(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
2022年4月7日(07.04.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/070656 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/030333

(22) 国際出願日： 2021年8月19日(19.08.2021)

(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 2020-164664 2020年9月30日(30.09.2020) JP

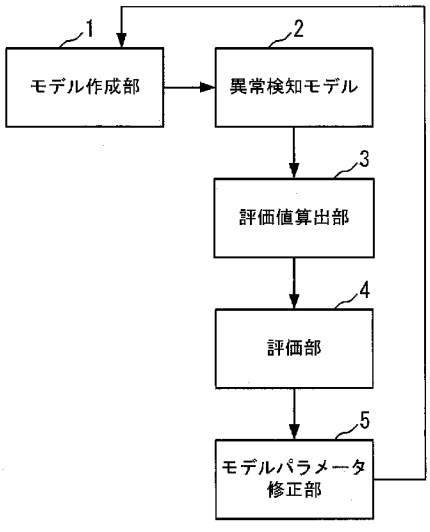
(71) 出願人: アズビル株式会社 (**AZBIL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1006419 東京都千代田区丸の内２丁目７番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 山縣 謙一 (**YAMAGATA, Kenichi**); 〒1006419 東京都千代田区丸の内２丁目７番３号 アズビル株式会社内 Tokyo (JP). 山田 功 (**YAMADA, Isao**); 〒1006419 東京都千代田区丸の内２丁目７番３号 アズビル株式会社内 Tokyo (JP). 木村 大作(**KIMURA, Daisaku**); 〒1006419 東京都千代田区丸の内２丁目７番３号 アズビル株式会社内 Tokyo (JP). 川▼瀬▲ 健(**KAWASE, Takeru**); 〒1006419 東京都千代田区丸の内２丁目７番３号 アズビル株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山川 茂樹 (**YAMAKAWA, Shigeki**); 〒1006104 東京都千代田区永田町２丁目１１番１号 山王パークタワー４階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(54) **Title:** ABNORMALITY DETECTION MODEL ASSESSMENT SYSTEM AND ASSESSMENT METHOD

(54) 発明の名称： 異常検知モデルの評価システムおよび評価方法



1 Model generation unit
2 Abnormality detection model
3 Assessment value calculation unit
4 Assessment unit
5 Model parameter correction unit

(57) **Abstract:** An assessment system equipped with: a model generation unit (1) for generating an abnormality detection model (2) which models the relationship between explanatory variable data, which is time-series data, and a normal range for objective variable data; an assessment value calculation unit (3) for calculating an assessment value for the abnormality detection model (2) on the basis of estimated results of the normal range for the objective variable which is outputted from the abnormality detection model (2) when an explanatory variable for testing is inputted into the abnormality detection

WO 2022/070656 A1

[続葉有]

(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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)）

model (2), and measured data for the objective variable which corresponds to the explanatory variable for testing; and an assessment unit (4) for assessing the abnormality detection model (2) on the basis of the assessment value.

(57) 要約：評価システムは、時系列データである説明変数データと目的変数データの正常範囲との関係をモデル化した異常検知モデル（２）を作成するモデル作成部（１）と、検証用の説明変数を異常検知モデル（２）に入力したときに異常検知モデル（２）から出力された目的変数の正常範囲の推定結果と、検証用の説明変数に対応する目的変数の実測データとに基づいて、異常検知モデル（２）の評価値を算出する評価値算出部（３）と、評価値に基づいて異常検知モデル（２）を評価する評価部（４）とを備える。

明　細　書

発明の名称 ： 異常検知モデルの評価システムおよび評価方法

技術分野

[0001] 本発明は、異常検知対象の正常範囲を推定することによる異常検知技術に係り、特に正常範囲を推定する異常検知モデルの評価システムおよび評価方法に関するものである。

背景技術

[0002] 化学プラントのような工場では、オンラインでプロセスの状態を計測するためのセンサが取り付けられ、それらのセンサなどから取得される時系列データが日々蓄積されている。この蓄積された時系列データを用いて、異常検知対象の正常範囲を推定するモデルを構築し、対象の異常を検知する方法がある（例えば、特許文献１参照）。

[0003] 図９は従来の異常検知方法を説明する図である。異常検知モデル１００の入力となる複数の時系列データを説明変数、異常検知対象となる時系列データを目的変数と呼ぶ。図９の例では、流量、圧力、温度などが説明変数であり、バルブ開度が目的変数である。また、異常検知モデル１００を作成するために使用するデータを学習データ、異常検知モデル１００の性能を評価するためのデータを検証データと呼ぶ。学習データとしては、異常検知対象に異常が発生していない期間のデータを使用する。この期間は複数あっても問題ない。検証データとしては、通常、学習データに使用しなかったデータを使用するが、学習データを使用してもよい。

[0004] 異常検知モデル１００は、入力された説明変数から目的変数の正常値の範囲を推定する。この正常値の範囲には、上限値と下限値がある。上限値と下限値は一組には限定されない。例えば、特許文献１においては、図１０に示すように０～１の範囲の値をとる信頼度を用いて、複数の上下限の組を出力できる。図１０の例では、信頼度０が一番外側の上下限値、１が一番内側の上下限値に対応する。

[0005] 図９に示すように、異常の検知は、目的変数の値が、異常検知モデル１００から出力された上下限値の範囲内に入っているか否かで実施できる。ただし、異常検知方法についてはより複雑な方法を用いる場合もある（特許文献１参照）。

[0006] センサなどから取得される時系列データを用いて、目的変数の正常範囲（の時系列）を推定する特許文献１における従来の異常検知方法は、正常範囲を推定するモデルであり、時間軸で見ると精度が良い場所と悪い場所が存在したりするため、異常検知モデルの評価指標を定量化するのが困難で、人が目視で目的変数と推定値の形を見て異常検知モデルの良し悪しを判断していたため、以下のような課題があった。

（I）異常検知モデルの良し悪しの評価が属人的で曖昧となる。

（II）異常検知モデルをどこまで改良すればよいかの基準が曖昧となる。

[0007] 上記の（II）のような課題があるため、担当者が不必要な試行錯誤を繰り返したり、いつまでやればよいか分からないために担当者の心理的負担となったりしていた。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開２０１６－０８１３５２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、異常検知モデルの評価値を算出し、異常検知モデルの作成の無駄を軽減することができる異常検知モデルの評価システムおよび評価方法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

[0010] 本発明の異常検知モデルの評価システムは、時系列データである説明変数データと目的変数データの正常範囲との関係をモデル化した異常検知モデルを作成するように構成されたモデル作成部と、検証用の説明変数を前記異常

検知モデルに入力したときに前記異常検知モデルから出力された目的変数の正常範囲の推定結果と、前記検証用の説明変数に対応する目的変数の実測データとに基づいて、推定結果と実測データの時系列データの各時刻における差異を集約することで、前記異常検知モデルの評価値を算出するように構成された評価値算出部と、前記評価値に基づいて前記異常検知モデルを評価するように構成された評価部とを備えることを特徴とするものである。

[0011] また、本発明の異常検知モデルの評価方法は、時系列データである説明変数データと目的変数データの正常範囲との関係をモデル化した異常検知モデルを作成する第１のステップと、検証用の説明変数を前記異常検知モデルに入力したときに前記異常検知モデルから出力された目的変数の正常範囲の推定結果と、前記検証用の説明変数に対応する目的変数の実測データとに基づいて、推定結果と実測データの時系列データの各時刻における差異を集約することで、前記異常検知モデルの評価値を算出する第２のステップと、前記評価値に基づいて前記異常検知モデルを評価する第３のステップとを含むことを特徴とするものである。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、評価値算出部と評価部とを設けることにより、異常検知モデルの定量的な評価値を算出して異常検知モデルを評価することができ、異常検知モデルの作成の無駄を軽減することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１は、本発明の第１の実施例に係る異常検知モデルの評価システムの構成を示すブロック図である。

[図2]図２は、本発明の第１の実施例に係る異常検知モデルの評価システムの動作を説明するフローチャートである。

[図3]図３は、本発明の第１の実施例における評価値の１例である包含率を説明する図である。

[図4A-4B]図４Ａ－図４Ｂは、本発明の第１の実施例における評価値の１例である追従度を説明する図である。

[図5A-5B]図５Ａ－図５Ｂは、本発明の第１の実施例における評価値の１例である推定値の幅を説明する図である。

[図6]図６は、本発明の第２の実施例に係る異常検知モデルの評価システムの構成を示すブロック図である。

[図7]図７は、本発明の第２の実施例に係る異常検知モデルの評価システムの動作を説明するフローチャートである。

[図8]図８は、本発明の第１、第２の実施例に係る異常検知モデルの評価システムを実現するコンピュータの構成例を示すブロック図である。

[図9]図９は、従来の異常検知方法を説明する図である。

[図10]図１０は、従来の異常検知モデルによる目的変数の推測値と、実際の目的変数とを示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] ［発明の原理］

本発明では、異常検知モデルの評価システムとして、モデル修正型とモデル選択型の２つを想定している。モデル修正型では、異常検知モデルについて後述する３つの評価値を算出し、３つの評価値のうち複数の評価値を統合した総合評価値または１つの評価値と対応する閾値との比較結果に基づいて、異常検知モデルを評価する。異常検知モデルを評価することにより、異常検知モデルの修正を行うかモデルの構築を終了するかを判断することができる。

[0015] モデル選択型では、あらかじめ異常検知モデルパラメータ（説明変数、学習パラメータなど）を変えて異常検知モデルを複数作成し、異常検知モデル毎に３つの評価値を算出し、３つの評価値のうち複数の評価値を統合した総合評価値または１つの評価値に基づいて、異常検知モデルのそれぞれを評価する。複数の異常検知モデルを評価することにより、最良の異常検知モデルを選択することができる。

[0016] ［第１の実施例］

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図１は本発明の

第１の実施例に係る異常検知モデルの評価システムの構成を示すブロック図である。本実施例は、モデル修正型の例を示す例である。本実施例の評価システムは、説明変数と目的変数の正常範囲との関係をモデル化した異常検知モデル２を作成するモデル作成部１と、検証用の説明変数を異常検知モデル２に入力したときに異常検知モデル２から出力された目的変数の正常範囲の推定結果と、検証用の説明変数に対応する目的変数の実測データとに基づいて、異常検知モデル２の評価値を算出する評価値算出部３と、評価値に基づいて異常検知モデル２を評価する評価部４と、評価結果に基づいて異常検知モデルパラメータを修正するモデルパラメータ修正部５とを備えている。

[0017] 図２は評価システムの動作を説明するフローチャートである。異常検知モデル２は、ソフトウェア的に構築された数学モデルである。モデル作成部１は、学習用の説明変数Ｘを含む多数の学習データを用いて、公知のモデリング技術により異常検知モデル２を作成する（図２ステップＳ１００）。学習データには、説明変数Ｘに対応する目的変数Ｙの実測データ（異常検知対象のプラントが正常な状態での説明変数Ｘに対する目的変数Ｙの実測値）が付与されている。

[0018] 異常検知モデル２の例としては、ファジィニューラルネットワーク（Fuzzy Neural Network：ＦＮＮ）、回帰モデルなどがある。図９で説明したとおり、異常検知モデル２の入力となる説明変数Ｘとしては、例えば流量、圧力、温度などがある。また、異常検知モデル２の出力となる目的変数Ｙとしては、例えばバルブ開度がある。説明変数Ｘと目的変数Ｙは、これらの例に限らないことは言うまでもない。モデル作成部１による異常検知モデル２の作成方法（回帰モデルの作成方法、ＦＮＮの学習方法）は、周知の技術であるので、詳細な説明は省略する。

[0019] 評価値算出部３は、検証用の説明変数Ｘを含む検証データを用いて異常検知モデル２の評価値を算出する（図２ステップＳ１０１）。検証データには、説明変数Ｘに対応する目的変数Ｙの実測データが付与されている。

[0020] 評価値算出部３は、評価値として、包含率、追従度、推定値の幅の３つを

算出する。包含率は、異常検知モデル２から出力された目的変数Ｙの上限値の推定値と下限値の推定値とによって規定される正常範囲に目的変数Ｙの実測データが含まれる割合を示す。包含率は、目的変数Ｙの実測データが異常検知モデル２によって推定された目的変数Ｙの正常範囲に包含されることが望ましいという考えの基に算出される評価値である。

[0021] 追従度は、目的変数Ｙの実測データと異常検知モデル２によって推定された目的変数Ｙの正常範囲の動きの類似度を示す。追従度は、目的変数Ｙの実測データの動きと異常検知モデル２の推定値の動きが似ている方が望ましいという考えの基に算出される評価値である。

[0022] また、異常検知モデル２は、異常検知モデル２から出力された目的変数Ｙの上限値の推定値と下限値の推定値の幅が小さい方がより高精度であると言える。推定値の幅は、異常検知モデル２の上下限の推定値の幅がなるべく狭いほうが良い（つまり高精度なモデルである）という考えの基に算出される評価値である。

[0023] まず、包含率の算出方法について説明する。図３は、目的変数Ｙの実測データＹａの一部（破線３０，３１の部分のデータ）が、上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌとによって規定される正常範囲を逸脱する例を示している。目的変数Ｙの実測データＹａが正常範囲をなるべく逸脱しないで包含されている方が、適切な異常検知モデルということになる。

[0024] 評価値算出部３は、検証用の説明変数Ｘに対応する目的変数Ｙの実測データＹａが、検証用の説明変数Ｘの入力に対して異常検知モデル２から出力された目的変数Ｙの正常範囲の上下限値のうち最外側の上下限値によって規定される範囲を逸脱した数をｎ０、全検証データ数をＮとしたとき、次式により包含率Ｉ［％］を算出する。

$$I = (1 - n0 / N) \times 100 \quad \cdots (1)$$

[0025] 検証データ（説明変数Ｘ）を異常検知モデル２に入力すると、目的変数Ｙの正常範囲の上下限値の推定値が検証データ毎に得られる。式（１）は、目的変数Ｙの実測データＹａが最外側の上下限値によって規定される範囲（最

も高い上限値と最も低い下限値とによって規定される範囲）に含まれている割合を示している。

なお、説明変数Ｘには上記の流量、圧力、温度などのように複数種類のデータが含まれることがあるが、上記の全検証データ数Ｎは、これら複数種類のデータを１個のデータとして数えた検証データ数である。

[0026] また、評価値算出部３は、目的変数Ｙの実測データＹａが、異常検知モデル２から出力された目的変数Ｙの正常範囲の上下限値のうち最内側の上下限値によって規定される範囲を逸脱した数をｎ１としたとき、次式により包含率Ｉ［％］を算出するようにしてもよい。

Ｉ＝（１－ｎ１／Ｎ）×１００ ・・・（２）

[0027] 式（２）は、目的変数Ｙの実測データＹａが最内側の上下限値によって規定される範囲（最も低い上限値と最も高い下限値とによって規定される範囲）に含まれている割合を示している。式（２）によると、式（１）の場合に比べて異常検知モデル２の評価値としては厳しめの値が算出されることになる。

[0028] 次に、追従度の算出方法について説明する。図４Ａは、目的変数Ｙの正常範囲の上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌとが目的変数Ｙの実測データＹａの動きに追従していない例を示している。図４Ｂは、上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌとが目的変数Ｙの実測データＹａの動きに追従している例を示している。上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌとが目的変数Ｙの実測データＹａに追従している方が、適切な異常検知モデルということになる。

[0029] 評価値算出部３は、時刻ｔにおける目的変数Ｙの実測データをＹａ（ｔ）とし、時刻ｔにおける目的変数Ｙの正常範囲の上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌのうち最内側の上限値の推定値Ｕ１（ｔ）と最内側の下限値の推定値Ｌ１（ｔ）の平均値（Ｕ１（ｔ）＋Ｌ１（ｔ））／２をＥ（ｔ）としたとき、次式により追従度Ｆを算出する。

Ｆ＝Ｃｏｒｒ（Ｙａ（ｔ），Ｅ（ｔ）） ・・・（３）

[0030] 式（３）のＣｏｒｒ（）は相関係数である。式（３）は、目的変数Ｙの実

測データＹａの波形と最内側の上下限値によって規定される正常範囲の波形とが似ている度合いを相関係数で評価している。

また、評価値算出部３は、次式により追従度Ｆを算出するようにしてもよい。

$$F = 1 / SUM((Ya(t) - E(t))^2) \quad \cdots (4)$$

[0031] 式（４）のＳＵＭ（）は一定の期間における合計値である。式（４）は、目的変数Ｙの実測データＹａの波形と最内側の上下限値によって規定される正常範囲の波形とが似ている度合いを誤差２乗和で評価している。

[0032] 次に、推定値の幅の算出方法について説明する。図５Ａは、目的変数Ｙの実測データＹａに対して目的変数Ｙの正常範囲の上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌとの幅が広い例を示している。図５Ｂは、目的変数Ｙの実測データＹａに対して上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌとの幅が狭い例を示している。上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌとの幅が狭い方が、適切な異常検知モデルということになる。その際、実測データＹａが上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌの間にある方が望ましいことはいうまでもない。

[0033] 評価値算出部３は、時刻ｔにおける目的変数Ｙの実測データをＹａ（ｔ）とし、時刻ｔにおける目的変数Ｙの正常範囲の上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌのうち最外側の上限値の推定値をＵ０（ｔ）、最外側の下限値の推定値をＬ０（ｔ）とし、目的変数Ｙを計測する計測器のレンジをWとしたとき、次式により推定値の幅Ｂを算出する。

$$B = Mean((|U0(t) - Ya(t)| + |Ya(t) - L0(t)|) / W) \quad \cdots (5)$$

[0034] 式（５）のＭｅａｎ（）は一定の期間における平均値である。式（５）は、目的変数の実測データＹａが上限値の推定値Ｕと下限値の推定値Ｌの間にあるとき、目的変数Ｙの正常範囲の上下限値の推定値が平均的にどれぐらいの幅を持っているかを示している。

また、評価値算出部３は、次式により推定値の幅Ｂを算出するようにしてもよい。

Ｂ＝Ｍａｘ（（｜ＵＯ（ｔ）－Ｙａ（ｔ）｜＋｜Ｙａ（ｔ）－ＬＯ（ｔ）｜）／Ｗ）・・・（６）

[0035] 式（５）のＭｅａｎ（）の内側の（｜ＵＯ（ｔ）－Ｙａ（ｔ）｜＋｜Ｙａ（ｔ）－ＬＯ（ｔ）｜）／Ｗは、次式により簡易的に算出するようにしてもよい。このことは式（６）においても同様である。

（ＵＯ（ｔ）－ＬＯ（ｔ））／Ｗ ・・・（７）

[0036] 式（６）のＭａｘ（）は一定の期間における最大値である。式（６）は、目的変数Ｙの正常範囲の上下限値の推定値の幅が最も大きくなっている部分を評価している。

こうして、評価値算出部３は、包含率Ｉ、追従度Ｆ、推定値の幅Ｂを算出する。

なお、上記の説明では、検証データを学習データと異なるものとして説明しているが、学習データを検証データとして用いてもよい。

[0037] 次に、評価部４は、評価値算出部３によって算出された評価値に基づいて異常検知モデル２を評価する（図２ステップＳ１０２）。具体的には、評価部４は、包含率Ｉ、追従度Ｆ、推定値の幅Ｂのそれぞれを対応する閾値と比較することにより、異常検知モデル２を評価する。

[0038] 本実施例では、評価部４は、包含率Ｉが閾値Ｉｔｈ以上の場合、良（〇）と判定し、包含率Ｉが閾値Ｉｔｈ未満の場合、やや不良（△）と判定する。閾値Ｉｔｈは例えば１００％である。

[0039] また、評価部４は、追従度Ｆが閾値Ｆｔｈ１以上の場合、良（〇）と判定し、追従度Ｆが閾値Ｆｔｈ１未満で閾値Ｆｔｈ２（Ｆｔｈ１＞Ｆｔｈ２）以上の場合、やや不良（△）と判定し、追従度Ｆが閾値Ｆｔｈ２未満の場合、不良（×）と判定する。閾値Ｆｔｈ１は例えば０．８、閾値Ｆｔｈ２は例えば０．６である。

[0040] また、評価部４は、推定値の幅Ｂが閾値Ｂｔｈ１未満の場合、良（〇）と判定し、推定値の幅Ｂが閾値Ｂｔｈ１以上で閾値Ｂｔｈ２（Ｂｔｈ１＜Ｂｔｈ２）未満の場合、やや不良（△）と判定し、推定値の幅Ｂが閾値Ｂｔｈ２

以上の場合、不良（×）と判定する。閾値Ｂｔｈ１は例えば０．０５、閾値Ｂｔｈ２は例えば０．２である。

[0041] そして、評価部４は、評価値と閾値の比較結果が所定の評価基準を満たしている場合、異常検知モデル２を良（改善の必要無し）と判定し、評価値と閾値の比較結果が所定の評価基準を満たしていない場合、異常検知モデル２を不良（改善の必要有り）と判定し、評価結果を出力する（図２ステップＳ１０３）。

[0042] 例えば評価値と閾値の比較結果が全て良という条件を評価基準としてもよいし、追従度Ｆと閾値Ｆｔｈ１，Ｆｔｈ２の比較結果が良で、かつ推定値の幅Ｂと閾値Ｂｔｈ１，Ｂｔｈ２の比較結果が良という条件を評価基準としてもよい。また、包含率Ｉと追従度Ｆと推定値の幅Ｂのうちいずれか１つと対応する閾値との比較結果が良という条件を評価基準としてもよい。どのような評価基準とするかは異常検知対象に応じて適宜設定すればよい。

評価結果（良／不良）の出力方法としては、評価結果の表示、評価結果を示す信号の出力などがある。

[0043] モデルパラメータ修正部５は、異常検知モデル２の評価結果が不良（改善の必要有り）の場合（図２ステップＳ１０４においてＮＯ）、異常検知モデルパラメータを修正（図２ステップＳ１０５）する。そして、モデル作成部１は、異常検知モデルの作成（図２ステップＳ１００）をやり直す。異常検知モデルパラメータの修正方法としては、例えばベイズ最適化アルゴリズムなどを適用する方法がある。

[0044] こうして、異常検知モデル２の評価結果が良となるまで（図２ステップＳ１０４においてＹＥＳ）、ステップＳ１００～Ｓ１０５の処理が繰り返し実施される。

[0045] 異常検知モデル２を利用してプラントの異常を検知する異常検知システム（不図示）は、従来と同様に計測器によって計測された目的変数Ｙの値が、異常検知モデル２から出力された上下限値の推定値によって規定される正常範囲内か否かで検知対象が正常か否かを判定すればよい。

[0046] 以上のように、本実施例では、異常検知モデル２の良し悪しの基準が定量化されるので、属人性を排除することができる。また、本実施例では、評価値に閾値を設けて判定を行うことで、異常検知モデル２の修正を打ち切る基準を決めることができる。

[0047] また、本実施例では、異常検知モデル２の良し悪しの基準が定量化されるので、異常検知モデル２を自動的に修正することができる。ただし、本発明においてモデルの自動修正は必須の構成要件ではなく、オペレータが手動でモデルを修正するようにしてもよい。

[0048] ［第２の実施例］

次に、本発明の第２の実施例について説明する。図６は本発明の第２の実施例に係る異常検知モデルの評価システムの構成を示すブロック図である。本実施例は、モデル選択型の例を示す例である。本実施例の評価システムは、条件の異なる複数の異常検知モデル２ａを作成するモデル作成部１ａと、評価値算出部３ａと、評価部４ａと、評価結果に基づいて最良の異常検知モデル２ａを選択するモデル選択部６とを備えている。

[0049] 図７は本実施例の評価システムの動作を説明するフローチャートである。モデル作成部１ａは、学習用の説明変数Ｘを含む多数の学習データを用いて、公知のモデリング技術により異常検知モデル２ａを作成する（図７ステップＳ２００）。このとき、モデル作成部１ａは、説明変数Ｘの種類が異なる学習データを用いたり、説明変数Ｘの選択範囲が異なる学習データを用いたり、異常検知モデルパラメータを変えたりすることで、条件の異なる異常検知モデル２ａを複数作成する。

[0050] 評価値算出部３ａは、検証用の説明変数Ｘを含む検証データを用いて評価値を異常検知モデル２ａ毎に算出する（図７ステップＳ２０１）。評価値の算出方法は第１の実施例と同じである。ただし、本実施例では、条件（説明変数Ｘの種類や説明変数Ｘの範囲）の異なる異常検知モデル２ａ毎に評価値を算出するので、異常検知モデル２ａが要求するような検証データを用いる必要があることは言うまでもない。

[0051] 次に、評価部４ａは、評価値算出部３ａによって算出された評価値に基づいて各異常検知モデル２ａを評価する（図７ステップＳ２０２）。具体的には、評価部４ａは、評価値を統合した総合評価値（例えば包含率Ｉと追従度Ｆと推定値の幅Ｂの加重和）を異常検知モデル２ａ毎に算出し、総合評価値を大小比較することにより、各異常検知モデル２ａを評価する。

[0052] 包含率Ｉの予め定められた重みをｗ１、追従度Ｆの予め定められた重みをｗ２、推定値の幅Ｂの予め定められた重みをｗ３とすると、評価部４ａは、次式により加重和Ｓを算出する。

$$S = I \times w1 + F \times w2 + B \times w3 \quad \cdots (8)$$

[0053] そして、評価部４ａは、加重和Ｓが最大の異常検知モデル２ａを最良の異常検知モデル２ａと判定し、評価結果を出力する（図７ステップＳ２０３）。なお、総合評価値として加重和Ｓを用い、加重和Ｓの大小比較をする場合、重みｗ１，ｗ２を正の値、重みｗ３を負の値として加重和Ｓを算出すればよい。

[0054] また、上記の例では、３つの評価値の加重和を総合評価値としているが、包含率Ｉと追従度Ｆと推定値の幅Ｂのうち２つの評価値の加重和を総合評価値としてもよい。また、評価部４ａは、１つの評価値に基づいて異常検知モデル２ａのそれぞれを評価してもよい。包含率Ｉを用いる場合には、包含率Ｉが最大の異常検知モデル２ａを最良の異常検知モデル２ａと判定すればよい。同様に、追従度Ｆを用いる場合には、追従度Ｆが最大の異常検知モデル２ａを最良の異常検知モデル２ａと判定すればよい。推定値の幅Ｂを用いる場合には、推定値の幅Ｂが最小の異常検知モデル２ａを最良の異常検知モデル２ａと判定すればよい。

[0055] モデル選択部６は、評価結果が最良の異常検知モデル２ａを、異常検知システムで用いる異常検知モデルとして設定する（図７ステップＳ２０４）。

[0056] こうして、本実施例では、第１の実施例と同様の効果を得ることができる。本実施例では、異常検知モデル２ａの良し悪しの基準が定量化されるので、異常検知システムで用いる最良の異常検知モデル２ａを自動的に選択する

ことができる。ただし、本発明においてモデルの自動選択は必須の構成要件ではなく、オペレータが手動でモデルを選択するようにしてもよい。

[0057] なお、第１の実施例では、３つの評価値のうち少なくとも１つの評価値と対応する閾値との比較結果に基づいて異常検知モデル２を評価しているが、第１の実施例の評価部４は、本実施例のように３つの評価値のうち複数の評価値を統合した総合評価値を算出し、この総合評価値と対応する閾値との比較結果に基づいて、異常検知モデル２を評価するようにしてもよい。例えば３つの評価値の加重和を総合評価値とした場合、評価部４は、総合評価値が閾値Ｓｔｈ１以上の場合、良（〇）と判定し、総合評価値が閾値Ｓｔｈ１未満で閾値Ｓｔｈ２（Ｓｔｈ１＞Ｓｔｈ２）以上の場合、やや不良（△）と判定し、総合評価値が閾値Ｓｔｈ２未満の場合、不良（×）と判定すればよい。

[0058] 第１、第２の実施例で説明した評価システムは、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、記憶装置及びインタフェースを備えたコンピュータと、これらのハードウェア資源を制御するプログラムによって実現することができる。このコンピュータの構成例を図８に示す。

[0059] コンピュータは、ＣＰＵ２００と、記憶装置２０１と、インタフェース装置（Ｉ／Ｆ）２０２とを備えている。Ｉ／Ｆ２０２には、異常検知システム等が接続される。このようなコンピュータにおいて、本発明の評価方法を実現させるためのプログラムは記憶装置２０１に格納される。ＣＰＵ２００は、記憶装置２０１に格納されたプログラムに従って第１、第２の実施例で説明した処理を実行する。

産業上の利用可能性

[0060] 本発明は、プラントの異常を検知するためのモデルを作成する技術に適用することができる。

符号の説明

[0061] １，１ａ…モデル作成部、２，２ａ…異常検知モデル、３，３ａ…評価値算出部、４，４ａ…評価部、５…モデルパラメータ修正部、６…モデル選択

部。

請求の範囲

[請求項1] 時系列データである説明変数データと目的変数データの正常範囲との関係をモデル化した異常検知モデルを作成するように構成されたモデル作成部と、

検証用の説明変数を前記異常検知モデルに入力したときに前記異常検知モデルから出力された目的変数の正常範囲の推定結果と、前記検証用の説明変数に対応する目的変数の実測データとに基づいて、推定結果と実測データの時系列データの各時刻における差異を集約することで、前記異常検知モデルの評価値を算出するように構成された評価値算出部と、

前記評価値に基づいて前記異常検知モデルを評価するように構成された評価部とを備えることを特徴とする異常検知モデルの評価システム。

[請求項2] 請求項１記載の異常検知モデルの評価システムにおいて、

前記評価部は、前記評価値を予め定められた閾値と比較することにより、前記異常検知モデルを評価することを特徴とする異常検知モデルの評価システム。

[請求項3] 請求項２記載の異常検知モデルの評価システムにおいて、

前記評価値算出部は、前記異常検知モデルから出力された目的変数の上限値の推定値と下限値の推定値とによって規定される正常範囲に前記目的変数の実測データが含まれる割合を示す包含率と、前記目的変数の実測データと前記正常範囲の動きの類似度を示す追従度と、前記上限値の推定値と前記下限値の推定値との幅の３つを、前記評価値として算出し、

前記評価部は、前記３つの評価値のうち複数の評価値を統合した総合評価値または１つの評価値に基づいて、前記異常検知モデルを評価することを特徴とする異常検知モデルの評価システム。

[請求項4] 請求項１記載の異常検知モデルの評価システムにおいて、

前記モデル作成部は、異なる異常検知モデルを複数作成し、

前記評価値算出部は、前記評価値を前記異常検知モデル毎に算出し、

前記評価部は、前記異常検知モデル毎の評価値を比較することにより、前記異常検知モデルのそれぞれを評価することを特徴とする異常検知モデルの評価システム。

[請求項5] 請求項４記載の異常検知モデルの評価システムにおいて、

前記評価値算出部は、前記異常検知モデルから出力された目的変数の上限値の推定値と下限値の推定値とによって規定される正常範囲に前記目的変数の実測データが含まれる割合を示す包含率と、前記目的変数の実測データと前記正常範囲の動きの類似度を示す追従度と、前記上限値の推定値と前記下限値の推定値との幅の３つを、前記評価値として算出し、

前記評価部は、前記３つの評価値のうち複数の評価値を統合した総合評価値または１つの評価値に基づいて、前記異常検知モデルのそれぞれを評価することを特徴とする異常検知モデルの評価システム。

[請求項6] 請求項１乃至５のいずれか１項に記載の異常検知モデルの評価システムにおいて、

前記異常検知モデルは、ニューラルネットワークであることを特徴とする異常検知モデルの評価システム。

[請求項7] 時系列データである説明変数データと目的変数データの正常範囲との関係をモデル化した異常検知モデルを作成する第１のステップと、

検証用の説明変数を前記異常検知モデルに入力したときに前記異常検知モデルから出力された目的変数の正常範囲の推定結果と、前記検証用の説明変数に対応する目的変数の実測データとに基づいて、推定結果と実測データの時系列データの各時刻における差異を集約することで、前記異常検知モデルの評価値を算出する第２のステップと、

前記評価値に基づいて前記異常検知モデルを評価する第３のステッ

プとを含むことを特徴とする異常検知モデルの評価方法。

[請求項8] 請求項７記載の異常検知モデルの評価方法において、

前記第３のステップは、前記評価値を予め定められた閾値と比較することにより、前記異常検知モデルを評価するステップを含むことを特徴とする異常検知モデルの評価方法。

[請求項9] 請求項８記載の異常検知モデルの評価方法において、

前記第２のステップは、前記異常検知モデルから出力された目的変数の上限値の推定値と下限値の推定値とによって規定される正常範囲に前記目的変数の実測データが含まれる割合を示す包含率と、前記目的変数の実測データと前記正常範囲の動きの類似度を示す追従度と、前記上限値の推定値と前記下限値の推定値との幅の３つを、前記評価値として算出するステップを含み、

前記第３のステップは、前記３つの評価値のうち複数の評価値を統合した総合評価値または１つの評価値に基づいて、前記異常検知モデルを評価するステップを含むことを特徴とする異常検知モデルの評価方法。

[請求項10] 請求項７記載の異常検知モデルの評価方法において、

前記第１のステップは、異なる異常検知モデルを複数作成するステップを含み、

前記第２のステップは、前記評価値を前記異常検知モデル毎に算出するステップを含み、

前記第３のステップは、前記異常検知モデル毎の評価値を比較することにより、前記異常検知モデルのそれぞれを評価するステップを含むことを特徴とする異常検知モデルの評価方法。

[請求項11] 請求項１０記載の異常検知モデルの評価方法において、

前記第２のステップは、前記異常検知モデルから出力された目的変数の上限値の推定値と下限値の推定値とによって規定される正常範囲に前記目的変数の実測データが含まれる割合を示す包含率と、前記目

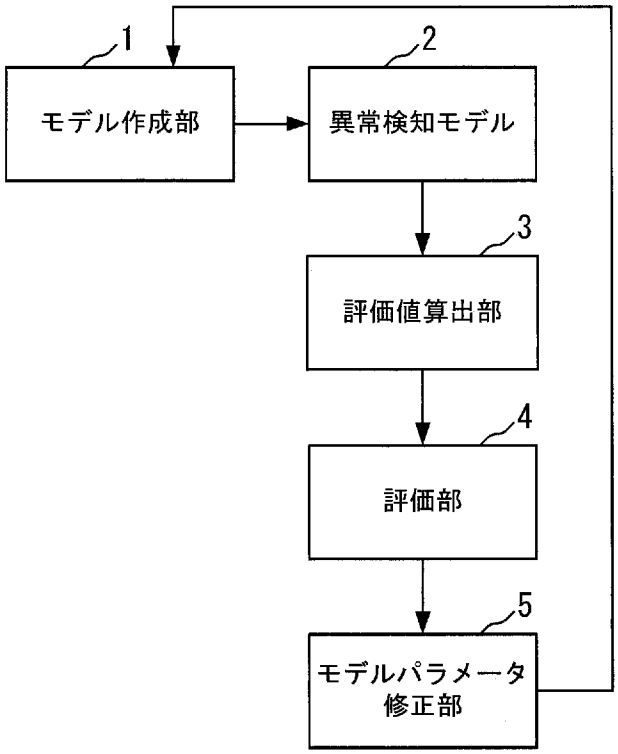
的変数の実測データと前記正常範囲の動きの類似度を示す追従度と、前記上限値の推定値と前記下限値の推定値との幅の３つを、前記評価値として算出するステップを含み、

前記第３のステップは、前記３つの評価値のうち複数の評価値を統合した総合評価値または１つの評価値に基づいて、前記異常検知モデルのそれぞれを評価するステップを含むことを特徴とする異常検知モデルの評価方法。

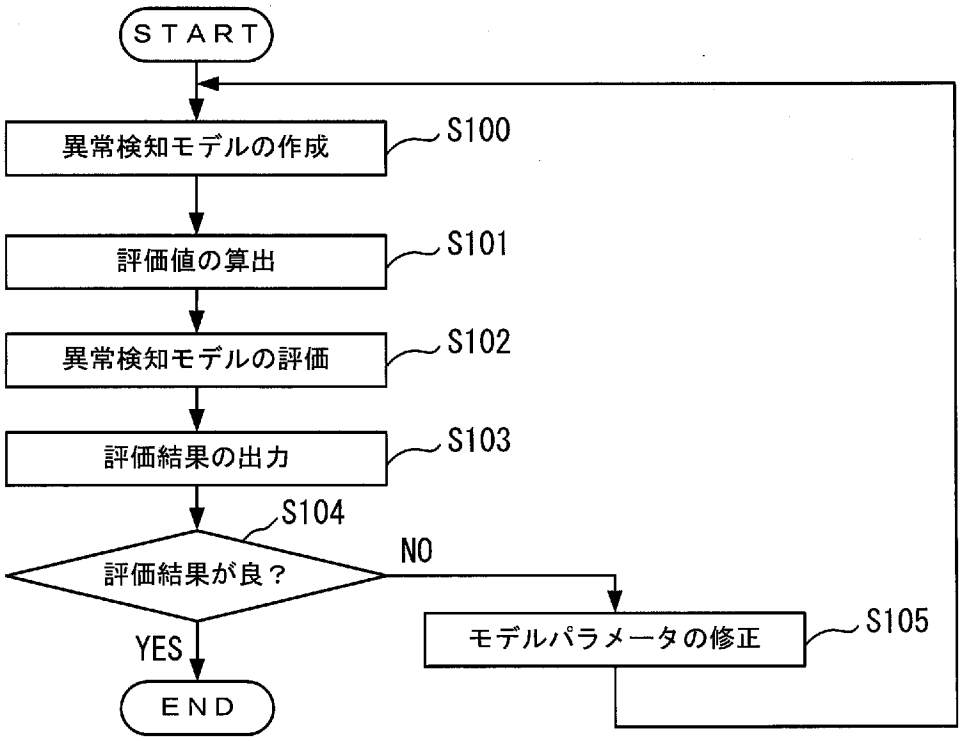
[請求項12] 請求項７乃至１１のいずれか１項に記載の異常検知モデルの評価方法において、

前記異常検知モデルは、ニューラルネットワークであることを特徴とする異常検知モデルの評価方法。

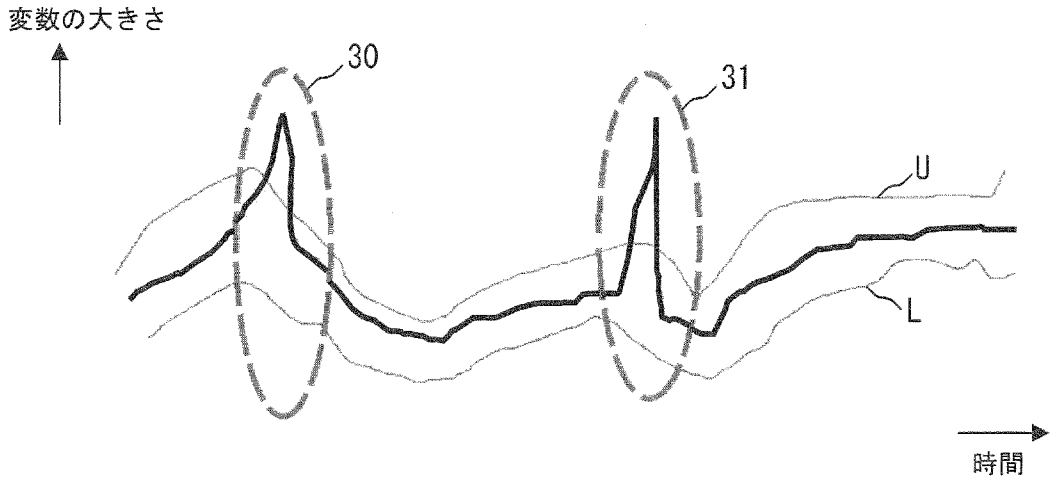
[図1]


1
2
モデル作成部
異常検知モデル
3
評価値算出部
4
評価部
5
モデルパラメータ
修正部

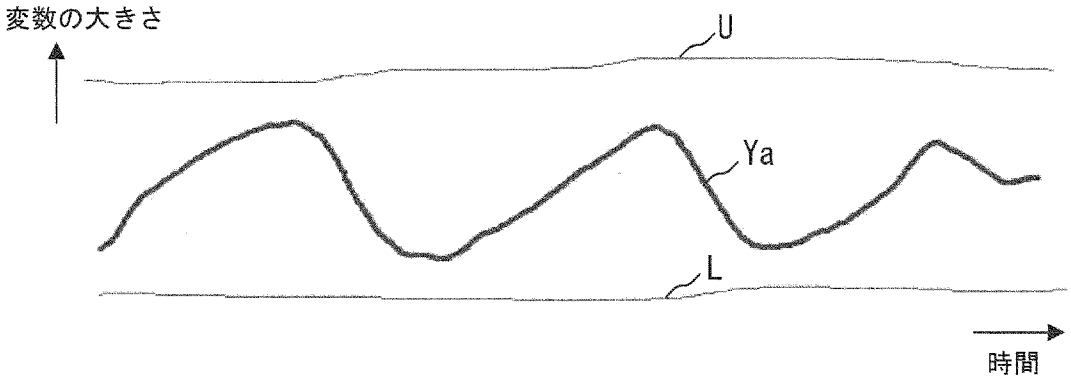
[図2]


START
異常検知モデルの作成
S100
評価値の算出
S101
異常検知モデルの評価
S102
評価結果の出力
S103
S104
評価結果が良？
NO
YES
モデルパラメータの修正
S105
END

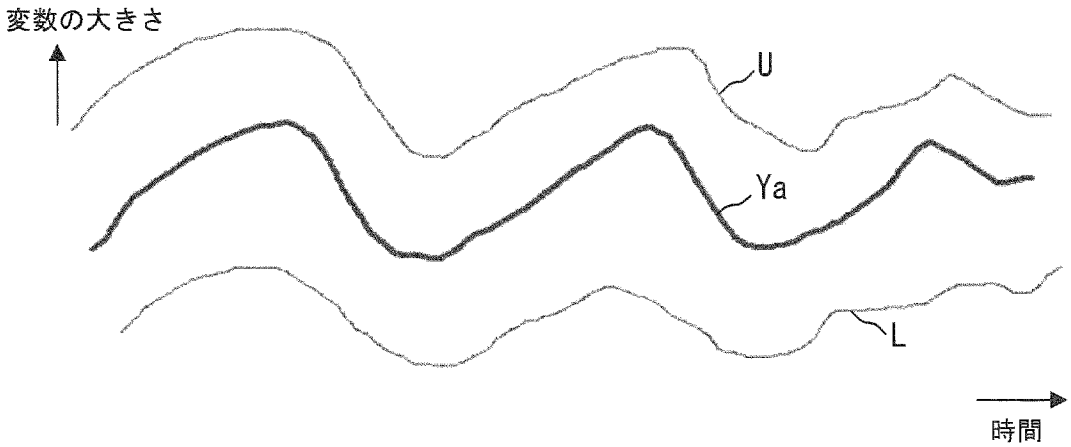
[図3]



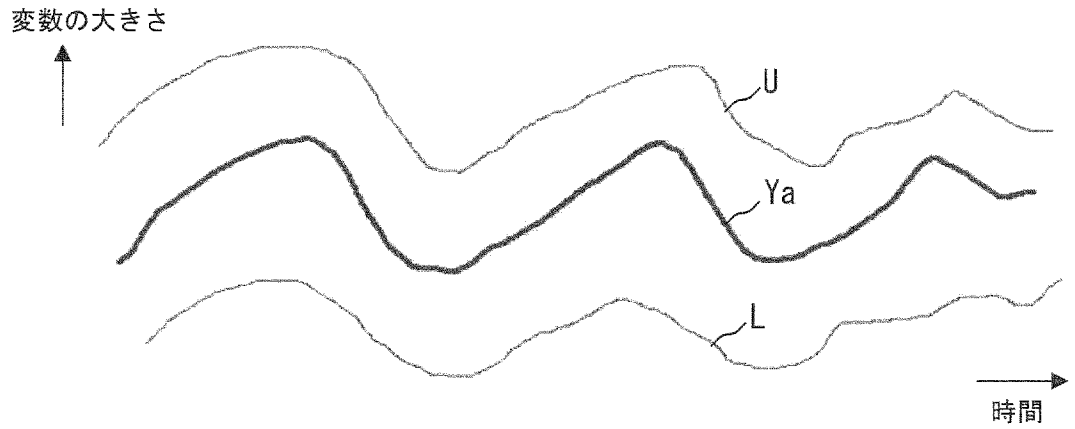
[図4A]



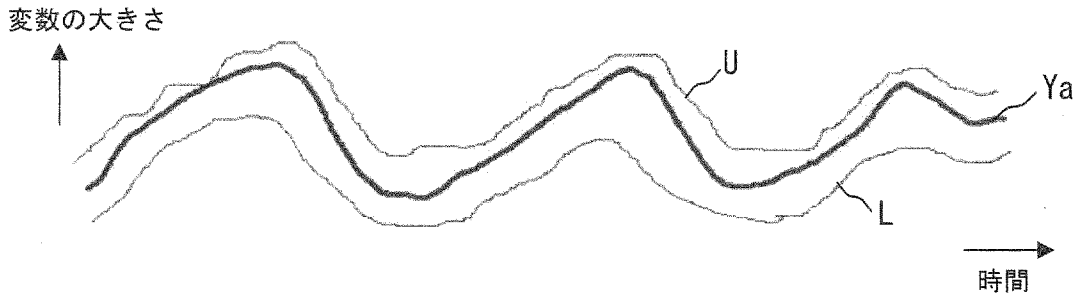
[図4B]



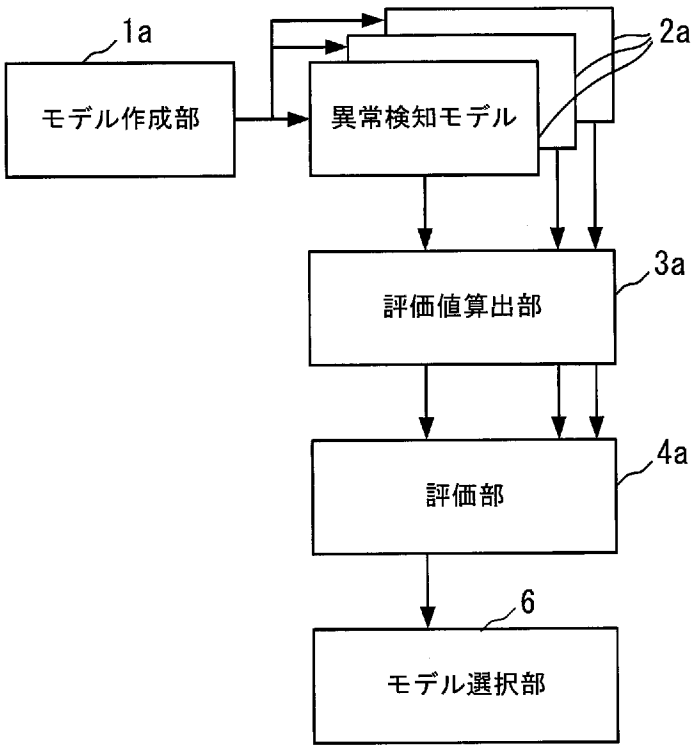
[図5A]


変数の大きさ
U
Ya
L
時間

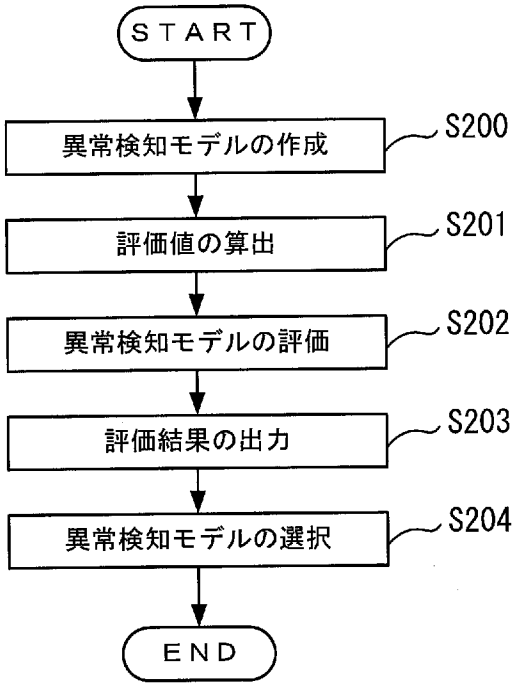
[図5B]


変数の大きさ
U
Ya
L
時間

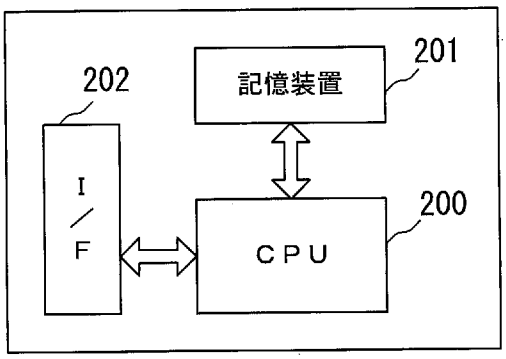
[図6]


1a
モデル作成部
異常検知モデル
2a
評価値算出部
3a
評価部
4a
6
モデル選択部

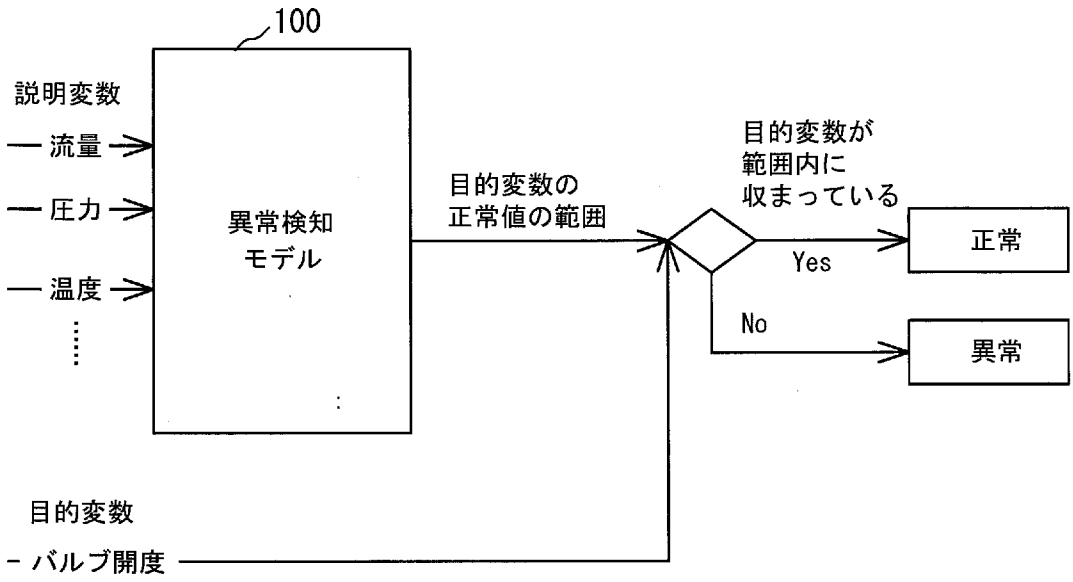
[図7]


START
異常検知モデルの作成
S200
評価値の算出
S201
異常検知モデルの評価
S202
評価結果の出力
S203
異常検知モデルの選択
S204
END

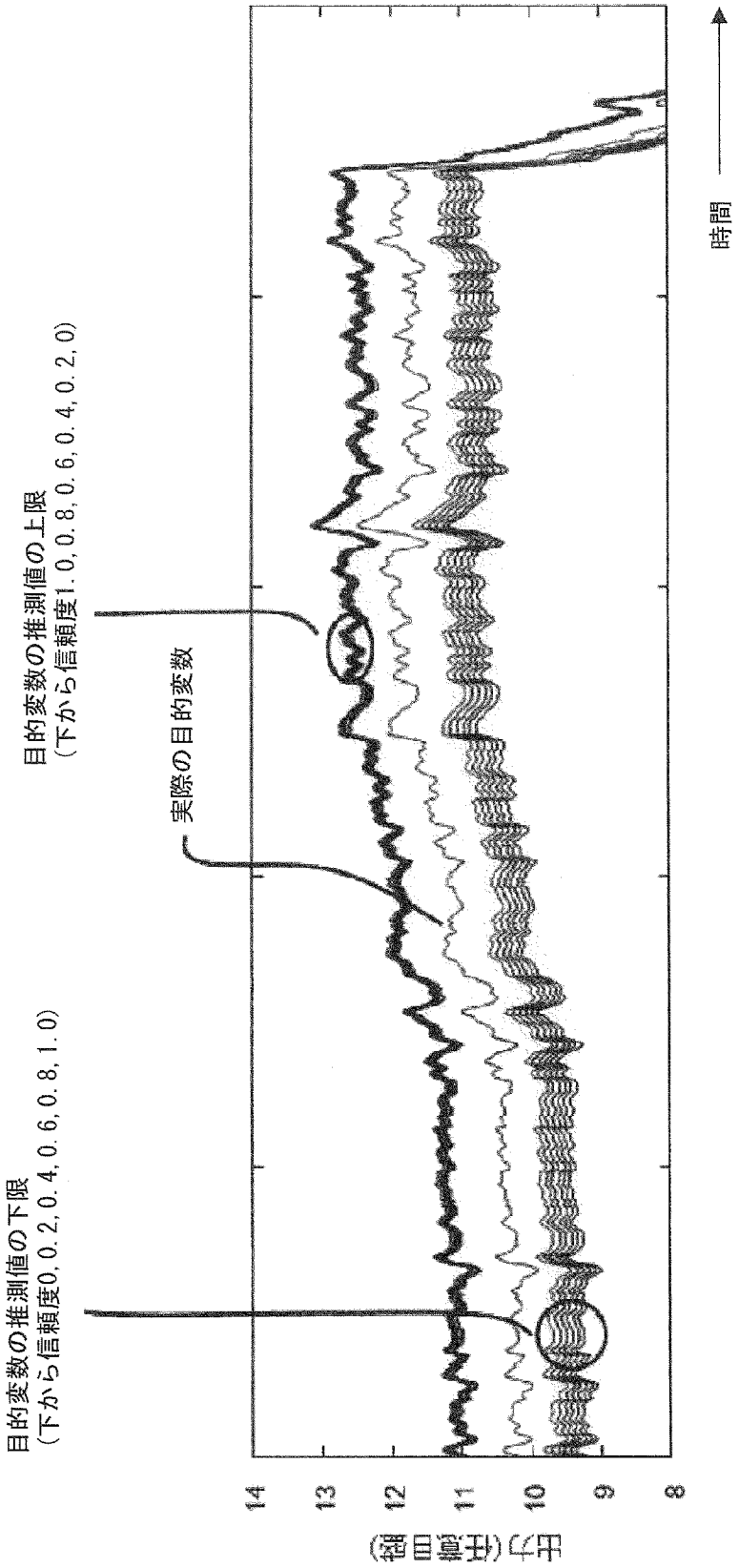
[図8]


202
記憶装置
201
I
/
F
CPU
200

[図9]


100
説明変数
流量
圧力
温度
異常検知
モデル
目的変数の
正常値の範囲
目的変数が
範囲内に
収まっている
Yes
No
正常
異常
目的変数
バルブ開度

[図10]


目的変数の推測値の下限
(下から信頼度0.0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0)
実際の目的変数
目的変数の推測値の上限
(下から信頼度1.0,0.8,0.6,0.4,0.2,0.0)
出力(任意目盛)
14
13
12
11
10
9
8
時間

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/030333

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 23/02(2006.01)i
FI: G05B23/02 V

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)

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 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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	JP 2016-71456 A (AZBIL CORP.) 09 May 2016 (2016-05-09) paragraphs [0017]-[0039], fig. 1-6	1-12
Y	JP 2019-133212 A (HITACHI, LTD.) 08 August 2019 (2019-08-08) paragraphs [0004], [0018], [0019], [0080]-[0086], fig. 11-13	1-12
Y	JP 2016-4298 A (NEC CORP.) 12 January 2016 (2016-01-12) paragraph [0032]	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
"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
20 October 2021	**02 November 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/030333

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2016-71456 A	09 May 2016	(Family: none)	
JP 2019-133212 A	08 August 2019	WO 2019/146315 A1 paragraphs [0004], [0018], [0019], [0080]-[0086], fig. 11-13	
JP 2016-4298 A	12 January 2016	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/030333

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G05B 23/02(2006.01)i
FI: G05B23/02 V

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））

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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	JP 2016-71456 A (アズビル株式会社) 09.05.2016 (2016-05-09) 段落[0017]-[0039],図1-6	1-12
Y	JP 2019-133212 A (株式会社日立製作所) 08.08.2019 (2019-08-08) 段落[0004],[0018]-[0019],[0080]-[0086],図11-13	1-12
Y	JP 2016-4298 A (日本電気株式会社) 12.01.2016 (2016-01-12) 段落[0032]	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	国際調査報告の発送日
20.10.2021	02.11.2021

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）

影山　直洋 3U 5785

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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/JP2021/030333

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2016-71456 A	09.05.2016	（ファミリーなし）	
JP 2019-133212 A	08.08.2019	WO 2019/146315 A1 段落[0004],[0018]-[0019], [0080]-[0086],図11-13	
JP 2016-4298 A	12.01.2016	（ファミリーなし）	