モデルは、前記機器の運転データ及び運転履歴データに加え、前記機器と同じ種類の他の機器の運転データ及び運転履歴データに基づいて構築されていて

もよい。

[0013] 本発明の第8の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記運転履歴データと、その運転履歴データに対応する時点での前記機器の運転データと、に基づいて前記推定モデルを構築する推定モデル構築部、をさらに備えていてもよい。

[0014] 本発明の第9の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記状態評価部は、さらに前記運転履歴データを取得し、前記運転履歴データが示す運転実績に応じた前記監視対象となるパラメータの評価基準に基づいて前記機器の状態を評価してもよい。

[0015] 本発明の第10の態様によれば前記予兆検知システムであって、前記状態評価部は、前記偏差と、前記偏差の履歴と実際に生じた異常との対応関係と、に基づいて、将来発生する異常を予測してもよい。

[0016] 本発明の第11の態様によれば予兆検知システムは、機器の運転データと、前記機器の運転履歴を示す運転履歴データと、を取得するデータ取得部と、前記運転データと、前記機器の監視対象となるパラメータの値を推定する推定モデルと、に基づいて、前記パラメータの第1推定値を算出する推定部と、前記推定部による前記パラメータの第1推定値と前記データ取得部が取得した前記運転データに含まれる前記パラメータの計測値または第2推定値との偏差と、前記運転履歴データが示す運転実績に応じた前記監視対象となるパラメータの評価基準と、に基づいて、前記機器の状態を評価する状態評価部と、を備える。

[0017] 本発明の第12の態様によれば予兆検知方法は、予兆検知システムが機器の運転データと、前記機器の運転履歴を示す運転履歴データと、を取得するステップと、前記運転データと、前記運転履歴データと、前記機器の監視対象となるパラメータについて前記運転履歴データに対応する時点での当該パラメータの値を推定する推定モデルと、に基づいて、前記パラメータの第1推定値を算出するステップと、前記第1推定値と前記運転データに含まれる前記パラメータの計測値または第2推定値との偏差に基づいて、前記機器の

状態を評価するステップと、を有する。

発明の効果

[0018] 上記した予兆検知システム及び予兆検知方法によれば、プラント等の経年変化を考慮した予兆検知が可能となる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明に係る予兆検知システムを用いて監視を行うプラントの一例を示す図である。

[図2]本発明に係る第一実施形態における予兆検知装置の機能ブロック図である。

[図3]本発明に係る第一実施形態における予兆検知処理を説明する図である。

[図4]本発明に係る第一実施形態における推定モデルの構築処理の一例を示すフローチャートである。

[図5]本発明に係る第一実施形態における予兆検知処理の一例を示すフローチャートである。

[図6]本発明に係る第一実施形態における予兆検知処理の他の例について説明する図である。

[図7]本発明に係る第一実施形態における予兆検知装置による異常発生予測とその効果について説明する図である。

[図8]本発明に係る第二実施形態における予兆検知装置の機能ブロック図である。

[図9]本発明に係る第二実施形態における予兆検知処理を説明する図である。

[図10]本発明に係る第二実施形態における判定モデルの構築処理の一例を示すフローチャートである。

[図11]本発明に係る第二実施形態における予兆検知処理の他の例について説明する図である。

発明を実施するための形態

[0020] <第一実施形態>

以下、本発明の第一実施形態による予兆検知システムについて図1～図7を

参照して説明する。

本発明に係る予兆検知システムを用いて監視を行うプラントの一例を示す図である。

図 1 に示す監視対象となるガスタービンプラントは、ガスタービン 10 と、発電機 15 と、ガスタービン 10 の動作の制御や監視を行う装置 20 と、を備えている。ガスタービン 10 と発電機 15 はロータ 14 で連結されている。ガスタービン 10 は、空気を圧縮して圧縮空気を生成する圧縮機 11 と、圧縮空気中で燃料ガスを燃焼させ高温の燃焼ガスを生成する燃焼器 12 と、燃焼ガスにより駆動するタービン 13 と、を備えている。燃焼器 12 は、燃焼器 12 に燃料を供給する各系統 A、B、C ごとにそれぞれの燃料供給装置（図示せず）と接続されている。燃料供給装置と燃焼器 12 の間には各系統 A～C の燃料の流量を調節する燃料流量調整弁 16 A、16 B、16 C が設けられている。装置 20 は、1 台又は複数台のコンピュータで構成された制御装置等である。装置 20 は、IGV（IGV：inlet guide vane）17 の開度を調節して圧縮機 11 に流入する空気の流量や、燃料流量調整弁 16 A～16 C の開度調整による燃焼器 12 への燃料ガスの供給量等を制御して、タービン 13 を駆動し、発電機 15 を稼働させる。

[0021] 装置 20 は、ガスタービン 10 や発電機 15 の各所に設けられたセンサから温度、圧力などの計測データを取得する。計測データには、ガスタービン 10 の内部に取り込まれ、実際の運転に用いられる燃料ガスや大気などの物性データだけでなく、運転環境の温度など周囲の環境情報が含まれる。装置 20 は、取得した計測データを用いて、ガスタービン 10 を制御するための制御信号を生成する。計測データには、各センサの識別情報、計測値、計測時刻等が含まれている。制御信号には、その制御信号が出力された時刻が含まれている。装置 20 は、計測データを所定の推定モデル（例えば、ガスタービン 10 のある状態量を算出するための計算式など）に入力して、その推定モデルによって算出された推定値を、計測データの代わりに、あるいは、計測データに加えて取得してもよい。この推定値を第 2 推定値と呼ぶ場合が

ある。これら計測データ（または第2推定値）と制御信号とを総称してプロセスデータと記載する。装置20は、取得した計測データを所定の閾値と比較して、計測データが閾値を上回ったり下回ったりすると、ガスタービン10に異常が生じたり、注意すべき状態となったことを示すアラーム情報を生成する。装置20は、ガスタービン10の起動停止、ガスタービン10が備える機器の動作（弁の開閉など）、運転状態の変更等が発生するとそれらの発生を示すイベント情報を生成する。アラーム情報及びイベント情報には、各々の情報が生成された時刻情報が含まれている。装置20は、プロセスデータ、アラーム情報、イベント情報を図示しない表示装置に表示させ、運転員は、その表示装置に表示された計測データやアラーム情報などを監視してガスタービン10の運用を行う。

[0022] 装置20は、プロセスデータ、アラーム情報、イベント情報を予兆検知装置30へ送信する。プロセスデータについては、装置20は、例えば、所定周期毎、プロセスデータを取得する毎、プロセスデータの値に所定の変化が発生した場合などに、予兆検知装置30へ送信する。アラーム情報、イベント情報については、装置20は、例えばそれらの情報を生成する度に予兆検知装置30へ送信する。本実施形態において装置20は、ガスタービン10の運転に必要な制御装置、監視装置などを含んでいる。これに対し、予兆検知装置30は、ガスタービン10に将来発生する異常の予兆を検知し、これを運転員に通知する目的で設置される。プロセスデータ、アラーム情報、イベント情報を総称して運転データと記載する。

[0023] 予兆検知装置30は、ガスタービン10に生じる異常の予兆を検知する。特に本実施形態に係る予兆検知装置30は、ガスタービン10の経年変化を考慮した予測モデルを用いて予兆検知を行う。次に、予兆検知装置30について説明する。

図2は、本発明に係る第一実施形態における予兆検知装置の機能ブロック図である。

図2に示すように予兆検知装置30は、データ取得部31と、推定部32

と、状態評価部 33 と、制御部 34 と、推定モデル構築部 35 と、入出力部 36 と、記憶部 37 と、を備える。

データ取得部 31 は、機器の運転データと、機器の運転履歴を示す運転履歴データとを取得する。ここで、運転履歴データとは、例えば、ガスタービン 10 の累積運転時間、運転パターン別の運転時間、ガスタービン 10 を導入して設置してからの経過時間、起動回数、停止回数、起動停止回数、ガスタービン 10 の出力実績の累積値などの運転履歴データ、ガスタービン 10 に対する保守点検作業を行った回数、保守点検作業を行ってから経過した時間などの保守履歴データを含む。データ取得部 31 は、取得した運転データを記憶部 37 に記録する。

運転履歴データは、ガスタービン 10 が稼働状態にあることを示す、例えば、発電機 15 の出力、ガスタービン 10 の起動命令信号、停止命令信号などのプロセスデータを用いて算出することができる。例えば、累積運転時間であれば、装置 20 が、上記のプロセスデータを用いて 1 回の起動から停止までの運転時間を計算し、これを累積して累積運転時間を算出する。例えば、起動停止回数であれば、装置 20 が、自身が出力した起動命令、停止命令の回数をカウントして、これを累積して起動停止回数を算出する。装置 20 は、これらの運転履歴データを算出し、データ取得部 31 は、装置 20 から運転履歴データを取得する。

装置 20 は、ガスタービン 10 に対して行われた過去の保守履歴の情報を記憶していて、装置 20 は、保守作業の累積回数、保守作業を行ってからの経過時間などを算出し、データ取得部 31 は、装置 20 から保守履歴データを取得する。

[0024] 推定部 32 は、運転データと、運転履歴データと、運転履歴データが示す運転実績に応じた経年変化を反映した監視対象パラメータの値を推定する推定モデルと、に基づいて、パラメータの推定値を算出する。

状態評価部 33 は、推定部 32 による監視対象パラメータの推定値（第 1 推定値）とデータ取得部 31 が取得したガスタービン 10 の監視対象パラメ

ータの計測値または推定値（第2推定値）との偏差に基づいて、監視対象パラメータが示すガスタービン10の状態を評価する。例えば、偏差が所定の閾値以上の場合、その監視対象パラメータがガスタービン10又はその一部の機器に生じる異常の予兆を示していると評価する。状態評価部33は、異常の予兆を検知すると、異常予兆を検知したことを示すアラーム情報、異常発生率、異常発生箇所などの異常情報を算出する。

制御部34は、予兆検知装置30の起動、停止、処理実行などの各種制御を行う。

[0025] 推定モデル構築部35は、運転履歴データと、その運転履歴データに対応する（その運転履歴データが示す運転を経た時点での）機器の正常動作時の運転データと、を学習して、ガスタービン10の正常動作時における監視対象パラメータの値を推定する推定モデルを構築する。推定モデル構築部35が構築する推定モデルとは、ガスタービン10の経年変化を陽に考慮したモデルである。推定モデルとは、例えばANNなどのニューラルネットワーク、各種機械学習、深層学習、重回帰分析などの各種統計的手法によるモデルである。

入出力部36は、状態評価部33による評価結果や異常情報の算出結果をディスプレイ、他の装置などへ出力する。入出力部36は、監視員による予兆検知装置30への指示情報等の入力操作を受け付ける。

記憶部37は、例えば、運転データなどの種々のデータを記憶する。

[0026] 図3は、本発明に係る第一実施形態における予兆検知処理を説明する図である。

推定部32は、推定モデルMを有している。推定モデルMは、正常時の過去の運転データに基づいて、入力パラメータを大気温度、大気圧力、相対湿度、燃料流量指令値、燃料分配比設定、ガスタービン10の回転数、燃料流量調整弁16A～16Cの弁開度、系統A～C毎の燃料供給圧力、IGV開度、運転時間、起動停止回数などとし、出力パラメータをガスタービン出力、ガスタービン効率、車室圧力、各燃料系統のマニホールド圧力、各燃焼器

の燃焼振動値、タービン 13 からの排ガス温度などとする、例えばニューラルネットワークモデルである。

推定部 32 は、運転データのうち、監視対象パラメータ（ガスタービン 10 の出力、車室圧力など）の推定に必要なパラメータ（大気温度、大気圧力、燃料流量指令値など）を推定モデル M に入力する。推定部 32 は、ガスタービン 10 の累積運転時間、起動停止回数などの運転履歴データを推定モデル M に入力する。推定モデル M は、現在までの累積運転時間や起動停止回数から示すガスタービン 10 の経年変化を反映したガスタービン出力の推定値、車室圧力の推定値などを出力する。推定部 32 は、推定モデル M による推定値を、状態評価部 33 へ出力する。

[0027] 状態評価部 33 は、推定モデル M が出力したガスタービン出力等の監視対象パラメータの推定値と、データ取得部 31 が取得した現在のガスタービン出力等の計測値と、を取得する。状態評価部 33 は、減算器 S、異常判定部 D を有している。減算器 S は、取得した推定モデル M による推定値と、対応するパラメータの計測値との偏差を算出する。例えば、減算器 S は、ガスタービン出力の推定値とガスタービン出力の計測値との偏差を算出する。減算器 S は、車室圧力の推定値と車室圧力の計測値との偏差を算出する。減算器 S は、算出した監視対象である各パラメータの推定値と計測値の偏差を、異常判定部 D へ出力する。異常判定部 D は、各パラメータの偏差と、パラメータごとに定められた偏差の閾値とを比較して、異常の予兆の有無を判定する。例えば、異常判定部 D は、ガスタービン出力の偏差と、ガスタービン出力用の閾値とを比較して、ガスタービン出力の偏差が所定の閾値を上回っていれば、ガスタービン出力について、異常の予兆があると判定する。ガスタービン出力の偏差が閾値以下であれば、異常判定部 D は、ガスタービン出力について異常の予兆が無いと判定する。

[0028] 異常判定部 D は、異常情報生成部 D1 を有している。異常情報生成部 D1 は、異常発生の予兆を検知したことを示すアラーム情報、異常箇所、異常発生率などの異常情報を生成する。アラーム情報には、異常の内容、異常の予

兆ありと判定した時刻の情報が含まれている。異常情報生成部D 1は、推定値と計測値の偏差の大きさに応じて異常の規模、確度、重大さなどを推定し、それらの情報を異常情報へ含めてもよい。異常情報生成部D 1は、閾値を上回った監視対象パラメータの種類に応じて、ガスタービン10のどの部分に異常が発生するかを判定し、異常の発生が予想される箇所を推定する。異常情報生成部D 1は、過去の異常発生実績、故障実績などに基づいて、異常の予兆を検知した部位の異常発生率や故障率を算出する。記憶部37には過去の故障実績の情報が記録されている。異常情報生成部D 1は、複数の監視対象パラメータの値に基づいて、異常情報を生成してもよい。例えば、ガスタービン出力と車室圧力の両方の監視対象パラメータが閾値を超えている場合、「異常X」の予兆であるとのアラーム情報を生成してもよい。

[0029] 従来の予測モデルに基づく予兆検知では、プラントの経年変化を考慮しないことが多く、その為、予測モデルが推定する監視対象パラメータの値が、ある期間の運転を経た実際のプラントの実態と乖離してしまっていることが多い。これに対し、本実施形態では、所定の推定モデルに基づいて、経年変化に応じた現在のガスタービン10の出力パラメータの値を推定する。そして、この推定値を正として、ガスタービン10の出力パラメータの計測値が正常な範囲の値であるかどうかを判定する。現在のプラントの状態に応じた閾値を基準として異常の判定を行うので、精度の高い予兆検知が可能となる。

[0030] 次に、本実施形態の推定モデルの構築処理について説明を行う。

図4は、本発明に係る第一実施形態における推定モデルの構築処理の一例を示すフローチャートである。

まず、データ取得部31が、ガスタービン10の運転データとともにその運転データに対応する運転履歴データを取得する（ステップS11）。運転データに対応する運転履歴データとは、例えば、大気温度X、燃料流量指令値Y、ガスタービン10出力Zなどの運転データが、YYYY年MM月DD日hh時mm分ss秒にセンサによって計測または装置20によって出力さ

れた運転データである場合、YYYY年MM月DD日hh時mm分ss秒（または、それを含む前後所定の期間）までの累積運転時間や起動停止回数のことである。取得する運転データは、監視対象となるガスタービン10において採取された過去の正常運転時の運転データである。運転履歴データの例として、累積運転時間、起動停止回数の他に、運転パターン別の運転時間、起動回数または運転頻度、ガスタービン10を設置してからの経過時間、導入後の当該ガスタービン10による出力の累積値（MWh）、保守点検作業を行った回数、保守点検作業を行ってから経過した時間などが含まれていてもよい。運転パターン別の運転時間とは、例えば、定格運転での累積運転時間、部分負荷運転での累積運転時間、負荷変動時の累積運転時間である。例えば、運転パターン別の運転時間とは、ホットスタート（例えば停止時間が8時間以内）、ウォームスタート（例えば停止時間が24時間以内）、コールドスタート（例えば停止時間が24時間超）と運転パターンを分類した場合、各パターンのスタート態様で運転を開始した場合の累積運転時間である。例えば、運転パターン別の起動回数とは、ホットスタートした累積起動回数、ウォームスタートした累積起動回数、コールドスタートした累積起動回数である。例えば、運転パターン別の運転頻度とは、例えば運転データの採取日を基準とする所定期間内に何回ホットスタート、ウォームスタート、コールドスタートの各々を実行したかである。ガスタービン10を設置してからの経過時間とは、ガスタービン10の設置後、運転時間及び停止時間の全て含んだ経過時間である。保守点検作業を行った回数とは、対応する運転データの採取日を基準としてそのときまでに行った定期点検、部品の補修や交換、部品のグレードアップなどの総回数である。保守点検作業を行った回数については、点検箇所や保守を行った部品ごとの保守点検回数を用いてもよい。保守点検作業を行ってから経過した時間とは、例えば、最初又は最後に定期点検を行ってから経過した時間や、ある部品について複数回の点検や交換を行っている場合、最後に部品交換を行ってから経過した時間である。

[0031] 次に、データ取得部31は、取得した対応関係にある運転データと運転履

歴データとを記憶部 37 に対応付けて記録する（ステップ S 12）。

次に、推定モデル構築部 35 は、推定モデルの構築に必要な所定期間分の運転データ等が記憶部 37 に蓄積されたかどうかを判定する（ステップ S 13）。蓄積されていない場合（ステップ S 13；No）、ステップ S 11 からの処理を繰り返す。所定期間分の運転データ等が蓄積された場合（ステップ S 13；Yes）、推定モデル構築部 35 は、推定モデル M を構築する（ステップ S 14）。例えば、推定モデル構築部 35 は、ある運転データ α と対応する運転履歴データ β について、運転データ α のうち、入力パラメータ（大気温度、大気圧力、燃料流量指令値など）と運転履歴データ（累積運転時間、起動停止回数）とをそのモデルに入力すると、運転データのうち監視対象パラメータ（ガスタービン出力、車室圧力など）を出力するような推定モデルを ANN 等の手法で構築する。推定モデル構築部 35 は、構築した推定モデル M を記憶部 37 へ記録する。続いて、構築した推定モデル M を用いたオンラインでの予兆検知処理の流れについて説明する。

[0032] 図 5 は、本発明に係る第一実施形態における予兆検知処理の一例を示すフローチャートである。

まず、データ取得部 31 が、稼働中のガスタービン 10 の運転データを取得する（ステップ S 21）。例えば、データ取得部 31 は、装置 20 を介して各種センサが計測した最新の計測値（大気温度、大気圧力、ガスタービン 10 の出力、車室圧力など）を取得する。データ取得部 31 は、装置 20 から、装置 20 が指示した最新の制御信号の値（IGV 開度、燃料流用指令値、各燃料系統の弁開度など）を取得する。これらデータ取得部 31 が取得する運転データには、入力パラメータと、監視対象パラメータ（出力パラメータ）とが含まれる。データ取得部 31 は、装置 20 から、取得した運転データに対応する運転履歴データ（累積運転時間、起動停止回数、定期点検後の経過時間など）を取得する。

データ取得部 31 は、取得した運転データのうち入力パラメータ及び運転履歴データを推定部 32 へ出力する。データ取得部 31 は、取得した運転デ

ータのうち監視対象パラメータを状態評価部33へ出力する。

[0033] 次に、推定部32は、記憶部37から推定モデルMを読み出して、読み出した推定モデルMに、データ取得部31から取得した運転データ（入力パラメータ）と運転履歴データとを入力する。推定モデルMは、入力された値を用いて監視対象パラメータの推定値を算出する（ステップS22）。推定部32は、監視対象パラメータの推定値を、状態評価部33へ出力する。

[0034] 次に、状態評価部33は、推定部32から取得した監視対象パラメータの推定値と、データ取得部31から取得した監視対象パラメータの計測値との偏差を算出する（ステップS23）。例えば、状態評価部33が備える減算器Sが、ガスタービン出力の推定値からガスタービン出力の計測値を減算する。減算器Sは、算出した偏差を、状態評価部33が備える異常判定部Dに出力する。減算器Sは、他の監視対象パラメータについても同様に偏差を算出し、監視対象パラメータの識別情報（例えば監視対象パラメータの名称）と偏差を対応付けて、異常判定部Dに出力する。

[0035] 次に、状態評価部33は、推定値と計測値との偏差に基づいて、監視対象パラメータの評価を行う。例えば、異常判定部Dは、監視対象パラメータごとに定められた所定の閾値と、減算器Sが算出した当該監視対象パラメータについての偏差を比較する。異常判定部Dは、偏差が閾値を上回っていた場合、異常の予兆ありと判定し、偏差が閾値以内の場合、異常の予兆なしと判定する。

[0036] 異常の予兆ありと判定した場合（ステップS26；Yes）、状態評価部33は、出力部104を介して異常の予兆を検知したことを通知する（ステップS27）。例えば、異常情報生成部D1が、異常の予兆ありと判定された監視対象パラメータの名称、異常発生時刻などを含むアラーム情報を生成する。例えば、異常情報生成部D1は、監視対象パラメータに基づいて異常発生箇所を特定し、異常発生箇所を示す情報を生成する。例えば、異常情報生成部D1は、過去のアラーム情報に基づいて当該アラームの発生回数、あるいは過去の異常情報に基づいて異常発生箇所における異常発生率などを算

出し、異常発生率を示す情報を生成する。状態評価部 33 は、複数の監視対象パラメータを用いて、異常予兆の有無を判定してもよい。例えば、監視対象パラメータ K1 についての偏差が閾値を上回ったときには、状態評価部 33 は異常 K1' の予兆であると判定し、監視対象パラメータ K1 についての偏差と監視対象パラメータ K2 についての偏差が共にそれぞれの閾値を上回ったときには、状態評価部 33 は異常 K2' の予兆であると判定してもよい。監視対象パラメータと異常発生箇所を関連付ける情報や、過去のアラーム情報、異常発生箇所ごとの過去の異常情報などは記憶部 37 に記録されている。状態評価部 33 は、異常情報生成部 D1 が生成したアラーム情報、異常発生率、異常発生箇所の情報などを入出力部 36 へ出力する。入出力部 36 は、予兆検知装置 30 に接続されたディスプレイにアラーム情報などを表示する。

[0037] 異常の予兆なしと判定した場合（ステップ S26；No）、予兆検知装置 30 は、予兆検知処理の終了判定を行う（ステップ S28）。例えば、監視員が処理の停止命令を、入出力部 36 を介して予兆検知装置 30 へ入力した場合、制御部 34 は、予兆検知処理を終了すると判定する。予兆検知処理を終了すると判定した場合（ステップ S28；Yes）、制御部 34 は、予兆検知処理を停止する。この場合、本フローチャートを終了する。予兆検知処理を継続する場合（ステップ S28；No）、ステップ S21 からの処理を繰り返す。

[0038] ステップ S24 で予兆が検知される異常とは、例えば、あと数時間後には、装置 20 で異常発生として判断される可能性があるような事象である。あるいは、あと数か月後には、運転を停止しての保守作業が必要となるような事象である。本実施形態の予兆検知装置 30 によれば、運転履歴データとして、例えば累積運転時間を用いて推定モデルを構築したり、推定値を算出したりすることでプラントの経年変化を考慮した監視対象パラメータの値を推定することができる。単に累積運転時間だけではなく、その間の運転負荷や運転条件なども、機器の劣化に影響することが考えられるが、運転履歴デー

タとして、例えばガスタービン出力の累積値、運転パターンごとの運転時間などを用いて推定モデルの構築や推定値の算出を行うことで、プラントの稼働負荷の程度の影響を反映した監視対象パラメータの値を推定することができる。運転履歴データとして、例えば、起動停止回数、運転頻度、保守作業回数、保守作業からの経過時間などを用いて推定モデルの構築や推定値の算出を行うことで、プラントの劣化や疲労の程度を考慮した監視対象パラメータの値を推定することができる。つまり、様々な運転履歴データをパラメータとして用いた推定モデルMによって、監視対象パラメータの値を推定するので、より現在のプラントの状況を反映した推定を行うことができる。これにより、精度の高い予兆検知が可能になる。上記の説明では、推定モデルMを予兆検知に用いる場合を例に説明を行ったが、現在のプラントの運転データに対する異常判定に用いてもよい。状態評価部33は、単に異常予兆の有無の判定だけでなく、異常の発生確率を判定したり、特に異常の予兆が無い場合でも、プラントの運転状態を「良好」、「普通」、「やや負荷が高い」など段階別に評価して監視員に通知したりするようにしてもよい。

[0039] 推定モデルMへの入力パラメータとして、運転データには、プロセスデータ（計測データ及び制御信号）の他、装置20が生成したアラーム情報やイベント情報を追加しても良い。

図6は、本発明に係る第一実施形態における予兆検知処理の他の例について説明する図である。

図6に示す第一実施形態の変形例では、推定モデルM'に図3で説明した入力パラメータに加え、アラーム情報とイベント情報とを入力している。推定モデル構築部35は、アラーム情報、イベント情報を含む入力パラメータを取得し、推定モデルを構築する。このとき、過去の時系列の変化を学習する学習手法（RNN：Recurrent Neural Networkなど）を用いる場合は、運転データとして、時系列のプロセスデータ、アラーム情報、イベント情報を入力することができる。時系列の変化を学習しないモデルの場合、例えば、所定時間内に発生したアラーム情報やイベント情報を入力して推定モデルM

ゝを構築してもよい。

[0040] 図6の構成の場合、予兆検知処理では、データ取得部31が、図3で説明した入力パラメータに加え、アラーム情報やイベント情報を取得し、推定部32は、累積稼働時間などに加え、アラーム情報やイベント情報の発生状況を反映した監視対象パラメータの値を推定する。例えば、大気温度、燃料流量指令値、累積運転時間などの入力パラメータの値が同じでも、アラーム情報が発生している状況と、そうでない状況とでは、監視対象パラメータが大きく異なる可能性がある。大気温度、燃料流量指令値、累積運転時間などの入力パラメータの値が同じでも、一見関係がなさそうな機器の動作（イベント情報）が間接的に影響を与え、その結果、監視対象パラメータの値にも影響を及ぼす可能性がある。図6に例示した推定モデルM'であれば、これまで意識できていなかったアラーム情報やイベント情報との関係を含め監視対象パラメータの値を推定することができる。

上記の説明では、アラーム情報とイベント情報の両方を用いることとしているが、どちらか1つだけを用いるようにしてもよい。

[0041] 推定モデルM、M'の構築に用いる学習データは、多い方が好ましい。従って、監視対象プラントで採取した運転データ、運転履歴データだけでなく、同種のプラント、機器で採取した運転データ、運転履歴データを、監視対象プラントの運転データに加えて推定モデルM、M'の構築を行ってもよい。

[0042] 図2に例示した予兆検知装置30では、予兆検知装置30が推定モデル構築部35を備える場合を例示したが、推定モデル構築部35を備えない構成とすることが可能である。この場合、例えば、他のコンピュータで推定モデルMを構築し、その推定モデルMを記憶部37に記録するようにする。

[0043] 予兆検知装置30は、プラント状態の未来予測に利用することもできる。例えば、ある監視対象パラメータが示す値の推移を予測することができれば、その監視対象パラメータに関係する部品の劣化の進行速度や交換時期の推定、保守計画の立案などに役立てることができる。

[0044] 図7は、本発明に係る第一実施形態における予兆検知装置による異常発生の予測とその効果について説明する図である。

図7に示すグラフの縦軸はガスタービン10に用いられている部品Pに関する監視対象パラメータQの値を示し、横軸はガスタービン10の稼働開始からの累積稼働時間を示している。例えば、ガスタービン10は、定格負荷で運転し続ける運転計画が立てられているとする。この場合、将来の運転における推定モデルMへの入力パラメータとなる運転データ（大気温度等）の値については、過去の運転実績から算出することができる。推定モデルMに入力する運転履歴データは累積稼働時間であるとする。現在の累積稼働時間は T_0 、この時点での推定モデルMによる監視対象パラメータQの推定値は R_0 である。部品Pは、監視対象パラメータQの値が閾値R以下となると交換しなければならないことが定められている。予兆検知装置30は、予兆検知を行う動作モードの他に、監視対象パラメータのトレンド予測を行う動作モードで動作するよう構成してあるとする。トレンド予測を行う動作モードでは、予兆検知装置30は、指定された期間（例えば累積運転時間によって指定する）における推定モデルMによる監視対象パラメータの推定値を出力する。

[0045] これらの条件の下、保守計画の立案者は、部品Pの交換時期を次のようにして計画することができる。例えば、立案者は、予兆検知装置30へ、監視対象パラメータQのトレンド予測を行う動作モードで動作するよう入力を行う。続いて、立案者は、過去の運転実績に基づく将来の運転に関する入力パラメータ（大気温度など）の値と、累積運転時間 $T_0 \sim T_3$ を指定する期間として予兆検知装置30へ入力する。

すると、制御部34は、監視対象パラメータのトレンド予測処理を開始する。まず、入出力部36が、それらの値の入力を受け付け、入力パラメータの値をデータ取得部31へ出力し、累積運転時間 $T_0 \sim T_3$ を制御部34へ出力する。すると、制御部34は、累積運転時間 T_0 に所定期間 ΔT を加算し、加算後の累積運転時間 $T_0 + \Delta T$ をデータ取得部31へ出力する。デー

タ取得部 31 は、入力パラメータと累積運転時間 $T_0 + \Delta T$ を推定部 32 に出力する。推定部 32 は、累積運転時間 $T_0 + \Delta T$ における監視対象パラメータ Q の推定値を算出する。推定値の算出が完了すると、制御部 34 は、累積運転時間 $T_0 + 2 \cdot \Delta T$ をデータ取得部 31 へ出力する。推定部 32 は、累積運転時間 $T_0 + 2 \cdot \Delta T$ における監視対象パラメータ Q の推定値を算出する。以下、同様にして、推定部 32 は、累積運転時間を ΔT ずつ増加しながら累積運転時間が T_3 に至るまでの監視対象パラメータ Q の推定値の算出を繰り返す。このような処理により、グラフ q_1 が得られる。立案者は、グラフ q_1 により、累積運転時間が T_2 となると、監視対象パラメータ Q が閾値 R に至り、部品 P を交換しなければならないことを把握する。例えば、累積運転時間が T_1 となるときに定期点検を行うことが計画されていたとすると、立案者は、このタイミングで部品 P の交換を行う計画を立案することができる。予兆検知装置 30 は、同様にして、部品 P 交換後の監視対象パラメータ Q の値についても予測を行うことができる（グラフ q_2 ）。

[0046] <第二実施形態>

以下、本発明の第二実施形態による予兆検知システムについて図 8～図 11 を参照して説明する。

第二実施形態に係る予兆検知装置 30A について説明を行う。予兆検知装置 30A は、第一実施形態と異なる方法で異常予兆の検知を行う。第一実施形態では、推定モデル M がプラントの経年変化を考慮した監視対象パラメータの推定を行った。この第二実施形態では、状態評価部 33A が、プラントの経年変化を考慮した評価方法によって、監視対象パラメータの評価を行う。

[0047] 図 8 は、本発明に係る第二実施形態における予兆検知装置の機能ブロック図である。

本発明の第二実施形態に係る構成のうち、第一実施形態に係る予兆検知装置 30 を構成する機能部と同じ構成には同じ符号を付し、それぞれの説明を省略する。図示するように予兆検知装置 30A は、データ取得部 31 と、推

定部 32 と、状態評価部 33A と、制御部 34 と、推定モデル構築部 35 と、入出力部 36 と、記憶部 37 と、判定モデル構築部 38 と、異常実績データ取得部 39 と、を備える。

状態評価部 33A は、監視対象パラメータの推定値及び計測値に加え、運転履歴データを取得し、運転履歴データが示す運転実績に応じた評価基準に基づいて機器の状態を評価する。

判定モデル構築部 38 は、異常発生時のデータを含む監視対象パラメータの推定値及び計測値と、その時点での運転履歴データと、を学習して、運転履歴データが示す運転実績に応じた評価基準を算出するための判定モデルを構築する。

異常実績データ取得部 39 は、過去に生じた異常について、その異常の内容（種類、規模）、異常の発生箇所、異常への対処方法、異常発生時の監視対象パラメータの推定値及び計測値、その時点での運転履歴データ、などの情報を取得する。

[0048] 図 9 は、本発明に係る第二実施形態における予兆検知処理を説明する図である。

推定モデル M' や減算器 S については、図 3、図 6 で説明したものと同様である。つまり、推定モデル M' は、過去の正常時の運転データに基づく、経年変化に応じた監視対象パラメータの値を推定する推定モデルである。減算器 S は、各監視対象パラメータの推定値と計測値の偏差を算出し、異常判定部 D へ出力する。

[0049] 本実施形態の状態評価部 33A が備える異常判定部 D は、判定モデル N を有している。判定モデル N は、運転履歴データが示す運転を経た時点における評価基準を算出する。例えば、ある監視対象パラメータについて、運転年数が短い時点では、推定値と計測値の偏差が「10」だと異常予兆と判定するのが適切であるとする。一方、運転年数が長くなると、例えば推定値と計測値の偏差が「10」となると、運転年数が短いときと違ってその後急速に偏差が大きくなり、運転年数が短いときと比較してかなり早い時期に異常が

発生するとする。このような場合、推定モデル M' を用いて監視対象パラメータの経年変化を考慮した推定値を算出することとは関係なく、閾値についても累積運転時間（運転履歴データ）に応じて変更することが適切であると考えられる。このような場合、判定モデル N は、累積運転時間に応じた閾値の値（例えば「5」）に基づいて、異常予兆ありと判定する。

[0050] 判定モデル N の別の例として、運転履歴データの代わりに、所定期間分の運転データを入力して異常予兆の判定を行うモデルが考えられる。例えば、監視対象パラメータ a_1 , a_2 , a_3 を対象として、これら3つの監視対象パラメータの偏差のパターン（偏差の履歴）によって発生する異常が異なるとする。判定モデル N は、1つ又は複数の監視対象パラメータ（例えば、監視対象パラメータ a_1 , a_2 , a_3 の各々）についての推定モデル M' による推定値と計測値との偏差の履歴と、それぞれの偏差の履歴に対して実際に生じた異常との対応関係を記憶している。このような場合、パラメータ a_1 , a_2 , a_3 について、推定モデル M' による推定値と実際の計測値との偏差の情報を所定期間分記憶部37に記録しておくようにする。判定モデル N には、記憶部37に記録した現在を基準とする過去の所定期間分の1つまたは複数の監視対象パラメータ（例えば、監視対象パラメータ a_1 , a_2 , a_3 ）それぞれについて減算器 S が算出した偏差の時系列の情報（偏差の履歴）を入力する。判定モデル N は、入力された所定期間における偏差の履歴に応じて、上記の対応関係に基づいて異常予兆を判定する。これにより、監視対象パラメータの時間経過における変化を考慮した異常予兆の検知ができる。

[0051] 上記の例では、運転履歴データを判定モデル N の入力パラメータに含めることとしたが、さらにアラーム情報及びイベント情報のうち少なくとも1つを入力パラメータに含めて異常予兆を判定するようにしてもよい。

[0052] 次に、本実施形態の判定モデルの構築処理の例について説明を行う。

図10は、本発明に係る第二実施形態における判定モデルの構築処理の一例を示すフローチャートである。

前提として、ある異常について、どの監視対象パラメータに基づいて異常予兆の判定を行うか、異常が発生する前のどの時点を実異常検知時点とするかが、予め定められているとする。

まず、データ取得部 31 が、異常発生時と異常の発生までの所定期間における推定モデル M（または M'）による推定値と計測値との偏差データと対応する運転履歴データを取得する（ステップ S31）。次に、データ取得部 31 は、取得した対応関係にある異常時の偏差データと運転履歴データとを記憶部 37 に対応付けて記録する（ステップ S32）。異常実績データ取得部 39 が、ステップ S31 で取得した異常時の偏差データに対応する異常情報（異常の種類、規模、発生箇所、対処方法など）を取得し、記憶部 37 へ記録する（ステップ S33）。次に、判定モデル構築部 38 は、判定モデル N を構築する（ステップ S34）。例えば、判定モデル構築部 38 は、実際に発生したある異常についての偏差の履歴と累積運転時間との関係から、累積運転時間と異常発生時の偏差の大きさの関係を算出する。判定モデル構築部 38 は、異常発生から、異常予兆検知時点とすることが定められた所定期間前の時点での偏差を算出し、この偏差の値を異常予兆検知の閾値とする。判定モデル構築部 38 は、閾値を設定した時点における累積運転時間を算出する。判定モデル構築部 38 は、算出した累積運転時間と閾値と異常情報とを組にして記憶部 37 に記録する。これにより、異常の種類ごとにプラントの累積運転時間に応じた閾値を設定することができる。

[0053] 図 11 は、本発明に係る第二実施形態における予兆検知処理の他の例について説明する図である。

図 11 に示す例では、推定モデル M' に運転履歴データを入力しない。これに対し、判定モデル N については、運転履歴データ、アラーム情報の入力を行っている。図 11 に示すように、経年変化を考慮しない推定モデルを用いた一般的な異常予兆検知において、異常予兆の判定処理に対してのみ運転履歴データを入力して、経年変化に応じた評価基準に基づいて、異常予兆の判定を行う。これにより、プラントの経年変化を考慮した異常予兆が可能

になる。

判定モデルNの構築や異常予兆判定に用いる運転履歴データの種類は、累積運転時間に限られず、第一実施形態の推定モデルM（図3など）で例示した種類の運転履歴データを用いることができる。

[0054] 図2に例示した予兆検知装置30Aでは、予兆検知装置30Aが判定モデル構築部38、異常実績データ取得部39を備える場合を例示したが、これらの機能部を備えない構成とすることが可能である。この場合、例えば、他のコンピュータで判定モデルNを構築し、その判定モデルNを記憶部37に記録するようにする。

[0055] 本実施形態によれば、プラントの経年変化、稼働負荷、運転条件などに応じた評価基準に基づいて、異常予兆を行うことができる。合わせて変更することができる。

[0056] 上記の第一実施形態、第二実施形態において、第1推定値と監視対象パラメータの計測値との偏差に基づいて予兆検知をするとして説明を行ったが、監視対象パラメータの計測値に代えて第2推定値を用い、第1推定値と監視対象パラメータの第2推定値との偏差に基づいて予兆検知を行ってもよい。

[0057] 上記の予兆検知装置30、30Aは予兆検知システムの一例である。予兆検知装置30、30Aにおける各処理の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムを予兆検知装置30、30Aのコンピュータが読み出して実行することによって、上記処理が行われる。ここでコンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしてもよい。

[0058] 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い。

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、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

予兆検知装置 30, 30A は、1 台のコンピュータで構成されていても良いし、通信可能に接続された複数のコンピュータで構成されていてもよい。

[0059] その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能である。この発明の技術範囲は上記の実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

産業上の利用可能性

[0060] 上記した予兆検知システム及び予兆検知方法によれば、本発明によれば、プラント等の経年変化を考慮した予兆検知が可能となる。

符号の説明

[0061] 10 ガスタービン
15 発電機
20 装置
11 圧縮機
12 燃焼器
13 タービン
14 ロータ
16A, 16B, 16C 燃料流量調整弁
17 IGV
30, 30A 予兆検知装置、
31 データ取得部
32 推定部
33 状態評価部
34 制御部
35 推定モデル構築部
36 入出力部

- 37 記憶部
- 38 判定モデル構築部、
- 39 異常実績データ取得部、
- A、B、C 燃料系統、
- D 異常判定部、
- M、M' 推定モデル、
- P 部品、
- Q 監視対象パラメータ

請求の範囲

- [請求項1] 機器の運転データと、前記機器の運転履歴を示す運転履歴データと、
 、を取得するデータ取得部と、
 前記運転データと、前記運転履歴データと、前記機器の監視対象となるパラメータについて前記運転履歴データに対応する時点での当該パラメータの値を推定する推定モデルと、に基づいて、前記パラメータの第1推定値を算出する推定部と、
 前記パラメータの第1推定値と前記データ取得部が取得した前記運転データに含まれる前記パラメータの計測値または第2推定値との偏差に基づいて、前記機器の状態を評価する状態評価部と、
 を備える予兆検知システム。
- [請求項2] 前記運転履歴データには、前記機器の起動回数及び停止回数のうち少なくとも1つが含まれる、
 請求項1に記載の予兆検知システム。
- [請求項3] 前記運転履歴データには、前記機器の運転時間、前記機器の運転パターン別の運転時間、前記機器の導入からの経過時間、のうち少なくとも1つが含まれる、
 請求項1または請求項2に記載の予兆検知システム。
- [請求項4] 前記運転履歴データには、前記機器に対する保守点検作業を行った回数、前記機器に対して保守点検作業を行ってからの経過時間、のうち少なくとも1つが含まれる、
 請求項1から請求項3の何れか1項に記載の予兆検知システム。
- [請求項5] 前記運転履歴データには、前記機器の出力の累積値が含まれる、
 請求項1から請求項4の何れか1項に記載の予兆検知システム。
- [請求項6] 前記運転データには、前記機器を監視する装置が生成したアラーム情報及びイベント情報のうち少なくとも1つが含まれる、
 請求項1から請求項5の何れか1項に記載の予兆検知システム。
- [請求項7] 前記推定モデルは、前記機器の運転データ及び運転履歴データに加

え、前記機器と同じ種類の他の機器の運転データ及び運転履歴データに基づいて構築されている、

請求項 1 から請求項 6 の何れか 1 項に記載の予兆検知システム。

[請求項8] 前記運転履歴データと、その運転履歴データに対応する時点での前記機器の運転データと、に基づいて前記推定モデルを構築する推定モデル構築部、

をさらに備える請求項 1 から請求項 7 の何れか 1 項に記載の予兆検知システム。

[請求項9] 前記状態評価部は、さらに前記運転履歴データを取得し、前記運転履歴データが示す運転実績に応じた前記監視対象となるパラメータの評価基準に基づいて前記機器の状態を評価する、

請求項 1 から請求項 8 の何れか 1 項に記載の予兆検知システム。

[請求項10] 前記状態評価部は、前記偏差と、前記偏差の履歴と実際に生じた異常との対応関係と、に基づいて、将来発生する異常を予測する、

請求項 1 から請求項 9 の何れか 1 項に記載の予兆検知システム。

[請求項11] 機器の運転データと、前記機器の運転履歴を示す運転履歴データと、を取得するデータ取得部と、

前記運転データと、前記機器の監視対象となるパラメータの値を推定する推定モデルと、に基づいて、前記パラメータの第 1 推定値を算出する推定部と、

前記推定部による前記パラメータの第 1 推定値と前記データ取得部が取得した前記運転データに含まれる前記パラメータの計測値または第 2 推定値との偏差と、前記運転履歴データが示す運転実績に応じた前記監視対象となるパラメータの評価基準と、に基づいて、前記機器の状態を評価する状態評価部と、

を備える予兆検知システム。

[請求項12] 予兆検知システムが、

機器の運転データと、前記機器の運転履歴を示す運転履歴データと

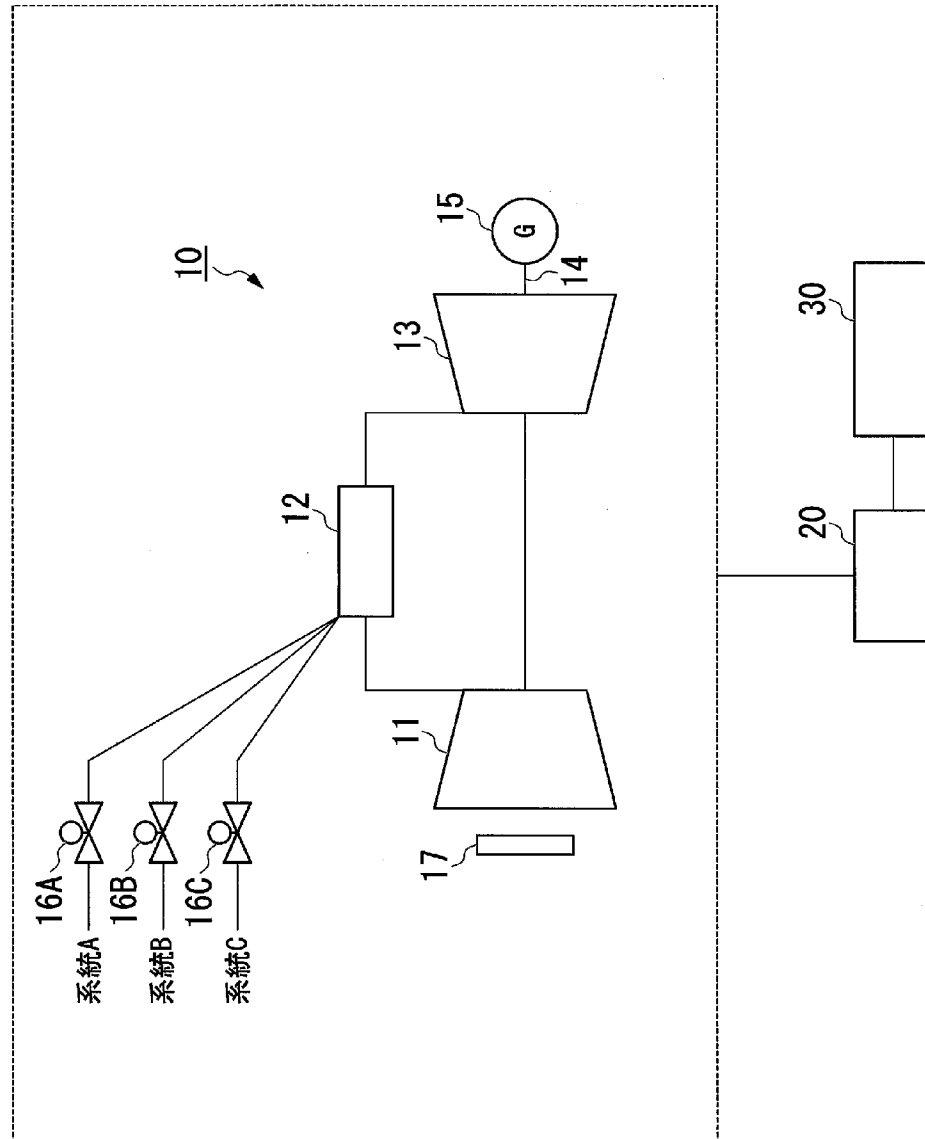
、を取得するステップと、

前記運転データと、前記運転履歴データと、前記機器の監視対象となるパラメータについて前記運転履歴データに対応する時点での当該パラメータの値を推定する推定モデルと、に基づいて、前記パラメータの第1推定値を算出するステップと、

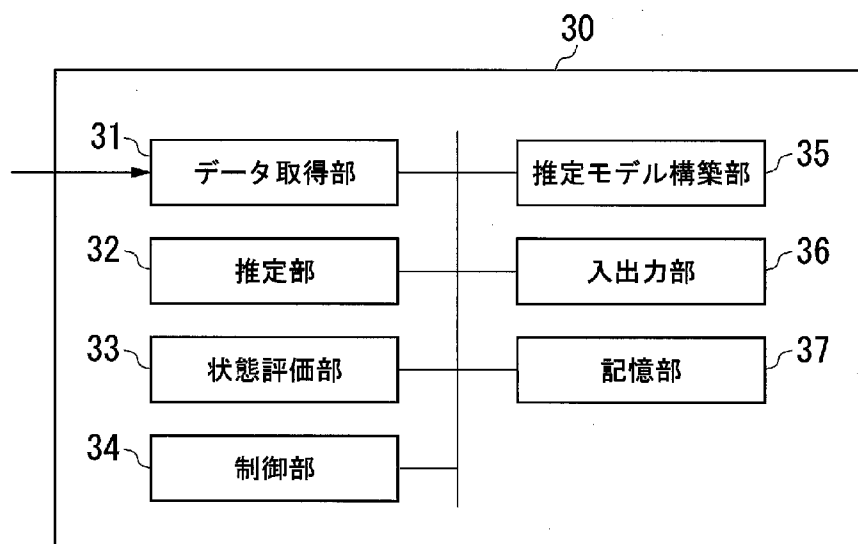
前記第1推定値と前記運転データに含まれる前記パラメータの計測値または第2推定値との偏差に基づいて、前記機器の状態を評価するステップと、

を備える予兆検知方法。

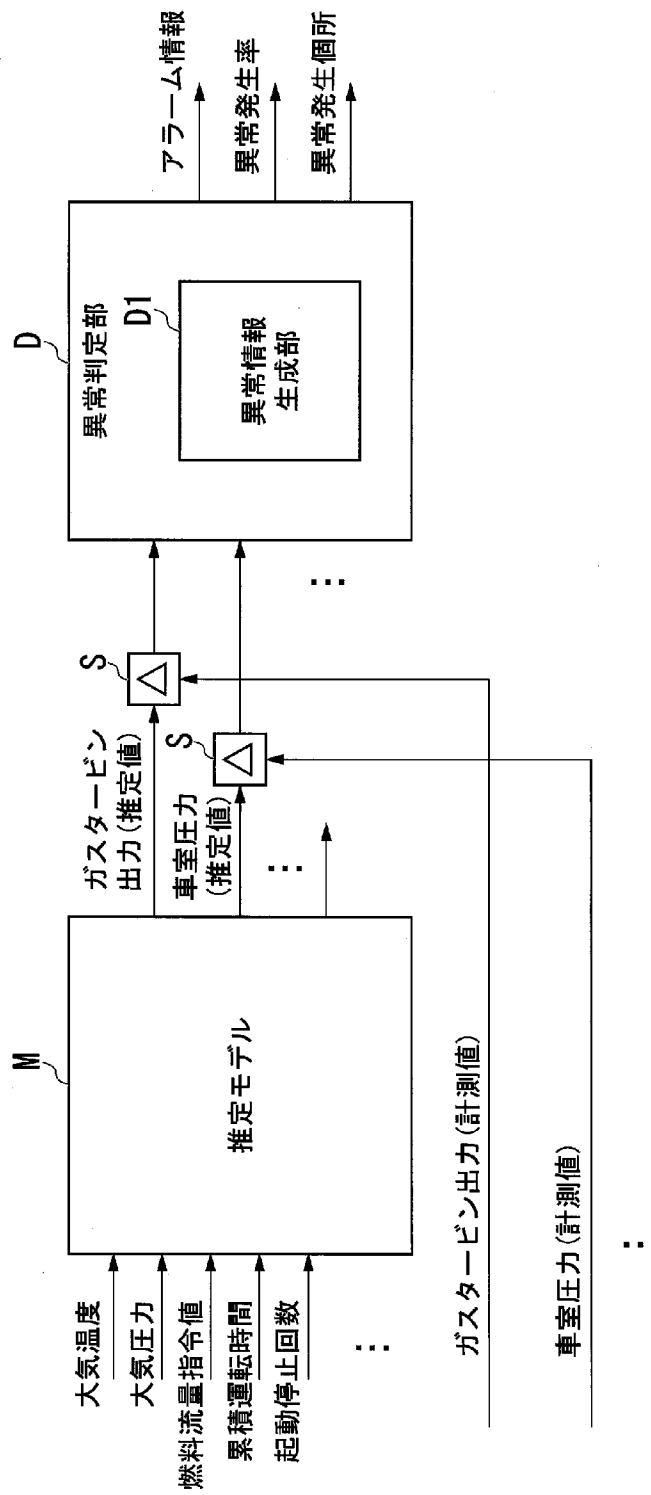
[図1]



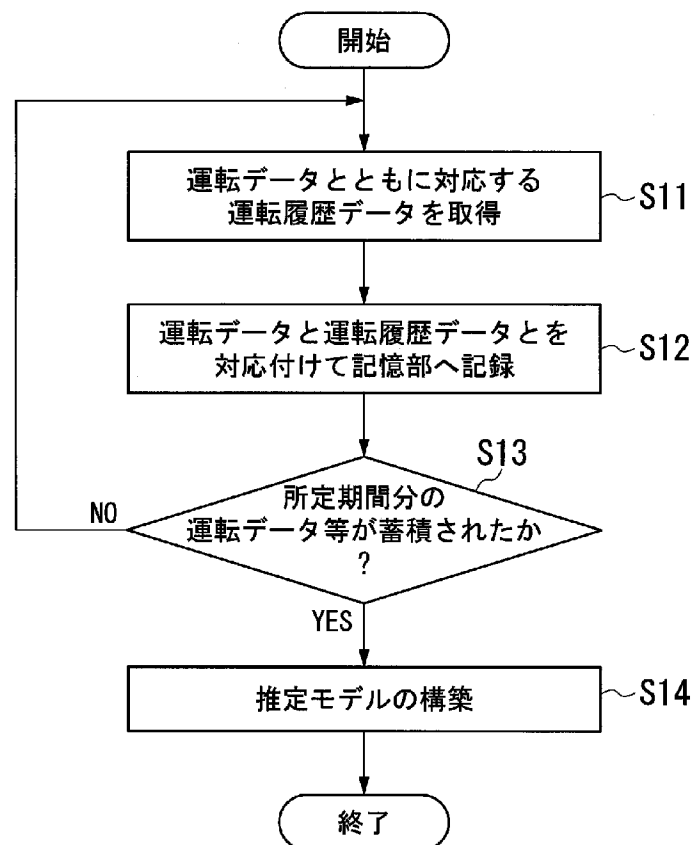
[図2]



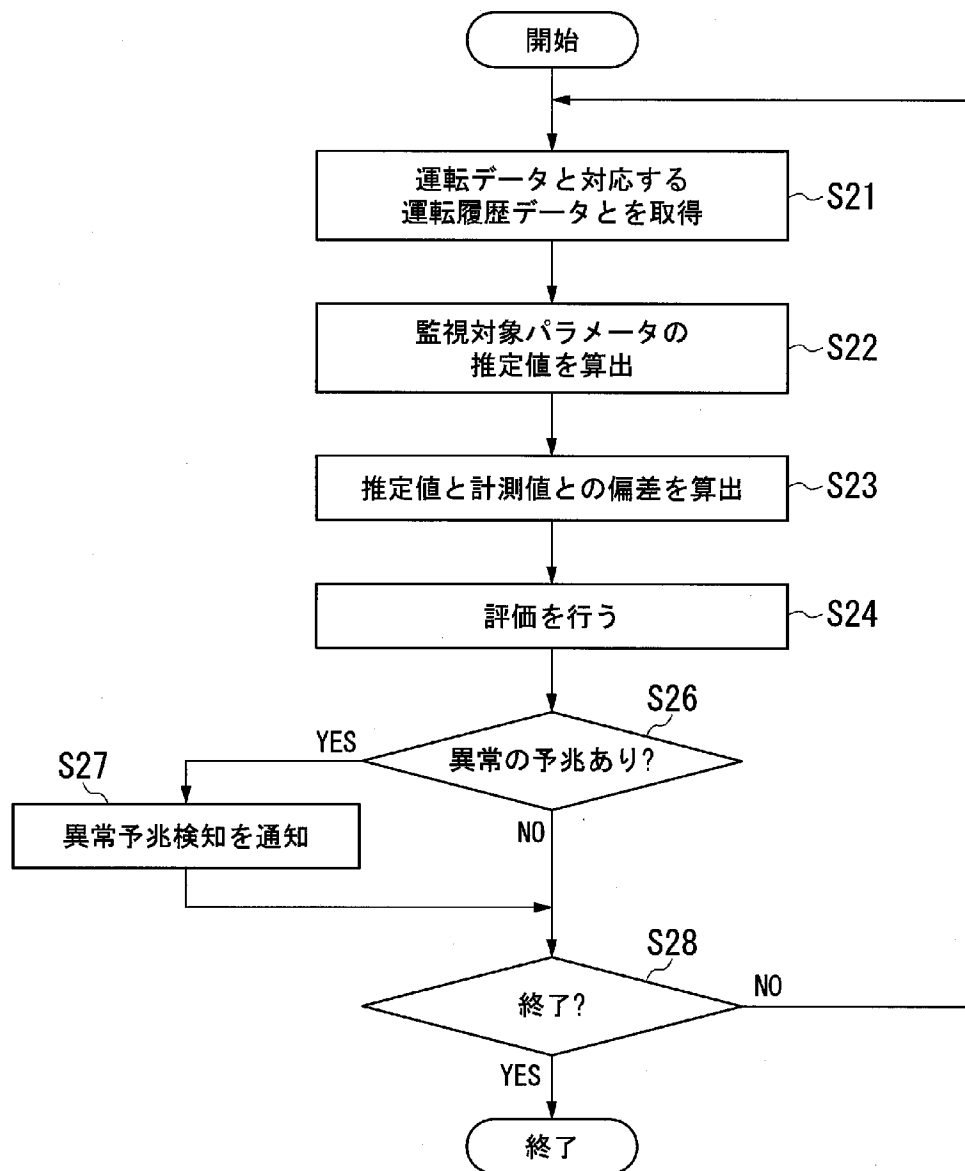
[図3]



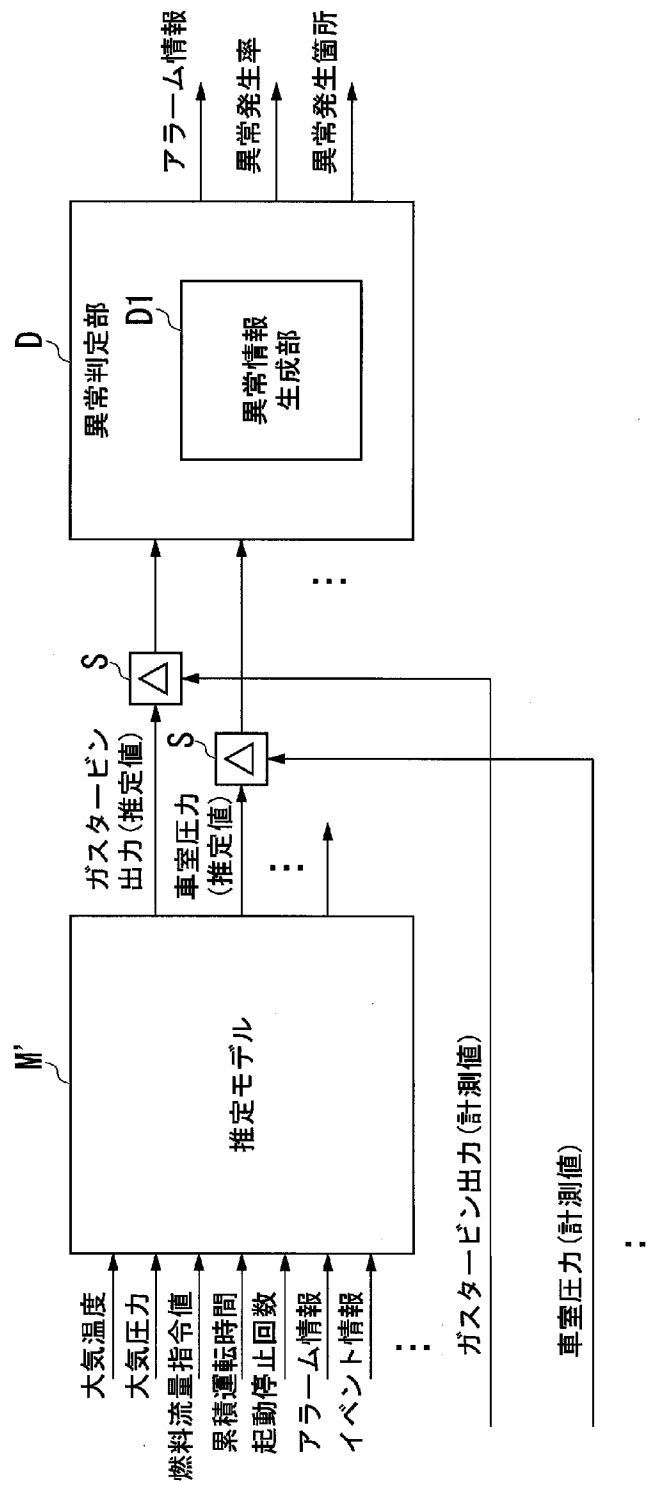
[図4]



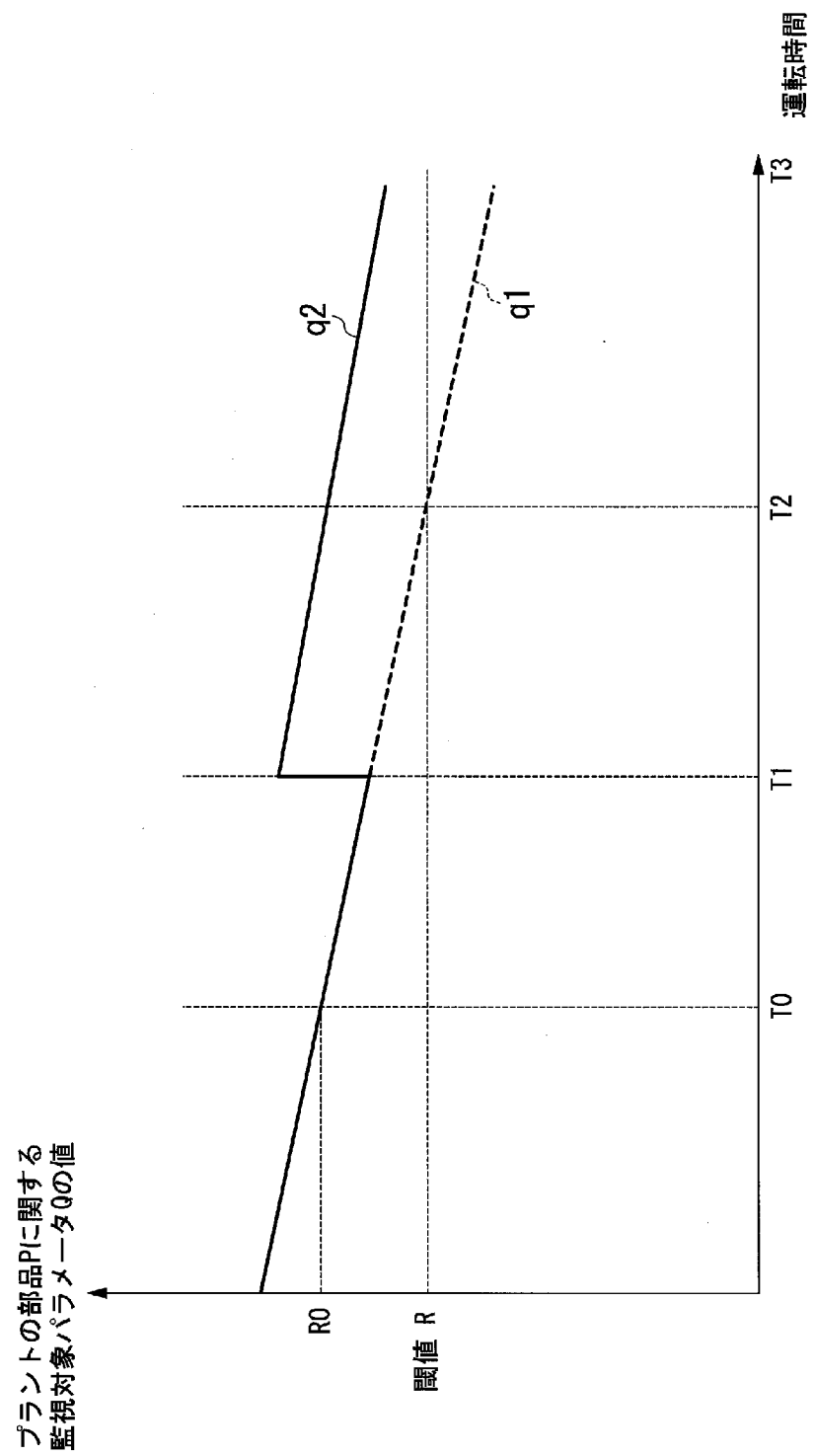
[図5]



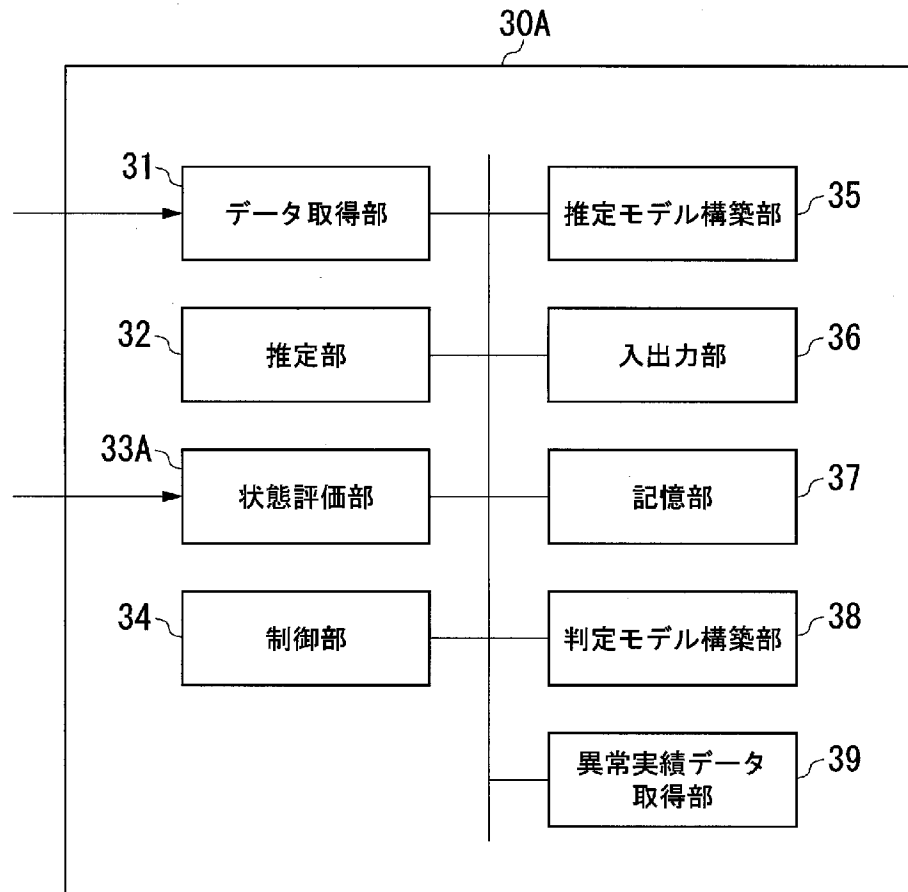
[図6]



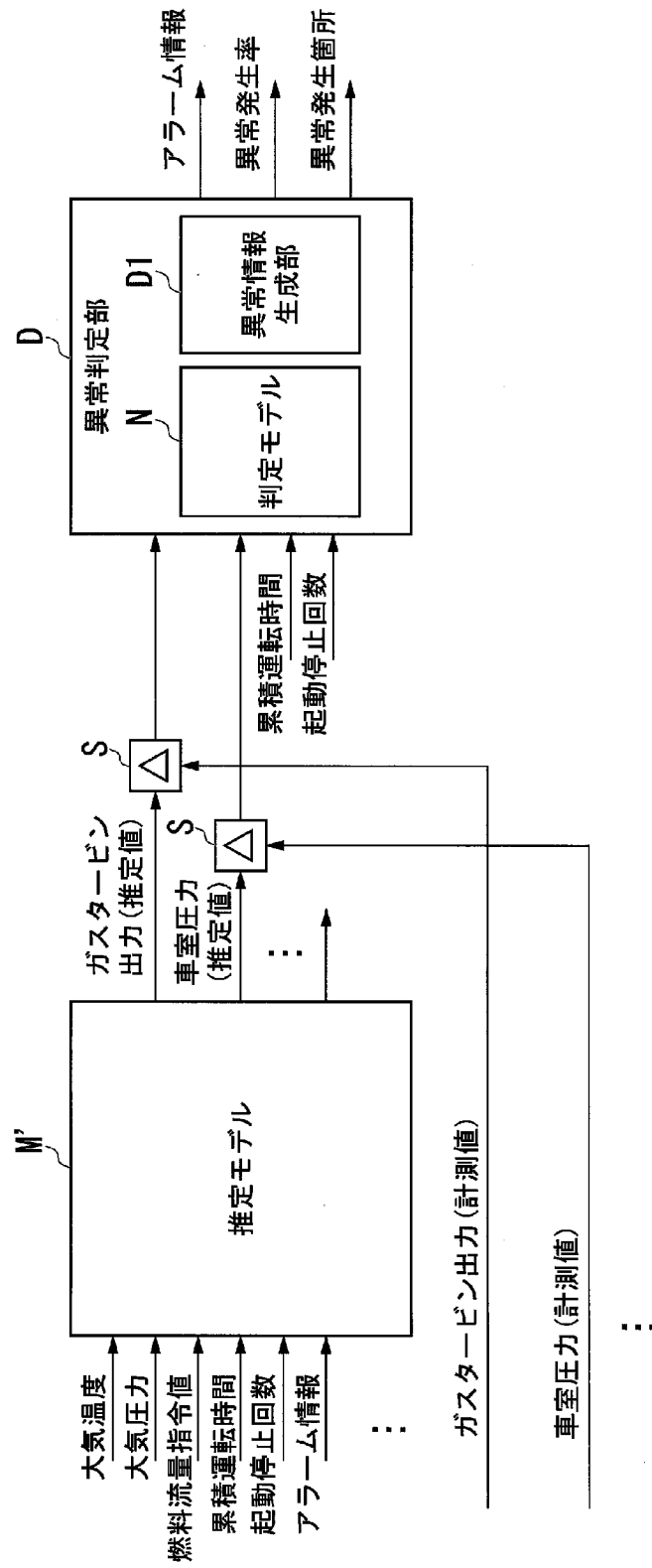
[図7]



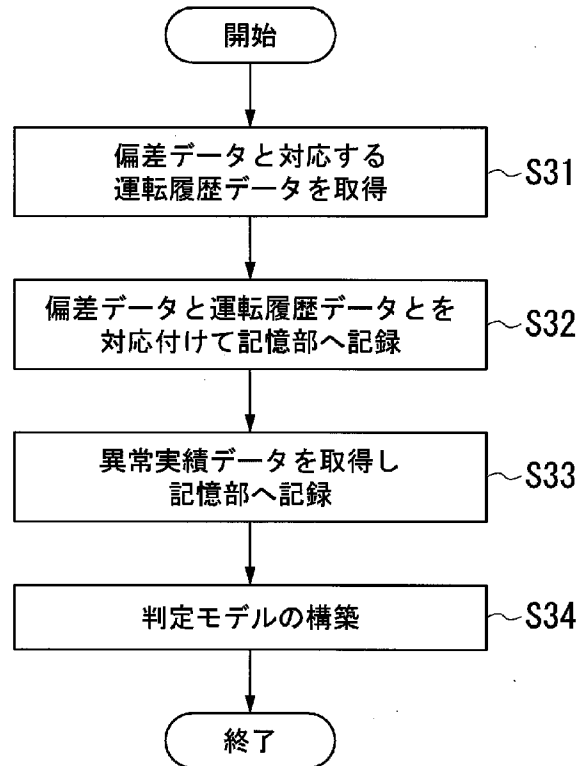
[図8]



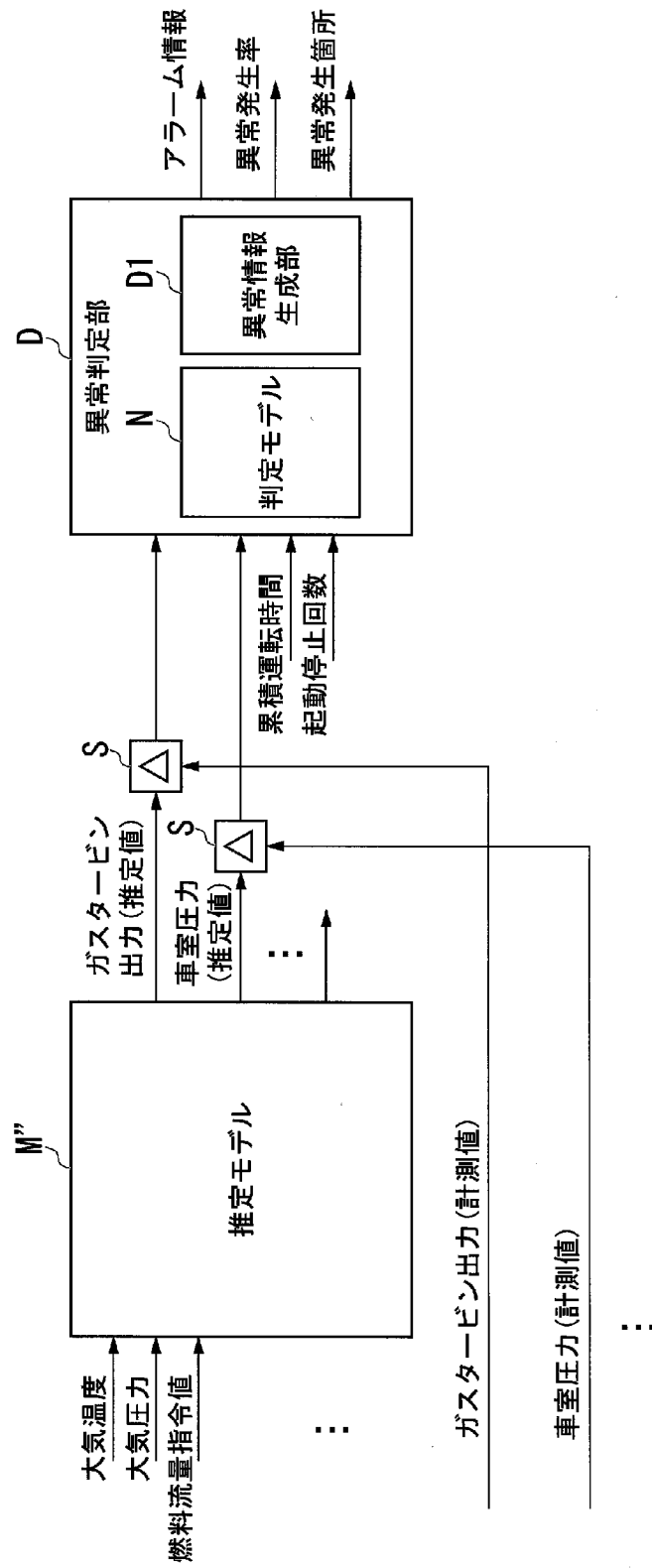
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/011769

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G05B23/02 (2006.01) 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. G05B23/02

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.
Y	US 2013/0318018 A1 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 28 November 2013, paragraphs [0014]-[0043], fig. 1-4 (Family: none)	1-12
Y	JP 2010-527089 A (VOLVO TECHNOLOGY CORPORATION) 05 August 2010, paragraphs [0007]-[0008], [0021], [0031] & US 2010/0174444 A1, paragraphs [0007]-[0008], [0020], [0031] & WO 2008/140363 A1 & WO 2008/140381 A1	1-12
Y	JP 6-167591 A (HITACHI, LTD.) 14 June 1994, paragraphs [0008], [0032], fig. 5 (Family: none)	1-12
A	JP 2016-126728 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 11 July 2016, abstract (Family: none)	1-12
A	WO 2016/147696 A1 (HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEM CO., LTD.) 22 September 2016, paragraphs [0006]-[0009] & EP 3270251 A1, paragraphs [0006]-[0009] & CN 107407933 A	1-12



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

"I" 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

11 June 2018 (11.06.2018)

Date of mailing of the international search report

19 June 2018 (19.06.2018)

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/JP2018/011769

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 7-281714 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 27 October 1995, abstract (Family: none)	1-12
A	JP 2006-318414 A (FUJITSU LTD.) 24 November 2006, paragraph [0027] (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G05B23/02 (2006.01) 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. G05B23/02

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
Y	US 2013/0318018 A1 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 2013.11.28, 段落[0014]-[0043], 図 1-4 (ファミリーなし)	1-12
Y	JP 2010-527089 A (ボルボ テクノロジー コーポレイション) 2010.08.05, 段落[0007]-[0008], [0021], [0031] & US 2010/0174444 A1, 段落[0007]-[0008], [0020], [0031] & WO 2008/140363 A1 & WO 2008/140381 A1	1-12

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

11.06.2018

国際調査報告の発送日

19.06.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

山村 秀政

3 U

3744

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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
Y	JP 6-167591 A (株式会社日立製作所) 1994. 06. 14, 段落 [0008], [0032], 図 5 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2016-126728 A (三菱重工業株式会社) 2016. 07. 11, [要約] (フ ァミリーなし)	1-12
A	WO 2016/147696 A1 (株式会社日立産機システム) 2016. 09. 22, 段落 [0006]-[0009] & EP 3270251 A1, 段落[0006]-[0009] & CN 107407933 A	1-12
A	JP 7-281714 A (川崎重工業株式会社) 1995. 10. 27, [要約] (ファミ リーなし)	1-12
A	JP 2006-318414 A (富士通株式会社) 2006. 11. 24, 段落[0027] (フ ァミリーなし)	1-12