

(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  
2016年10月6日(06.10.2016)



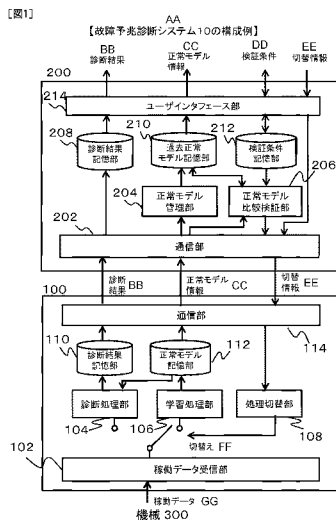
(10) 国際公開番号  
WO 2016/157278 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01M 99/00 (2011.01) G05B 23/02 (2006.01)  
G01D 21/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/059544
- (22) 国際出願日: 2015年3月27日(27.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 藤原 淳輔 (FUJIWARA Junsuke); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 鈴木 英明 (SUZUKI Hideaki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 蛭田 智昭 (HIRUTA Tomoaki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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,

[続葉有]

(54) Title: ACCIDENT PREDICTIVE DIAGNOSIS SYSTEM, AND METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: 故障予兆診断システム、及びその方法



(57) Abstract: The present invention addresses the problem of improving the detection performance of accident predictive diagnosis, and reduce the risk of non-detection. The present invention is characterized by being provided with a normal model comparative verification unit for comparing the magnitude of the normal range for a normal model which indicates a normal state, the model being newly generated by a learning process unit on the basis of operating data received from a machine, and for a previously generated normal model, and implementing the newly generated normal model in a diagnostic process only when the magnitude of the normal range is equal to or less than a prescribed value.

(57) 要約: 本発明は故障予兆診断の検知性能を向上し失報リスクを低減することを課題とする。本発明では、機械から受信する稼働データをもとに学習処理部が新しく生成した正常状態を示す正常モデルと、過去に生成した正常モデルとの間で正常範囲の大きさを比較する正常モデル比較検証部を備え、正常範囲の大きさが所定値以下のときのみ新しく生成した正常モデルを診断処理に適用するようにすることを特徴とする

- 102... OPERATING DATA RECEPTION UNIT
- 104... DIAGNOSTIC PROCESS UNIT
- 106... LEARNING PROCESS UNIT
- 108... PROCESS SWITCHOVER UNIT
- 110... DIAGNOSIS RESULT STORAGE UNIT
- 112... NORMAL MODEL STORAGE UNIT
- 202, 114... COMMUNICATION UNIT
- 204... NORMAL MODEL MANAGEMENT UNIT
- 206... NORMAL MODEL COMPARATIVE VERIFICATION UNIT
- 212... VERIFICATION PARAMETER STORAGE UNIT
- 214... USER INTERFACE
- 300... MACHINE
- AA... CONFIGURATION EXAMPLE OF ACCIDENT PREDICTIVE DIAGNOSIS SYSTEM 10
- BB... DIAGNOSIS RESULT
- CC... NORMAL MODEL INFORMATION
- DD... VERIFICATION PARAMETER
- EE... SWITCHOVER INFORMATION
- FF... SWITCHOVER
- GG... OPERATING DATA

WO 2016/157278 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 國際調查報告 (條約第 21 條(3))  
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## 明 細 書

発明の名称：故障予兆診断システム、及びその方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、産業機械の故障を未然に防ぐ予防保全の技術に関する。

### 背景技術

[0002] 製造、発電、物流、資源掘削などの生産にかかわる産業機械は、一般に生産性保持のために計画通りの稼動が求められており、機械に予期せぬ突発故障が発生すると生産効率の低下を招くとともに大きな損失を生むことになる。このような状況を未然に回避するために機械の故障予兆をいち早く検知し、故障に至る前に部品交換やメンテナンスを実施する予防保全の考え方が広く認知されている。

[0003] この予防保全を支える一つの技術として状態監視保守がある。状態監視保守は、機械に取り付けた各種センサで計測した温度や圧力などの計測値(以降、稼動データと呼ぶ)に基づいて機械の稼動状態を監視し、正常状態からの逸脱を検知することで故障予兆を捕らえる技術である。

[0004] この状態監視保守にかかわる処理として大きく学習処理と診断処理がある。学習処理は、機械の正常状態を把握するための処理である。一般に機械はその使われ方や稼動地域、稼動年数などに応じて特性に個体差が生じてくる傾向があり、その個体差を吸収するために機械ごとに収集した稼動データに基づいて正常状態を示す正常モデルを生成する。そして、診断処理では、機械から収集した稼動データに対して正常モデルからの逸脱を診断することで故障予兆の発生を検知する。

[0005] ところで、ここであげた診断処理と学習処理は、診断対象とする機械によって実装箇所が大きく異なってくる。例えば、ネットワーク環境の十分に整備された環境下で動作する機械の場合には、機械が発生する大量の稼動データを容易にサーバ側に転送することが可能であるため、サーバ側に回収した後に学習処理や診断処理を実行する形態がとられる。一方で、鉱山や洋上な

ど、無線通信圏外でネットワーク環境が整備されていない、もしくは回線が細くて大量なデータが送信できないようなケースでは、機械側に取り付けた端末上で学習処理や診断処理を実行する形態が取られる。後者については、学習処理を実行して正常モデルを生成した後に自動的に診断処理に移行するように動作する診断端末が考案されている。（〔特許文献1〕参照）

この〔特許文献1〕に記載の診断端末を用いることで、メンテナンスや部品交換などによって機械の正常状態が変化した際にも正常モデルを効率よく再生成して更新することが可能となる。しかしながら、この発明の場合、学習処理が正常モデルを生成した後に即座に診断処理に移行するようにしているため、正常モデルの品質に問題があった場合に診断性能の低下を招く恐れがあった。そこで、学習処理にて生成した正常モデルについて機械状態変化後の稼働データを用いて検証を行う処理を備えた端末が考案されている。（〔特許文献2〕参照）

## 先行技術文献

## 特許文献

[0006] 特許文献1：特開平6－174503号公報

特許文献2：特開2013－186899号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0007] 〔特許文献2〕に記載の端末は、学習処理が生成した正常モデルに対して機械から受信した稼働データを用いて検証を行っている。ここで行う検証とは、機械から受信した稼働データ(当然ながら正常データ)と学習処理で生成した正常モデルを用いて診断処理を実行し、誤った診断結果を出力しないことを検証するものである。すなわち、誤報の観点での検証ということになる。

[0008] しかしながら、誤報の観点での検証のみでは、例えば、学習処理が正常モデルを生成する過程において、突発的に発生したノイズが混入し必要以上に

正常範囲の広い正常モデルを生成してしまった場合に、NGの判定を下すことができない。すなわち、必要以上に正常範囲の広い正常モデルを採用してしまうと、異常発生時のデータが正常範囲内に含まれてしまう懸念があり、結果として失報に至ってしまう。

[0009] これに対して、本発明は故障予兆診断の検知性能を向上し失報リスクを低減することを課題とするものである。

### 課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を達成するために、本発明は機械の稼動データをもとに正常状態を学習し正常モデルを生成する学習手段と、前記正常モデルに基づいて稼動データの正常状態からの逸脱を診断する診断手段とを備えた故障予兆診断システムにおいて、前記学習手段が最新正常モデルを生成した際に古くなった正常モデルを過去正常モデルとして記憶する正常モデル管理手段と、最新正常モデルと過去正常モデルの正常範囲を比較し、正常範囲の比較結果を出力する正常モデル比較検証手段とを備えていることを特徴とするものである。

[0011] 更に本発明は故障予兆診断システムにおいて、前記故障予兆診断システムの正常モデル比較検証手段は、診断項目毎に、もしくは動作モード毎の正常モデルにおける正常範囲の比を出力することを特徴とするものである。

[0012] 更に本発明は故障予兆診断システムにおいて、前記故障予兆診断システムの正常モデル比較検証手段は、正常範囲として正常時の稼動データから計算した標準偏差を用いることを特徴とするものである。

[0013] 更に本発明は故障予兆診断システムにおいて、前記故障予兆診断システムは、前記正常モデル比較検証手段が正常モデルの検証を行う際に品質的に問題ないことを判断するための判定基準を記憶した検証条件記憶部を備え、前記正常モデル比較検証手段は正常範囲の比を前記判定基準と比較することにより検証結果を出力することを特徴とするものである。

[0014] 更に本発明は故障予兆診断システムにおいて、前記正常モデル比較検証手段が出力した検証結果に応じて機械の稼動データを入力する方向を学習手段と診断手段で切り替える切替手段を備えたことを特徴とするものである。

- [0015] また、上記課題を達成するために、本発明は機械の稼働データをもとに正常状態を学習し正常モデルを生成すること、前記正常モデルに基づいて稼働データの正常状態からの逸脱を診断する故障予兆診断方法において、最新の前記正常モデルを生成した際に古くなった正常モデルを過去正常モデルとして記憶すること、最新正常モデルと過去正常モデルの正常範囲を比較し、正常範囲の比較結果を出力することを特徴とするものである。
- [0016] 更に本発明は故障予兆診断方法において、前記正常モデルの比較する際に、診断項目毎に、もしくは動作モード毎の正常モデルにおける正常範囲の比を出力することを特徴とするものである。
- [0017] 更に本発明は故障予兆診断方法において、前記正常モデルを比較する際に、正常範囲として正常時の稼働データから計算した標準偏差を用いることを特徴とするものである。
- [0018] 更に本発明は故障予兆診断方法において、前記正常モデルの検証を行う際に品質的に問題ないことを判断するための判定基準を記憶し、前記正常モデルを比較する際に、正常範囲の比を前記判定基準と比較することにより検証結果を出力することを特徴とするものである。
- [0019] 更に本発明は故障予兆診断方法において、前記検証結果に応じて機械の稼働データを入力する方向を学習方法と診断方法で切り替えることを特徴とするものである。

### 発明の効果

- [0020] 本発明によれば、故障予兆診断の検知性能を向上し失報リスクを低減した故障予兆診断システム、及び故障予兆診断方法を提供することを実現する。

### 図面の簡単な説明

- [0021] [図1]図1は、故障予兆診断システム全体を示す構成例である。
- [図2]図2は、稼働データの構成例である。
- [図3]図3は、学習処理部が行う処理フローを示す一例である。
- [図4]図4は、正常モデル記憶部に記憶する正常モデルの構成例である。
- [図5]図5は、診断処理部が行う処理フローを示す一例である

[図6]図6は、診断結果記憶部に記憶する診断結果の構成例である。

[図7]図7は、過去正常モデル記憶部に記憶する過去正常モデルの構成例である。

[図8]図8は、検証処理部が行う処理フローを示す一例である。

[図9]図9は、検証条件記憶部に記憶する検証条件の構成例である。

### 発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の実施例について、図面を用いて説明する。

[0023] 図1は、本発明の実施形態例における故障予兆診断システム10の構成を示す図である。

[0024] 故障予兆診断システム10は、故障予兆診断装置100と検証サーバ200で構成されている。故障予兆診断装置100は、詳細を図示しない診断対象とする機械300に搭載され、機械300から稼動データを受信する。そして、故障予兆診断装置100は、診断機能と学習機能を有し、学習機能により正常モデルを生成し、その正常モデルを利用して稼動データに対する診断を実行する。一方で、検証サーバ200は、故障予兆診断装置100に実装した学習機能によって生成した正常モデルに対する検証機能を有している。この故障予兆診断装置100と検証サーバ200が通信部114、202を介して、情報授受を行うことで正常モデルの品質確保を実現するシステムとなっている。

[0025] 故障予兆診断装置100は、稼動データ受信部102と、診断処理部104と、学習処理部106と、処理切替部108と、診断結果記憶部110と、正常モデル記憶部112と、通信部114とで構成される。

[0026] 稼動データ受信部102は、機械300から逐次送信される稼動データを受信する。そして、稼動データ受信部102は、接続スイッチがONとなっている診断処理部104もしくは学習処理部106のいずれか一方の処理に向けて稼動データを送信する。

[0027] 学習処理部106は、稼動データ受信部102との接続スイッチがONとなっているケースにおいて、稼動データ受信部102から稼動データを受信

し、その稼働データに基づいて正常モデルを生成して正常モデル記憶部 1 1 2 へ出力する処理を行う。

[0028] 診断処理部 1 0 4 は、稼働データ受信部 1 0 2 との接続スイッチが ON となっているケースにおいて、稼働データ受信部 1 0 2 から受信した稼働データに対して、正常モデル記憶部 1 1 2 に記憶されている正常モデルに基づいて異常発生状況を診断する処理を行う。

[0029] 処理切替部 1 0 8 は、通信部 1 1 4 を介して検証サーバ 2 0 0 から送信される切替情報に基づいて接続スイッチの切替処理を実行する。すなわち、処理切替部 1 0 8 が、接続スイッチを診断処理部 1 0 4 側に ON にすると、診断処理が実行され、学習処理部 1 0 6 側に ON にすると、学習処理が実行されるように構成されている。この接続スイッチの切替情報は後述する検証サーバ 2 0 0 から送信され、学習処理部 1 0 6 が生成した正常モデルの検証結果に基づいて生成されるケースとユーザからの指示に応じて生成されるケースの 2 つのケースが存在する。

[0030] 診断結果記憶部 1 1 0 は、診断処理部 1 0 4 が稼働データに対して診断実行した結果を記録するストレージである。正常モデル記憶部 1 1 2 は、学習処理部 1 0 6 が生成した正常モデルを記憶するストレージである。

[0031] 通信部 1 1 4 は、検証サーバ 2 0 0 との間で無線通信もしくは有線通信を実現するための機能を有し、双方に情報の授受を行う。

[0032] 検証サーバ 2 0 0 は、通信部 2 0 2 と、正常モデル管理部 2 0 4 と、正常モデル比較検証部 2 0 6 と、診断結果記憶部 2 0 8 と、過去正常モデル記憶部 2 1 0 と、検証条件記憶部 2 1 2 と、ユーザインタフェース部 2 1 4 とで構成されている。

[0033] 通信部 2 0 2 は、故障予兆診断装置 1 0 0 の通信部 1 1 4 と無線もしくは有線にて通信を行うことで必要な情報の受け渡しを実行する。

[0034] 正常モデル管理部 2 0 4 は、故障予兆診断装置 1 0 0 から通信部 2 0 2 を介して正常モデル情報を受信した際に過去正常モデル記憶部 2 1 0 に記録する処理を行う。



- [0035] 正常モデル比較検証部 206 は、故障予兆診断装置 100 から受信した正常モデルと過去正常モデル記憶部 210 に記録されているバージョンのひとつ古い正常モデルとの間で正常範囲を比較する。そして、正常モデル比較検証部 206 は、検証条件記憶部 212 に記録されている検証条件に基づいて品質判定を行い、その結果を最新の正常モデルの検証結果として過去正常モデル記憶部 210 に出力する。また、正常モデル比較検証部 206 は、検証結果に基づいて診断処理と学習処理の接続スイッチの切替情報を故障予兆診断装置 100 に対して送信する処理を行う。
- [0036] ユーザインタフェース部 214 は、診断結果記憶部 208 と、過去正常モデル記憶部 210 と、検証条件記憶部 212 とに記憶されている情報を読み込み画面表示する機能を有するとともに、外部からの指示に応じて情報の書き換え処理を実行する。
- [0037] 図 2 に故障予兆診断装置 100 が、機械 300 から受信する稼働データの構成例を示している。例えば、稼働データは部位系統 ID とセンサ ID とセンサ値とをひとつのまとまりとして構成するメッセージ本体と、図示しない故障予兆診断装置 100 の内部クロックによって計測した当該メッセージの受信日時とで構成する。
- [0038] ここで、部位系統 ID とは、対象センサの取り付けられている部位系統を特定するための ID である。たとえば、エンジンやモータ、インバータなど機械を構成する主要なモジュールごとに ID を設定する。更にセンサ ID は、対象部位系統に取り付けられているセンサのなかから対象センサを一意に特定するためのユニークな ID である。たとえば、エンジンの冷却系統を例にとると、ラジエータの入口、出口に冷却水の温度、圧力を計測するためのセンサが取り付けられているとすると、ラジエータ入口温度 T1、ラジエータ入口圧力 P1、ラジエータ出口温度 T2、ラジエータ出口圧力 P2、などとユニークな ID が設定されている。また、センサ値は、部位系統 ID とセンサ ID から特定されるユニークなセンサによる計測値を示している。
- [0039] 図 3 に基づいて、学習処理部 106 が実行する処理内容について順に説明

していく。

[0040] 学習処理部106は、ステップ2000(以下、S2000と称す)において、稼働データ受信部102との接続スイッチがONになっていることを確認する。OFFになっている場合には、NOの判定となり繰り返し接続状況の確認処理を実行する。ONになっている場合にはYESの判定となり、次のステップに進む。

[0041] 学習処理部106は、S2100において、正常モデル記憶部112から正常モデル情報を読み込む。

[0042] 図4に正常モデル記憶部112に記憶されている正常モデルの構成例を示す。図4に示すように正常モデルには診断項目ごとの診断対象とする部位系統IDと、扱うセンサ項目と、動作モードごとのデータ量と、動作モード条件と、各センサ項目における正常平均値と正常標準偏差とが記録されている。ここで、部位系統IDは、診断対象とする部位系統IDを示しており、また、診断で扱うセンサ項目については、センサIDの形式で示されている。動作モードとは、機械の動作状態を示す識別情報である。例えば、エンジンの場合、アイドリング状態や稼働状態などの動作状態によって正常時のデータ特性が異なるため、別々の正常モデルを構成している。そして、動作モードごとにデータ量と動作モード条件、各センサの正常平均値と正常標準偏差を記憶している。データ量とは、各センサの正常平均値と正常標準偏差を計算するために必須となるデータ量を示している。また、動作モード条件は、当該動作モードを認識するための条件を示している。例えば、前記のエンジンのアイドリング状態と稼働状態を別の動作モードとして分ける場合、エンジン回転数に基づいて分類する方法が考えられる。そして、当該動作モード条件を満足する稼働データを蓄積し、必要なデータ量に達したことを確認した後、正常平均値と正常標準偏差を計算することで新しい正常モデルを再作成することになる。

[0043] 次に、学習処理部106は、S2200において、稼働データ受信部102から稼働データを受信する。そして、稼働データのなかから正常モデル情

報の入力センサ項目に含まれるセンサデータのみを受信・蓄積する処理を行う。そして、学習処理部106は、診断項目ごと、動作モードごとに必要なデータ量に達するまでセンサデータの受信と蓄積処理を継続する。学習処理部106は、すべての診断項目のすべての動作モードにおいて必要データ量に達したタイミングでS2300において、YESの判定を行う。

[0044] 学習処理部106は、S2400において、診断項目ごと、動作モードごとに蓄積センサデータを用いて平均値と標準偏差を計算する。ここで計算した平均値と標準偏差の値を更新することで処理を終了する。

[0045] 次に図5に基づいて、診断処理部104が実行する処理内容について順に説明する。

[0046] 診断処理部104は、S1000において、稼働データ受信部102との接続スイッチがONになっていることを確認する。OFFになっている場合には、NOの判定となり繰り返し接続状況の確認処理を実行する。ONになっている場合にはYESの判定となり、次のステップに進む。

[0047] 診断処理部104は、S1100において、稼働データ受信部102から稼働データを受信する。ここで受信する稼働データが診断対象のデータとなる。

[0048] 次に診断処理部104は、S1200において、正常モデル記憶部112に記憶されている正常モデルを読み込む。

[0049] 診断処理部104は、正常モデルに含まれる診断項目ごとにS1300～S1500の処理を実行する。

[0050] まず、診断処理部104は、S1300において、動作モードの判定処理を実行する。すなわち、対象診断項目において複数の動作モードが存在するが、いずれの動作モードに該当するかについて、動作モード条件を満足するか否かに基づいて判定する。仮にここで特定した動作モードをmとする。

[0051] 次に診断処理部104は、S1400において、乖離度算出処理を実行する。

[0052] 以下乖離度の計算方法について説明する。ある診断項目のN個の入力セン

サ項目をと $d_1(t), d_2(t), \dots, d_N(t)$ する。また、正常モデルに含まれる動作モード $m$ におけるセンサ $i$ の正常平均値、正常標準偏差をそれぞれ $\mu_{mi}, \sigma_{mi}$ とすると、動作モード $m$ の乖離度 $L(t, m)$ は数式 1 で計算する。

$$L(t, m) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{d_i(t) - \mu_{mi}}{\sigma_{mi}} \right)^2} \quad (\text{数式 1})$$

[0053] この乖離度は診断対象としたセンサデータが正常基準値からどれだけ離れているかを計算した値であり、正常標準偏差に対する比率で表される。例えば、正規分布に従うとした場合、この結果に対して乖離度が 3 より大のときは異常と判断し、3 未満であるときは正常と判断するようにすることで異常発生状況を診断することが可能である。

[0054] 次に診断処理部 104 は、S1500 においてここで計算した乖離度を診断結果記憶部 110 に出力して記録する。

[0055] 図 6 に診断結果記憶部に記録する診断結果の構成例を示す。例えば、診断結果は診断項目 ID ごとにタイムスタンプと、動作モードと、計算した乖離度と、センサ値とで構成する。ここで、タイムスタンプは稼動データに含まれる受信日時を記録する。動作モードは、S1300 において特定した動作モード $m$ を記録する。そして、乖離度およびセンサ値については、S1400 で計算した乖離度およびセンサ値を記録するようにする。

[0056] 次に故障予兆診断装置 100 の接続スイッチを学習処理と診断処理で切り替えを行う手順について説明する。

[0057] 通常、故障予兆診断装置 100 は、切替スイッチを診断処理部 104 側に接続するかたちで診断処理を実行している。ところが、機械 300 に対してメンテナンスや部品交換が行われると正常モデル記憶部 112 に記憶している正常モデルの正常範囲が変化する可能性がある。そこで、切替スイッチを学習処理部 106 側に切り替え、正常モデルを再作成して更新することを考える。

[0058] その際の一連の処理手順を説明する。まず、検証サーバのユーザインタフェース部 214 が、外部からの指示を得て学習処理部 106 側に切り替え

るための切替情報を受け付ける。そして、検証サーバ200のユーザインタフェース部214は、その切替情報を通信部202および通信部114を介して故障予兆診断装置100の処理切替部108に送信する。処理切替部108は、その情報に基づいて切替スイッチを診断処理部104側から学習処理部106側に切り替えを実行する。

- [0059] 次に、切替スイッチを学習処理部106側から診断処理部104側に切り替える際の一連の処理手順について説明する。
- [0060] 故障予兆診断装置100の通信部114は、学習処理部106が新しい正常モデルを生成し正常モデル記憶部112の内容を更新すると、その情報を検証サーバ200に対して送信する。検証サーバ200の通信部202はその正常モデルに関する情報を正常モデル管理部204に送信するとともに、同様に正常モデル比較検証部206に送信する。
- [0061] ここで、正常モデル管理部204は、新しい正常モデルを受信すると過去正常モデル記憶部210にアクセスして最新の正常モデルを追加する。
- [0062] 図7に過去正常モデル記憶部210に記憶している過去正常モデルの構成例を示している。図7に示すように過去正常モデルは正常モデル履歴IDごとに管理し、バージョン情報と、正常モデル情報と、検証結果情報とを記録している。バージョン情報は、正常モデルの更新状況を管理するための情報である。バージョン情報が新しいものほど最新の正常モデルであることを意味している。正常モデル情報は、正常モデルそのものを示しており、故障予兆診断装置100の正常モデル記憶部112の内容がそのまま記録される。
- [0063] そして、検証結果情報は、以降で説明する正常モデルの検証結果を記録するためのフィールドである。検証結果情報は、診断項目ごと、動作モードごとに比較対象モデルIDと検証結果を記録する。ここで比較対象モデルIDには、当該正常モデルに対してひとつ古いバージョンの正常モデルのバージョン情報を記録する。そして、検証結果には以降で説明する検証処理による結果を記録する。
- [0064] 図8に基づいて正常モデル比較検証部206が行う検証処理について説明

する。

- [0065] 正常モデル比較検証部200は、S3000において、通信部202から正常モデルを受信したか否かを判断する。ここで、受信していなければNOの判定となり、繰り返し受信状況の確認処理を実行する。一方で、受信した場合にはYESの判定となり、S3100へ進む。
- [0066] 正常モデル比較検証部200は、S3100において、過去正常モデル記録部210に記憶している一つ前のバージョンの正常モデル情報を読み込む。
- [0067] 正常モデル比較検証部200は、S3200において、検証条件記憶部212にアクセスして検証条件を読み込む。
- [0068] 図9に検証条件記憶部212に記憶している検証条件の構成例を示す。図9に示すように検証条件には診断部位系統ごと、動作モードごとに検証OKと判断するための条件が記録されている。ここで $\sigma_{mi}$ は新しく生成した正常モデルの正常標準偏差を示し、 $\sigma_{mi}'$ は一つ前のバージョンの正常モデルにおける正常標準偏差を示している。すなわち、この条件式は標準偏差としてみた際の正常範囲の大きさが前回に比べて1.1倍もしくは1.2倍未満に抑えられていることを検証OKとする条件としている。この検証条件記憶部212に記録されている検証条件はユーザインタフェース部214を介して更新することが可能になっている。
- [0069] 正常モデル比較検証部200は、S3300において、診断項目ごと、動作モードごとに前記した検証条件をクリアしているか否かを判断する。そしてすべての検証条件をクリアしていることを確認した後に故障予兆診断装置100に向けて診断処理への切替情報を送付する。
- [0070] 故障予兆診断装置100の通信部114は、これを受けて処理切替部108に送信し、処理切替部108は、この情報に基づいて接続スイッチを診断処理部104側に切り替える処理を実行する。
- [0071] 以上のように学習処理が生成した正常モデルに対して以前作成した過去の正常モデルと、正常範囲の大きさを比較する検証処理を有することにより、

診断時の失報リスクを低減することが可能となる。

### 符号の説明

[0072] 10…故障予兆診断システム、100…故障予兆診断装置、102…稼働データ受信部、104…診断処理部、106…学習処理部、108…処理切替部、110…診断結果記憶部、112…正常モデル記憶部、114…通信部、200…検証サーバ、202…通信部、204…正常モデル管理部、206…正常モデル比較検証部、208…診断結果記憶部、210…過去正常モデル記憶部、212…検証条件記憶部、214…ユーザインタフェース部、300…診断対象機械

## 請求の範囲

- [請求項1] 機械の稼働データをもとに正常状態を学習し正常モデルを生成する学習手段と、  
前記正常モデルに基づいて稼働データの正常状態からの逸脱を診断する診断手段とを備えた故障予兆診断システムにおいて、  
前記学習手段が最新正常モデルを生成した際に古くなった正常モデルを過去正常モデルとして記憶する正常モデル管理手段と、  
最新正常モデルと過去正常モデルの正常範囲を比較し、正常範囲の比較結果を出力する正常モデル比較検証手段とを備えていることを特徴とする故障予兆診断システム。
- [請求項2] 請求項1の故障予兆診断システムにおいて、  
前記故障予兆診断システムの正常モデル比較検証手段は、診断項目毎に、もしくは動作モード毎の正常モデルにおける正常範囲の比を出力することを特徴とする故障予兆診断システム。
- [請求項3] 請求項1もしくは請求項2の故障予兆診断システムにおいて、  
前記故障予兆診断システムの正常モデル比較検証手段は、正常範囲として正常時の稼働データから計算した標準偏差を用いることを特徴とする故障予兆診断システム。
- [請求項4] 請求項1から請求項3のいずれかの故障予兆診断システムにおいて、  
前記故障予兆診断システムは、前記正常モデル比較検証手段が正常モデルの検証を行う際に品質的に問題ないことを判断するための判定基準を記憶した検証条件記憶部を備え、  
前記正常モデル比較検証手段は正常範囲の比を前記判定基準と比較することにより検証結果を出力することを特徴とする故障予兆診断システム。
- [請求項5] 請求項4の故障予兆診断システムにおいて、  
前記正常モデル比較検証手段が出力した検証結果に応じて機械の稼働データを入力する方向を学習手段と診断手段で切り替える切替手段を



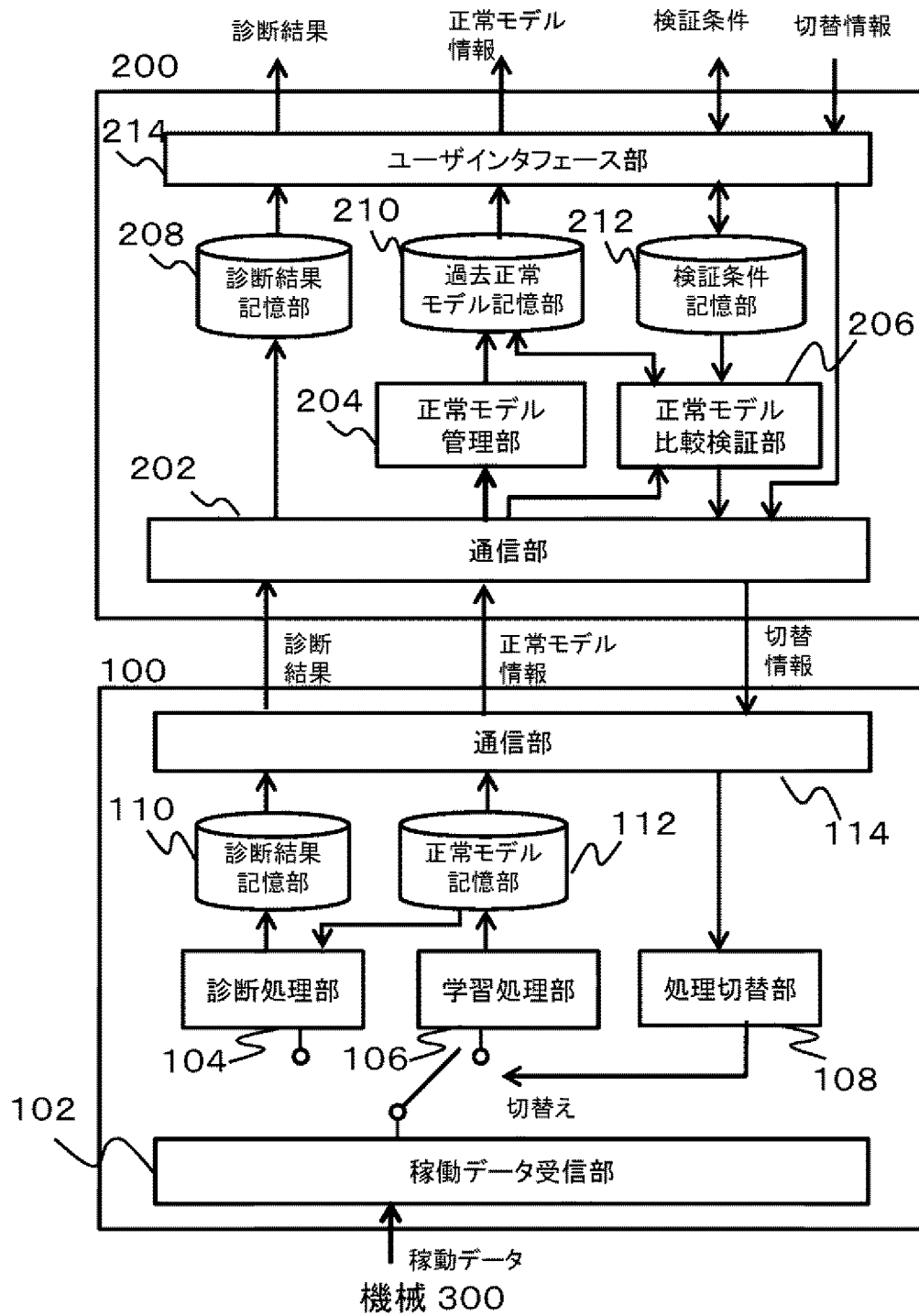
備えたことを特徴とする故障予兆診断システム。

- [請求項6] 機械の稼働データをもとに正常状態を学習し正常モデルを生成すること、  
前記正常モデルに基づいて稼働データの正常状態からの逸脱を診断する故障予兆診断方法において、  
最新の前記正常モデルを生成した際に古くなった正常モデルを過去正常モデルとして記憶すること、  
最新正常モデルと過去正常モデルの正常範囲を比較し、正常範囲の比較結果を出力することを特徴とする故障予兆診断方法。
- [請求項7] 請求項6の故障予兆診断方法において、  
前記正常モデルの比較する際に、診断項目毎に、もしくは動作モード毎の正常モデルにおける正常範囲の比を出力することを特徴とする故障予兆診断方法。
- [請求項8] 請求項6もしくは請求項7の故障予兆診断方法において、  
前記正常モデルを比較する際に、正常範囲として正常時の稼働データから計算した標準偏差を用いることを特徴とする故障予兆診断方法。
- [請求項9] 請求項6から請求項8のいずれかの故障予兆診断方法において、  
前記正常モデルの検証を行う際に品質的に問題ないことを判断するための判定基準を記憶し、  
前記正常モデルを比較する際に、正常範囲の比を前記判定基準と比較することにより検証結果を出力することを特徴とする故障予兆診断方法。
- [請求項10] 請求項9の故障予兆診断方法において、  
前記検証結果に応じて機械の稼働データを入力する方向を学習方法と診断方法で切り替えることを特徴とする故障予兆診断方法。

[図1]

【図 1】

【故障予兆診断システム10の構成例】



[図2]

【図2】

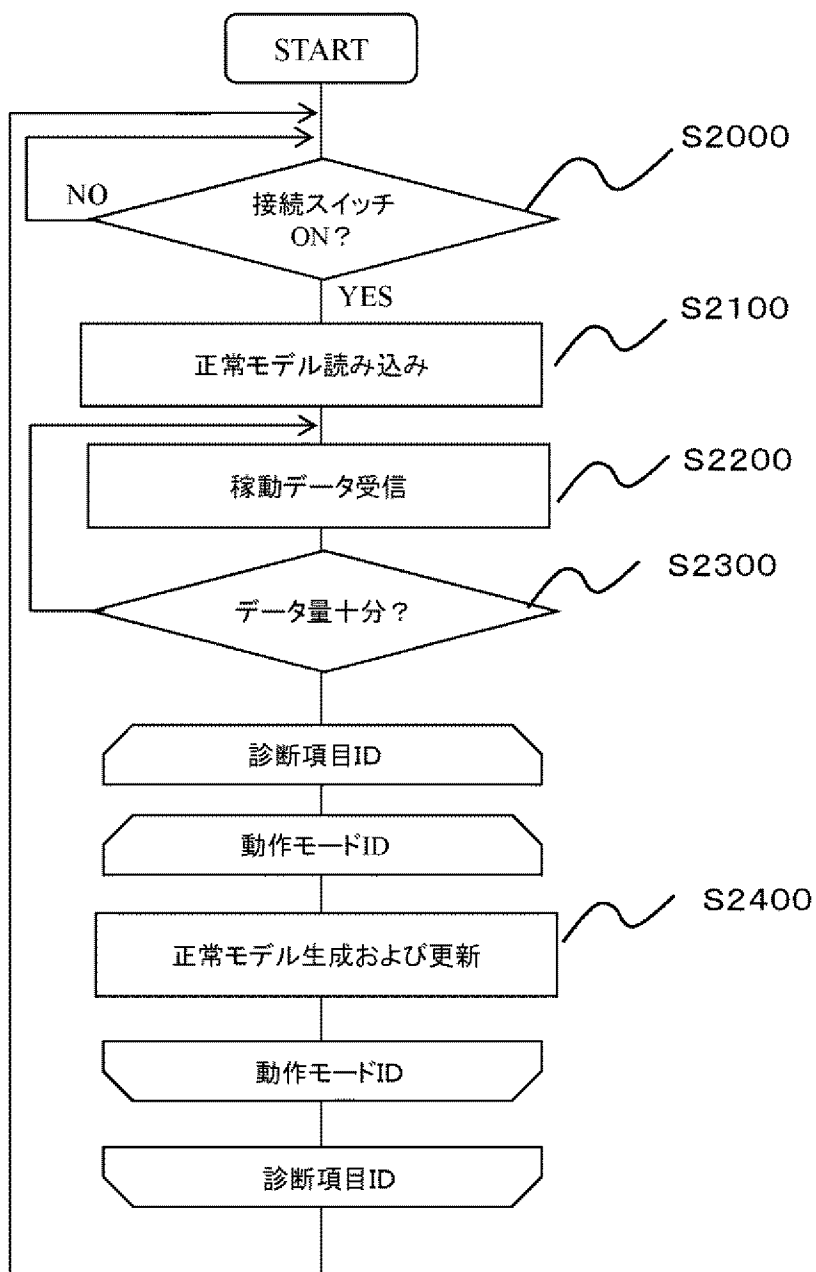
【稼働データの構成例】

受信日時
部位系統ID, センサID, センサ値
部位系統ID, センサID, センサ値
...

[図3]

【図3】

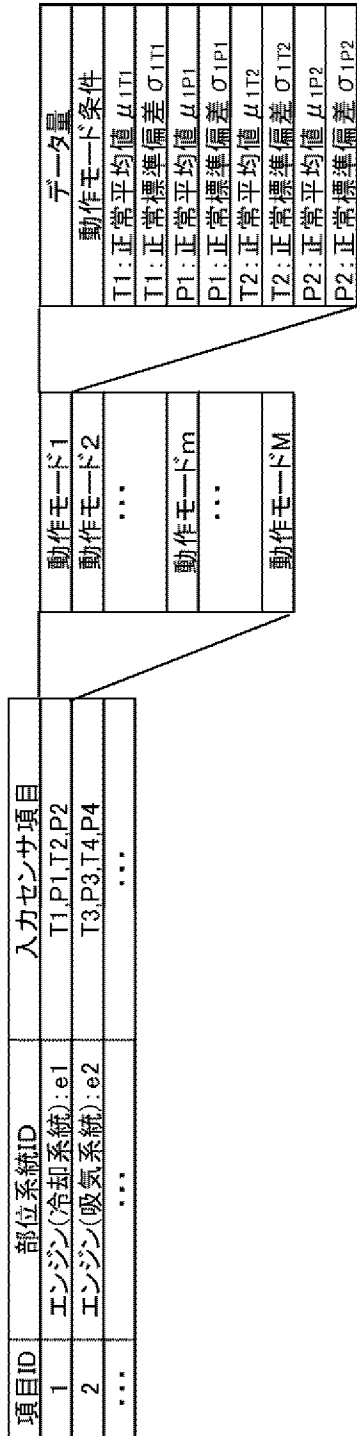
【学習処理フロー】



[図4]

【図4】

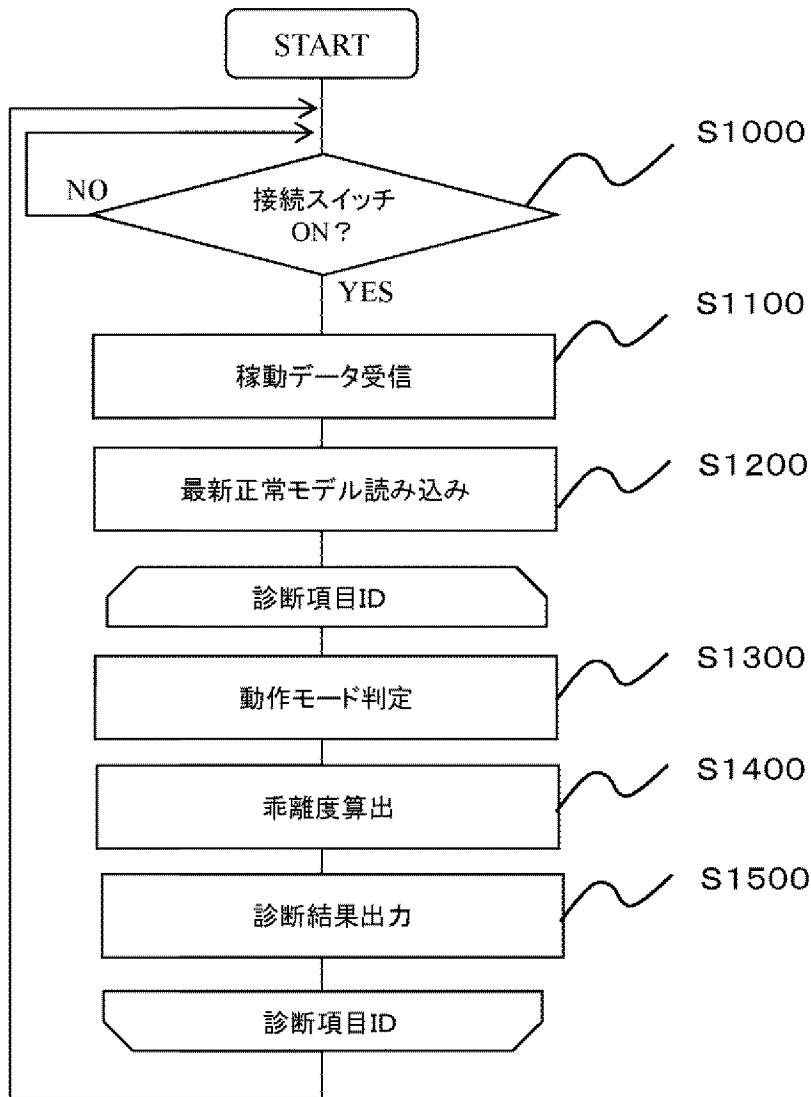
【正常モデルの構成例】



[図5]

【図5】

【診断処理フロー】



[図6]

【図6】

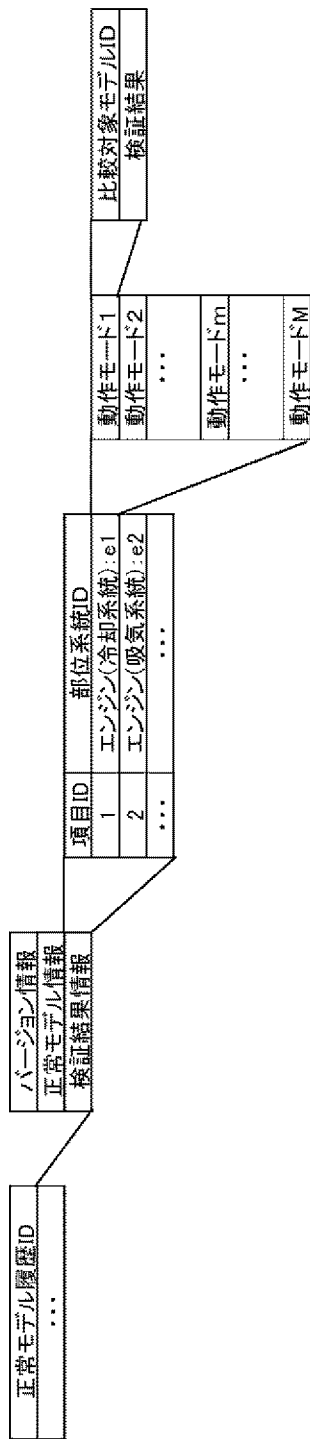
【診断結果の構成例】

診断項目ID: 1	}	タイムスタンプ
診断項目ID: 2		動作モード
...		乖離度
		センサ値
		...

[図7]

【図7】

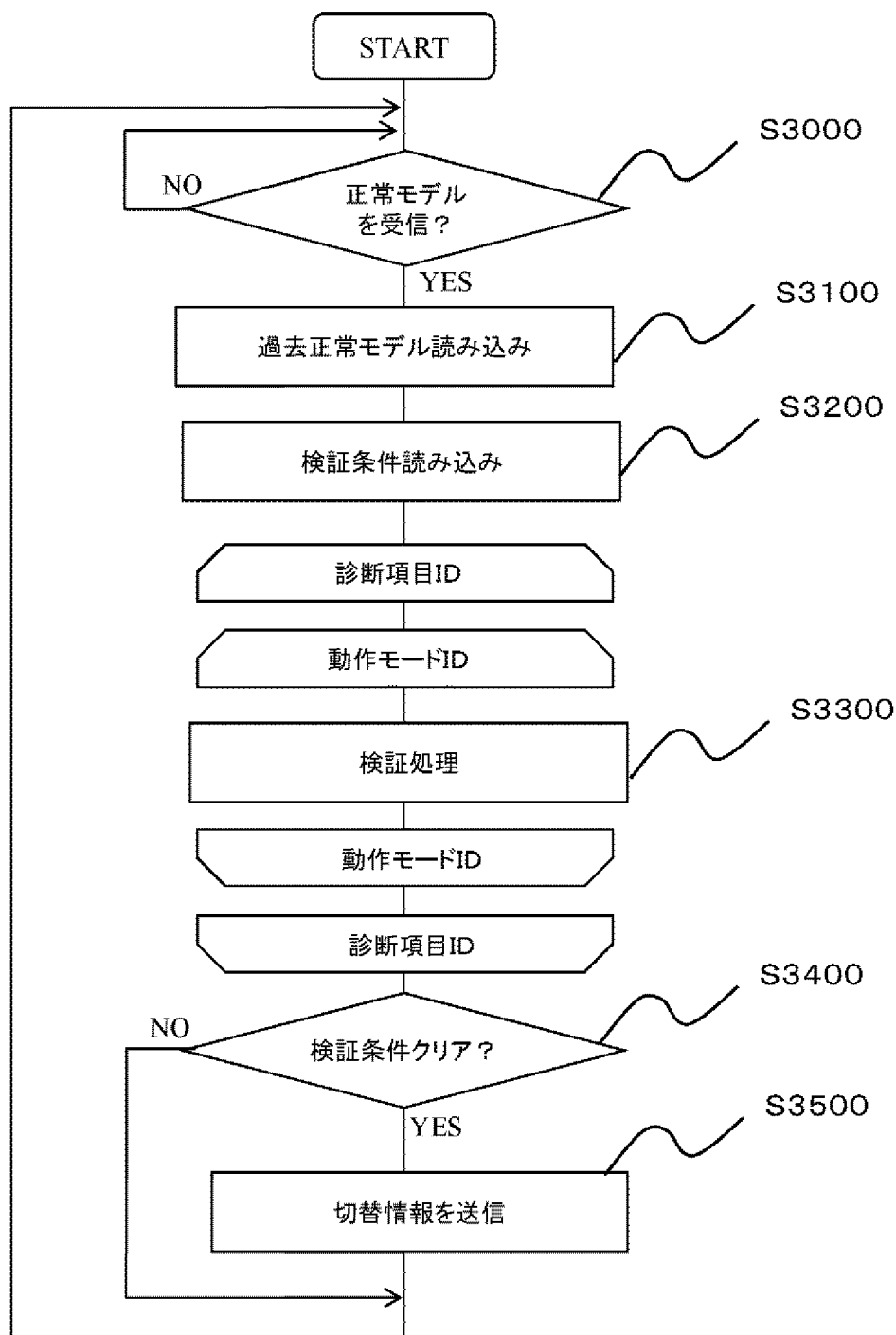
【過去正常モデルの構成例】



[図8]

【図8】

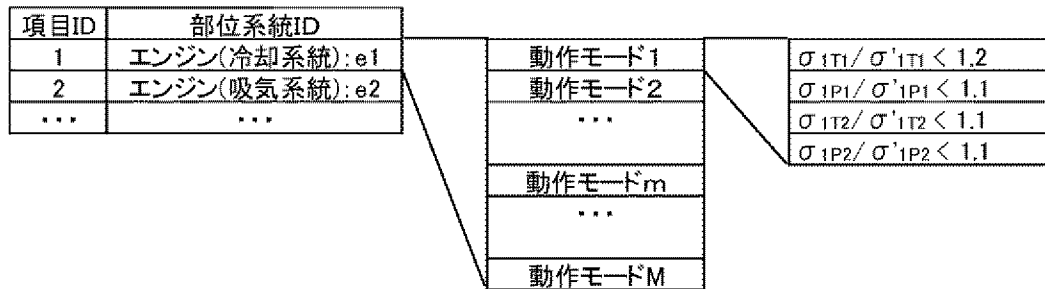
【検証処理フロー】



【図9】

【図9】

【検証条件記憶部の構成例】





**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/059544

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G01M99/00(2011.01)i, G01D21/00(2006.01)i, 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)  
G01M99/00, G01D21/00, G05B23/00-23/02

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2010-175446 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraphs [0016] to [0037]; fig. 2, 5 (Family: none)	1-3, 6-8 4-5, 9-10
A	JP 6-3483 A (Hitachi, Ltd.), 11 January 1994 (11.01.1994), paragraph [0006]; fig. 1 (Family: none)	1-10

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 16 June 2015 (16.06.15)	Date of mailing of the international search report 30 June 2015 (30.06.15)
--	---

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/JP2015/059544

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Tomoaki HIRUTA, Hideaki SUZUKI, Junsuke FUJIWARA, Shin'ya YUDA, "Sensor Data no Kakuritsu Bunpu ni Motozuku Kikai no Jotai Filtering", The Japan Society of Mechanical Engineers 2013 Nendo Nenji Taikai Koen Ronbunshu, 07 September 2013 (07.09.2013), S171013	1-10
A	JP 2012-123522 A (Azbil Corp.), 28 June 2012 (28.06.2012), paragraphs [0017] to [0028] (Family: none)	1-10

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, G01D21/00(2006.01)i, 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. G01M99/00, G01D21/00, G05B23/00-23/02		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)		
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 A	JP 2010-175446 A (三菱重工業株式会社) 2010.08.12, [0016]-[0037], [図2], [図5] (ファミリーなし)	1-3, 6-8 4-5, 9-10
A	JP 6-3483 A (株式会社日立製作所) 1994.01.11, [0006], [図1] (ファミリーなし)	1-10
A	蛭田智昭, 鈴木英明, 藤原淳輔, 湯田晋也, センサデータの確率分布に基づく機械の状態フィルタリング, 日本機械学会2013年度 年次大会講演論文集, 2013.09.07, S171013	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 16.06.2015	国際調査報告の発送日 30.06.2015	
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) 後藤 大思 電話番号 03-3581-1101 内線 3252	2 J   5 2 6 1

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 2012-123522 A (アズビル株式会社) 2012. 06. 28, [0017]-[0028] (ファミリーなし)	1-10