(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
2021年12月2日(02.12.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/241578 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01)　*G05B 19/418* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2021/019800

(22) 国際出願日：　2021年5月25日(25.05.2021)

(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 2020-095038　2020年5月29日(29.05.2020)　JP

(71) 出願人: 株式会社ダイセル (**DAICEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒5300011 大阪府大阪市北区大深町３番１号 Osaka (JP).

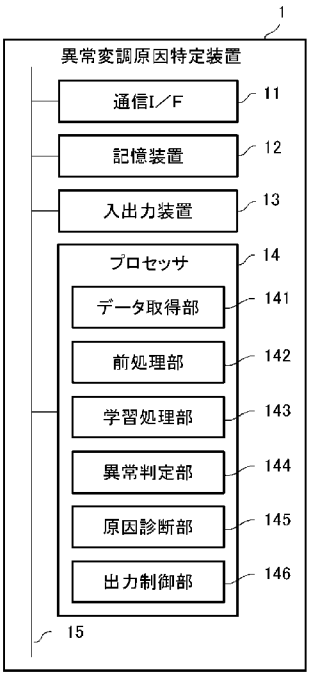
(72) 発明者: 岡 洋輝 (**OKA, Hiroki**); 〒1088230 東京都港区港南２－１８－１ 株式会社ダイセル内 Tokyo (JP). 山野 幸一 (**YAMANO, Koichi**); 〒1088230 東京都港区港南２－１８－１ 株式会社ダイセル内 Tokyo (JP). 三好 史浩 (**MIYOSHI, Fumihiro**); 〒1088230 東京都港区港南２－１８－１ 株式会社ダイセル内 Tokyo (JP). 小園 英俊 (**KOZONO, Hidetoshi**); 〒1088230 東京都港区港南２－１８－１ 株式会社ダイセル内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人秀和特許事務所 (**IP FIRM SHUWA**); 〒1030004 東京都中央区東日本橋三丁目４番１０号 アクロポリス２１ビル８階 Tokyo (JP).

(54) **Title:** ABNORMAL MODULATION CAUSE IDENTIFYING DEVICE, ABNORMAL MODULATION CAUSE IDENTIFYING METHOD, AND ABNORMAL MODULATION CAUSE IDENTIFYING PROGRAM

(54) 発明の名称： 異常変調原因特定装置、異常変調原因特定方法及び異常変調原因特定プログラム

[図15]



1 Abnormal modulation cause identifying device
11 Communication I/F
12 Storage device
13 Input/output device
14 Processor
141 Data acquisition unit
142 Pre-processing unit
143 Learning processing unit
144 Abnormality determination unit
145 Cause diagnosis unit
146 Output control unit

(57) **Abstract:** The present invention improves the performance for identifying the cause of an abnormal modulation in production equipment. This abnormal modulation cause identifying device comprises: a process data acquisition unit that reads out process data from a storage device which stores a plurality of types of process data that are continuously output by a plurality of sensors provided to production equipment; an abnormality determination unit that calculates an abnormality

WO 2021/241578 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, JP, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

degree which indicates the degree of modulation in the process data read out by the process data acquisition unit; and a cause diagnosis unit that determines the accuracy of a cause of modulation on the basis of the proportion of process data, from among the plurality of types of process data, for which the abnormality degree calculated by the abnormality determination unit satisfies a prescribed criteria, such determination carried out using causal relationship information that defines a combination of a cause and a modulation in the plurality of types of process data which appears as an impact generated by the cause.

(57) 要約:生産設備における異常変調の原因の特定性能を向上させる。異常変調原因特定装置は、生産設備が備える複数のセンサによって継続的に出力される複数の種類のプロセスデータを記憶する記憶装置から、プロセスデータを読み出すプロセスデータ取得部と、プロセスデータ取得部が読み出したプロセスデータの変調の程度を表す異常度を算出する異常判定部と、原因と、当該原因から生じる影響として現れる複数の種類のプロセスデータの変調との組合せを定義する因果関係情報を用いて、複数の種類のプロセスデータのうち、異常判定部が算出した異常度が所定の基準を満たすプロセスデータの割合に基づいて変調の原因の確度を求める原因診断部とを備える。

明　細　書

発明の名称 ：

異常変調原因特定装置、異常変調原因特定方法及び異常変調原因特定プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、異常変調原因特定装置、異常変調原因特定方法及び異常変調原因特定プログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、プラントから受信する運転データを用いて、異常の原因を推定するための技術が提案されていた。例えば、過去に発生した第一異常事象の発生確率の重み付けを、未発生の第二異常事象の発生確率の重み付けよりも重くして、異常の予兆の原因を推定する技術が提案されている（特許文献１）。また、診断対象プロセスの異常が検出された場合に、診断対象プロセスの状態を示すプロセス変数の寄与の割合を示す寄与率を推定し、寄与率に基づいて、予め定義された登録事象の中から異常の要因である可能性のある事象を推定する技術も提案されている（特許文献２）。

[0003] また、プロセスの状態を予測する複数のサブモデルを用いて、プロセスの正常状態からの逸脱指標を算出し、サブモデルごとに算出した逸脱指標からなる逸脱指標パターンセットに基づいて、プロセスで発生した異常状態の原因を推定する技術も提案されている（特許文献３）。また、監視運転データを構成する複数の運転データの各々について監視異常度に対する監視寄与度を算出し、監視寄与度の大きい上位Ｎ個の運転データにより構成される診断対象データ群を抽出し、診断対象データ群と、参照運転データに含まれる参照寄与度の大きい上位Ｍ個の運転データにより構成される診断参照データ群との合致指標を算出し、合致指標が合致判定閾値以上となる参照運転データに基づいてプラントの異常を予測する技術も提案されている（特許文献４）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１８－１０９８５１号公報

特許文献2：特開２０１８－１２０３４３号公報

特許文献3：特開２０１９－１６０３９号公報

特許文献4：特開２０１９－５７１６４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一般的に、生産設備においては、異常変調を予防し、安全性、安定性、生産物の品質、コスト等への影響を抑制することが望ましい。本技術は、生産設備における異常変調の原因の特定性能を向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 異常変調原因特定装置は、生産設備が備える複数のセンサによって継続的に出力される複数の種類のプロセスデータを記憶する記憶装置から、プロセスデータを読み出すプロセスデータ取得部と、プロセスデータ取得部が読み出したプロセスデータの変調の程度を表す異常度を算出する異常判定部と、原因と、当該原因から生じる影響として現れる複数の種類のプロセスデータの変調との組合せを定義する因果関係情報を用いて、複数の種類のプロセスデータのうち、異常判定部が算出した異常度が所定の基準を満たすプロセスデータの割合に基づいて、変調の原因の確度を求める原因診断部とを備える。

[0007] 上述のような確度によれば、生産設備における異常変調について想定される原因の確からしさがわかるため、原因の特定性能を向上させることができる。

[0008] また、原因診断部は、複数の種類のプロセスデータについて、プロセスデータの種類に応じた係数、又は異常度の大きさに基づいた係数を乗じ、変調の原因の確度を求めるようにしてもよい。プロセスデータの種類や異常度の

大きさに応じて重み付けをすることにより、変調の原因の確度をより精度よく算出できるようになる。

[0009] また、変調に対して、変調を生じさせ得る原因の複数の候補及び当該原因の確度を出力装置に出力させる出力制御部をさらに備えるようにしてもよい。出力によって、例えばユーザは、異常変調又はその兆候、想定原因の候補等を認識し、変調に対処することができるようになる。

[0010] なお、課題を解決するための手段に記載の内容は、本開示の課題や技術的思想を逸脱しない範囲で可能な限り組み合わせることができる。また、課題を解決するための手段の内容は、コンピュータ等の装置若しくは複数の装置を含むシステム、コンピュータが実行する方法、又はコンピュータに実行させるプログラムとして提供することができる。なお、プログラムを保持する記録媒体を提供するようにしてもよい。

発明の効果

[0011] 開示の技術によれば、生産設備における異常変調の原因の特定精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図１は、本実施形態に係るシステムの一例を表す図である。

[図2]図２は、プラントが備える機器によって行われるプロセスの一例を示す模式的な図である。

[図3]図３は、バッチ工程におけるプロセスデータの一例を説明するための図である。

[図4]図４は、予め設定しておく工程ライン定義テーブルの一例を示す図である。

[図5]図５は、予め設定しておくタグ定義テーブルの一例を示す図である。

[図6]図６は、連続工程におけるプロセスデータの一例を説明するための図である。

[図7]図７は、トレーサビリティ情報の一例を示す図である。

[図8]図８は、連続工程におけるプロセスデータとバッチ工程における製造番

号との対応付けを説明するための図である。

[図9]図９は、知識ベースに予め登録される情報の一例を示す図である。

[図10]図１０は、変調とその原因との関係を表すロジックツリーの一例を示す図である。

[図11]図１１は、プロセスデータの同期処理を説明するための図である。

[図12]図１２は、時系列データについて基準からの距離によって異常度を算出する例を説明するための図である。

[図13]図１３は、時系列データについて正負の方向を考慮した、基準からの距離によって異常度を算出する例を説明するための図である。

[図14]図１４は、オートエンコーダを用いた異常検知を説明するための図である。

[図15]図１５は、異常変調原因特定装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図16]図１６は、異常変調原因特定装置が実行する学習処理の一例を示す処理フロー図である。

[図17]図１７は、アクションテーブルの一例を示す図である。

[図18]図１８は、異常変調原因特定装置が実行する異常検知処理の一例を示す処理フロー図である。

[図19]図１９は、入出力装置に出力される画面の一例を示す図である。

[図20]図２０は、入出力装置に出力される画面の他の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しつつ異常変調原因特定装置の実施形態について説明する。

[0014] ＜実施形態＞

図１は、本実施形態に係るシステムの一例を表す図である。システム１００は、異常変調原因特定装置１と、制御ステーション２と、プラント３とを含む。システム１００は、例えば分散型制御システム（ＤＣＳ：Distributed Control System）であり、複数の制御ステーション２を含む。すなわち、プ

ラント３の制御系は複数の区画に分割され、各制御区画が制御ステーション２によって分散制御される。制御ステーション２は、ＤＣＳにおける既存の設備であり、プラント３が備えるセンサ等から出力される状態信号を受信したり、プラント３に対して制御信号を出力する。そして、制御信号に基づいて、プラント３が備えるバルブ等のアクチュエータやその他の機器が制御される。

[0015] 異常変調原因特定装置１は、制御ステーション２を介してプラント３の状態信号（プロセスデータ）を取得する。プロセスデータは、原料や中間的な生産物である処理対象の温度、圧力、流量等や、プラント３が備える機器の運転条件を定める設定値等を含む。また、異常変調原因特定装置１は、想定される原因と、例えば異常として現れる影響との対応関係を記憶する知識ベースに基づく異常検知モデルを作成する。例えば、知識ベースに基づいて作成された、プロセスデータの変化について許容範囲からの逸脱を検知する手法に基づいて異常変調やその予兆、その原因を特定するためのモデルが作成される。そして、異常変調原因特定装置１は、モデルとプロセスデータとを用いて、異常変調の発生又はその予兆を検知することができる。また、異常変調原因特定装置１は、異常変調の原因及びそれに対処するためのアクションを記憶するテーブルと、特定された原因とに基づいて、例えば異常変調を抑制するための運転条件の候補を求め、ユーザに提示してもよい。

[0016] 図２は、プラントが備える機器によって行われるプロセスの一例を示す模式的な図である。本実施形態では、プロセスは、バッチ工程３１と連続工程３２とを含み得る。バッチ工程３１においては、所定の処理単位ごとに処理対象が逐次処理され、例えば各機器への原料の受入れ、保持、排出といった処理が順に行われる。連続工程３２においては、継続して導入される処理対象が連続的に処理され、例えば、原料の受入れ、保持、排出といった処理が並行して行われる。また、プロセスは、並列に同一の処理を行う複数の系列３３を含み得る。

[0017] 各処理を行う機器は、例えば反応器、蒸留装置、熱交換器、圧縮機、ポン

プ、タンク等を含み、これらが配管を介して接続されている。また、機器や配管の所定の位置には、センサやバルブ等が設けられる。センサは、温度計、流量計、圧力計、レベル計、濃度計等を含み得る。また、センサは、各機器の運転状態を監視し、状態信号を出力する。また、プラント３が備えるセンサは、センサの各々を特定するための識別情報である「タグ」が付されているものとする。すなわち、タグに基づいてプロセスデータの種類を特定することができる。そして、異常変調原因特定装置１及び制御ステーション２は、各機器への入出力信号を、タグに基づいて管理する。

[0018] ＜バッチ工程＞

図３は、バッチ工程におけるプロセスデータの一例を説明するための図である。図３の左側の列は、図２に示したバッチ工程３１のプロセスの一部を示す。具体的には、プロセスは、シュレッダー３０１と、サイクロン３０２と、前処理３０３と、予冷機３０４と、反応機３０５とを含む。また、これらのプロセスは、前処理工程、予冷工程、反応工程に分類されている。図３の右側の列は、各プロセスにおいて取得されるプロセスデータの一例を示す。前処理工程においては、タグが００１及び００２であるセンサから時系列のデータが取得される。予冷工程においては、タグが００３及び００４であるセンサから時系列のデータが取得される。反応工程においては、タグが００５、００６及び００７であるセンサから時系列のデータが取得される。また、バッチ工程においては、製造番号（「製番」、「バッチナンバー」、「管理番号」とも呼ぶ）と対応付けられた処理対象を、断続的に処理する。すなわち、製造番号は、バッチ工程においてまとめて処理される処理対象を識別するための識別情報である。図３に示すように、時間の経過と共に、後続の製造番号と対応付けられた処理対象に関する時系列のデータが得られる。本実施形態では、制御ステーション２が、製造番号や、バッチ工程を構成する細分化された工程における処理の段階を示すステップを管理するものとする。なお、ステップを、制御ステーション２と接続されたプラント３内のＰＬＣ（Programmable Logic Controller，シーケンサ）によってリセットする

場合には、制御ステーション２とプラント３との通信のタイミングに応じて適宜（例えばＰＬＣにおいてステップが切り替わった後、設定時間経過後に）制御ステーション２から出力されるプロセスデータの製造番号を採用するようにしてもよい。また、設定時間は、製造ラインごと、細分化された工程ごとに設定できるようにしてもよい。

[0019] 図４は、予め設定しておく工程ライン定義テーブルの一例を示す図である。工程ライン定義テーブルは、系列及び工程ごとに、製造番号、各工程における処理の段階を示すステップの定義、各工程において処理される処理対象の品種が登録される。工程ライン定義テーブルは、いわゆるデータベースのテーブルであってもよいし、ＣＳＶのような所定の形式のファイルであってもよい。また、工程ライン定義テーブルも、予めユーザによって作成され、異常変調原因特定装置１によって読み出される。

[0020] 工程ライン定義テーブルは、系列、工程、製番、ステップ、品種の各属性を含む。系列のフィールドには、プロセスの系列を特定するための識別情報が登録される。工程のフィールドには、バッチ工程における細分化された工程を示す識別情報が登録される。製番のフィールドには、バッチ工程においてまとめて処理される処理対象を識別するための識別情報である製造番号が登録される。ステップのフィールドには、当該工程における処理の段階を示す複数のステップのタイミングの定義が登録される。品種のフィールドには、処理対象の種別が登録される。

[0021] 図５は、予め設定しておくタグ定義テーブルの一例を示す図である。タグ定義テーブルは、各タグに対応するセンサから得られるプロセスデータの取得タイミングを定義する。

なお、タグ定義テーブルは、いわゆるデータベースのテーブルであってもよいし、ＣＳＶ（Comma Separated Values）のような所定の形式のファイルであってもよい。また、タグ定義テーブルは、予めユーザによって作成され、異常変調原因特定装置１によって読み出される。

[0022] タグ定義テーブルは、タグ、系列、工程、収集間隔の各属性を含む。タグ

のフィールドには、センサの識別情報であるタグが登録される。系列のフィールドには、プロセスの系列を特定するための識別情報が登録される。工程のフィールドには、バッチ工程における細分化された工程を示す識別情報が登録される。収集間隔のフィールドには、センサの出力値を取得する間隔を示す情報が登録される。

[0023] ＜連続工程＞

図６は、連続工程におけるプロセスデータの一例を説明するための図である。図６の左側の列は、図２に示した連続工程３２のプロセスの一部を示す。具体的には、プロセスは、タンク３１１と、ポンプ３１２とを含む。図６の右側の列は、各プロセスにおいて取得されるプロセスデータの一例を示す。連続工程３２においては、タグと対応付けられ、製造番号とは対応付けられていない時系列のデータが、センサから継続して取得される。連続工程においては、タグが１０２及び１０３である各センサから時系列のデータが取得される。連続工程においては、機器が連続的に処理対象を受け入れ、継続して処理を行う。

[0024] バッチ工程の後に連続工程を行う場合、バッチ工程における処理対象と連続工程における処理対象とを紐づけるために、本実施形態では予めユーザによって設定されるトレーサビリティ情報を用いる。図７は、トレーサビリティ情報の一例を示す図である。トレーサビリティ情報は、サンプリング間隔及び滞留時間の各属性を含む。サンプリング間隔のフィールドには、連続工程において例えば縮分法による工程検査のためのサンプリングを行う間隔が登録される。滞留時間のフィールドには、バッチ工程の完了から、連続工程に含まれるプロセスに到達するまでに処理対象が滞留する時間が登録される。

[0025] 図８は、連続工程におけるプロセスデータとバッチ工程における製造番号との対応付けを説明するための図である。プロセスデータの取得は、例えばトレーサビリティ情報に設定された間隔で行われる。また、バッチ工程の後に連続工程を行う場合、所定の期間に完了したバッチ工程による生成物が、

連続工程の処理対象としてタンク等に導入される。したがって、連続工程におけるプロセスデータは、バッチ工程の完了からセンサによる測定時までの処理対象の滞留時間を遡り、バッチ工程の完了時刻が所定の期間に含まれる製造番号群と対応付けることができる。このような紐づけにより、バッチ工程と連続工程とが続けて実施される場合において、バッチ工程におけるプロセスデータを利用する異常原因の特定精度を向上させることができる。

[0026] 以上のように、バッチ処理における製造番号と連続工程における測定タイミングとの対応付けにより、異常原因の特定精度を向上させることができる。

[0027] 図９は、知識ベースに予め登録される情報の一例を示す図である。知識ベースは、異常変調原因特定装置１の記憶装置に予め記憶されるものとする。図９のテーブルは、センサ（タグ）の各々に対応する「影響」の列と、変調の「想定原因」を示す行とを含む。すなわち、各行に示す「原因１」、「原因２」等の原因によって影響を受けるセンサに対応する列に、値の変動の方向が登録されている。知識ベースにおいては、変動の方向を、センサの出力値の増加（上昇）を表す「上」又は減少（降下）を表す「下」で表示している。

なお、図９に示すように、原因と影響の組み合わせは１対１とは限らない。また、各センサに対応付けて、プロセスデータの演算方法、抽出タイミング、異常判定に用いる閾値等が定められている。演算方法の行には、各センサの出力値に対して行う演算を示す情報が登録される。なお、本実施形態においては、例えば、ホテリング法、ｋ近傍法、DTW Barycenter Averaging、Autoencoder、グラフィカルラッソ等の機械学習手法を用いて演算を行うものとする。抽出タイミングの行には、各センサの出力値のうち異常判定に用いる値を抽出するタイミングを示す情報が登録される。タイミングは、例えばバッチ処理においては、各工程における処理の段階を示すステップや特定の期間、時点等で定義してもよい。また、連続処理においては、図７に示したようなサンプリング間隔等によって定義してもよい。閾値の行には、各異常判

定手法において異常と判定する基準である閾値が登録される。閾値は、例えば上限及び下限の２つを含むものであってもよい。以上のように、知識ベースは、原因となる事象と、それに起因して生じるプロセスデータの変調である影響との因果関係の組合せを定義する。また、因果関係の組合せは、影響として現れる変調を根とし、その想定原因を葉とし、原因から変調に至る過程で現れる事象を時系列に沿った階層状に接続したツリー形式で表すことができる。

[0028] 知識ベースは、例えばＨＡＺＯＰ（Hazard and Operability Study）に基づいてユーザが予め作成するものとする。ＨＡＺＯＰは、例えば、プラントを構成する計装機器による監視ポイントでの検知手段、管理範囲（上下限の閾値でありアラームの設定点）、管理範囲からのずれ（異常、変調）、管理範囲からのずれが発生する想定原因の列挙、いずれの想定原因によりずれが発生したかを判断するロジック（検知手段）、ずれが発生したことによる影響、ずれが発生した場合にとる処置、その処置に対するアクションに関し、これらを関連付けて網羅的に列挙するための手法である。なお、ＨＡＺＯＰに限らず、ＦＴＡ（Fault Tree Analysis）、ＦＭＥＡ（Failure Mode and Effect Analysis）、ＥＴＡ（Event Tree Analysis）又はこれらを応用した手法や、これらに類する手法、オペレータへのヒアリング結果から抽出された内容、作業標準書や技術標準書から抽出された内容に基づいて知識ベースを作成するようにしてもよい。本実施形態では、知識ベースにおいて因果関係を有するとされているパラメータに基づいて異常検知を行う。

[0029] 以上のようなテーブルに設定される情報に基づいて、異常変調原因特定装置１は、プラント３から取得したプロセスデータのうち所定のタイミングのデータを抽出し、予め定められた手法によって異常判定を行う。図１０は、変調とその原因との関係を表すロジックツリーの一例を示す図である。ロジックツリーは、図９に示した知識ベースに基づいて作成することができる。また、図１０のロジックツリーは、生産工程における上流側であって時系列上の早期の事象を左側に配置し、生産工程における下流側であって時系列上

の後続の事象を右側に配置し、想定原因から影響として現れる変調に向かって矢印で階層状に接続したものである。また、ロジックツリーは、知識ベーステーブルにおける１つの変調に対して複数の想定原因が存在する場合は分岐させて接続し、想定原因から変調までの過程において共通して現れる事象を束ねて表示している。各分岐の上流側の端部に位置する太い実線の矩形は、知識ベーステーブルの想定原因に相当し、図９及び図１０の括弧内の数字が対応している。また、細い実線の矩形は、知識ベーステーブルの影響に相当し、プロセスデータによって観察できる事象を表している。このような影響の各々について、知識ベーステーブルで定められた演算方法に応じた演算が行われる。また、各想定原因について、上記演算を行うための数式を含むモデルが定義され、モデルを用いて異常又はその予兆を検知したり、その原因特定を支援できるようになる。

[0030] ＜演算方法＞

上述の演算は、例えば次のような手法を含むものであってもよい。また、異常変調原因特定装置１は、これらの演算結果を表示するようにしてもよい。

[0031] ・ホテリング法（T^2法）

例えば１つのセンサから得られる複数のプロセスデータが所定の確率密度関数に従うと仮定し、プロセスデータを用いて算出される標本平均及び標本標準偏差から、母集団の平均及び標準偏差を推定する。所定の確率密度関数は、例えば正規分布である。そして、母集団の平均から検証対象のプロセスデータまでの距離に基づいて異常度を求める。例えばマハラノビス距離の２乗に基づいて異常度が決定される。なお、プロセスデータそのものの瞬時値を用いてもよいし、所定期間におけるプロセスデータの最大値、最小値、積分値、標準偏差、又は微分係数（傾き）等を用いてホテリング理論に基づく異常度を算出するようにしてもよい。ホテリング法によれば、所定の基準からの外れ値を検知することができる。

[0032] ・ｋ近傍法

例えば１以上のセンサから得られる時系列のプロセスデータをベクトル化又は行列化し、データ同士の距離を算出する。距離は、ユークリッド距離でもよいし、マハラノビス距離やマンハッタン距離であってもよい。そして、検証対象のデータからｋ番目に近いデータとの距離に応じて異常度を判定する。ｋ近傍法においては他のデータとの関係に基づいて判断する。したがって、例えば正常値が複数のクラスターに分類できるような場合においては、複数のクラスターのいずれからも遠い外れ値を検知することができる。

[0033] ・ＤＴＷ（Dynamic Time Wrapping） Barycenter Averaging

異なるバッチ処理におけるプロセスデータのような複数の時系列データに基づいて、平均的な時系列データを算出することができる。例えば、バッチ処理における対応する区間の、異なる製造番号のプロセスデータについて、それぞれ上記平均的な時系列データとの距離を算出することができる。図１１は、プロセスデータの同期処理を説明するための図である。製造番号が異なるバッチ処理の時系列データに含まれる要素である個々の値について、異なる時系列データに含まれる値同士の最短距離を総当たり的に求め、最短距離の積算値が最も小さくなるように、時間軸方向に時系列データをスライドさせて位置合わせを行う。すなわち、時系列データの類似度に基づいて、複数の時系列データを同期させる。このようにすれば、プラント３において実施される工程におけるステップが時系列上で対応するように、複数のプロセスデータを重ねて表示できるようになる。そして、同期させた時系列データ同士の距離の積算値に基づき、ｋ近傍法やホテリング理論により異常度を演算する。ＤＴＷ Barycenter Averagingによれば、時系列データ間の類否の程度に基づいて異常を検知することができる。

[0034] 平均のような基準からの乖離について、正負の符号を付した異常度を算出するようにしてもよい。図１２は、時系列データについて基準からの距離の大きさによって異常度を算出する例を説明するための図である。図１３は、同じ時系列データについて正負の方向を考慮した、基準からの距離によって異常度を算出する例を説明するための図である。それぞれ、縦軸は例えば平

均からの乖離の程度を表すものとする。破線の矩形で示す部分においては実際のところ変調が発生しているが、図１２の例に示す値のみからでは検知が困難である。一方、図１３の例においては正負の方向が逆に乖離する傾向が表れているため、変調の検知が容易になっている。

[0035] 例えば上述のホテリング法においては、距離を２乗せずに、基準からの乖離の程度を正又は負の符号付きの値として求めることで、図１３のような異常度が求められる。ＤＴＷ Barycenter Averaging等においては、時系列データにおける極大値等の特徴的な点について例えば次の式により正又は負の符号を決定すると共に、算出された値を距離の大きさに乗じる。

符号決定式＝（μ－ｘ）／｜μ－ｘ｜

なお、μは、訓練データの平均値（基準値）、ｘは検証対象のプロセスデータである。このように、符号決定式によれば、時系列データの所定の時点における基準値と、対応する時点における検証対象のプロセスデータとの大小関係に応じて、上記の時点における基準との乖離の方向を表す符号を決定することができる。また、基準からの乖離の程度を示す、符号付きの値を用いることで、図１３のような異常度を求めることができ、誤検知を抑えることができる。また、時系列データにおける特徴的な点として、極大値のほか、極小値や、ある時点のプロセスデータと別の時点のプロセスデータとの差等を用いてもよい。

[0036] ・オートエンコーダ（自己符号化器）

図１４は、オートエンコーダを用いた異常検知を説明するための図である。本手法では、複数のセンサからのプロセスデータの関係の特徴に基づいて異常判定を行う。具体的には、ニューラルネットワークを用いて、例えば入力データである連続処理やバッチ処理のプロセスデータそのものを教師値とし、入力データの圧縮（エンコード）及び復元（デコード）を行うことができるモデルを作成する。ニューラルネットワークは、例えば、入力層及び出力層のノード数がセンサの数に対応し、中間層のノード数はセンサの数よりも少ない。入力層に入力された情報は、中間層において圧縮され、出力層に

おいて復元される。なお、中間層は複数存在してもよく、層間の接続構造は全結合には限定されない。そして、正常時のプロセスデータを訓練データとして学習処理を行い、入力層の値と出力層の値との差が小さくなるようにパラメータを調整したモデルが作成される。また、異常判定処理においては、検証対象のプロセスデータを入力し、入力層の値と出力層の値との差に応じた異常度を演算する。すなわち、異常のあるプロセスデータが入力された場合、中間層において圧縮された情報を出力層において適切に復元することができず、入力層と出力層の値の差が大きくなるため、この差に基づいて異常検知を行うことができる。オートエンコーダによれば、複数のセンサ間の出力値の関係の特徴に基づいて異常を検知することができる。

[0037] ・グラフィカルラッソ

例えば連続処理やバッチ処理における複数のセンサからのプロセスデータの共分散行列に基づいて変数間の依存関係を数値化し、基準となる疎なグラフとして表す。正常時においては、変数間の依存関係は、基準から大きく崩れないものと判断できる。そして、異常判定処理においては、検証対象のプロセスデータを用いて、変数間の依存関係を求め、上述した基準との差異の大きさに応じた異常度を演算する。グラフィカルラッソによれば、プロセスデータ間の相関関係を数値化することができ、関係の崩れに基づいて異常度を検知することができる。

[0038] その他、一般的な異常検知手法やこれらを応用した手法をさらに用いるようにしてもよい。また、それぞれの手法において異常検知に用いる閾値は、プラント３の運転において実際に得られたプロセスデータを用いて、正常時には誤判定をすることができるだけ少なく、異常時には異常の発生やその予兆を速やかに検知できるような値を探索し、図９に示した知識ベースに登録しておくようにしてもよい。

[0039] ＜装置構成＞

図１５は、異常変調原因特定装置１の構成の一例を示すブロック図である。異常変調原因特定装置１は、一般的なコンピュータであり、通信インター

フェース（Ｉ／Ｆ）１１と、記憶装置１２と、入出力装置１３と、プロセッサ１４とを備えている。通信Ｉ／Ｆ１１は、例えばネットワークカードや通信モジュールであってもよく、所定のプロトコルに基づき、他のコンピュータと通信を行う。記憶装置１２は、ＲＡＭ（Random Access Memory）やＲＯＭ（Read Only Memory）等の主記憶装置、及びＨＤＤ（Hard-Disk Drive）やＳＳＤ（Solid State Drive）、フラッシュメモリ等の補助記憶装置（二次記憶装置）であってもよい。主記憶装置は、プロセッサ１４が読み出すプログラムや他のコンピュータとの間で送受信する情報を一時的に記憶したり、プロセッサ１４の作業領域を確保したりする。補助記憶装置は、プロセッサ１４が実行するプログラムや他のコンピュータとの間で送受信する情報等を記憶する。入出力装置１３は、例えば、キーボード、マウス等の入力装置、モニタ等の出力装置、タッチパネルのような入出力装置等のユーザインターフェースである。プロセッサ１４は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等の演算処理装置であり、プログラムを実行することにより本実施形態に係る各処理を行う。図１５の例では、プロセッサ１４内に機能ブロックを示している。すなわち、プロセッサ１４は、所定のプログラムを実行することにより、プロセスデータ取得部１４１、前処理部１４２、学習処理部１４３、異常判定部１４４、原因診断部１４５及び出力制御部１４６として機能する。

[0040] プロセスデータ取得部１４１は、例えば通信Ｉ／Ｆ１１及び制御ステーション２を介して、プラント３が備えるセンサからプロセスデータを取得し、記憶装置１２に記憶させる。上述したように、プロセスデータは、タグによってセンサと対応付けられている。

[0041] 前処理部１４２は、異常検知モデルの作成に際し、プロセスデータを加工する。例えば前処理部１４２は、プロセスデータと製造番号とを紐付けする。すなわち、予め記憶装置１２に保持されている上述したトレーサビリティ情報に基づいて、バッチ処理における所定のタグ、系統及び製造番号に該当するプロセスデータと、連続処理における所定のタグに該当し所定のタイミングで出力されたプロセスデータとを紐づける。また、知識ベース等のテー

ブルの設定値に基づき異常判定に用いる所定期間のデータを抽出し、各手法に応じた特徴量を演算する。なお、学習処理においては、前処理部１４２はデータクレンジングを行い、非定常の運転期間におけるデータや、異常発生時のデータ、ノイズ等の外れ値を除外して訓練データを抽出するようにしてもよい。

[0042] 学習処理部１４３は、例えば知識ベースに基づいて１以上の演算を含む異常検知モデルを作成し、記憶装置１２に記憶させる。このとき、学習処理部１４３は、訓練データの特徴を学習したパラメータを決定する。なお、複数のセンサの出力値を用いて学習処理を行う場合は、適宜正規化を行うようにしてもよい。

[0043] 異常判定部１４４は、プロセスデータと異常検知モデルとを用いて異常度を算出する。

すなわち、異常判定部１４４は、学習処理においては、交差検証を行うためのテストデータと異常検知モデルとを用いて異常度を算出する。また、異常判定処理においては、プラント３から取得されるプロセスデータを用いて異常度を算出する。

[0044] 原因診断部１４５は、算出された異常度を用いて、複数の想定原因の各々について成立度（確度）を算出する。成立度は、例えば、異常判定部が算出した異常度を用いて、知識ベースにおいて各想定原因に関連付けられている影響のうち、プロセスデータに現れている影響の割合やその程度に基づいて算出する。また、想定原因の各々に対応付けて、原因に対してとるべき対処を表すアクションを記憶装置１２に記憶させておき、ユーザへアクションを提示できるようにしてもよい。

[0045] 出力制御部１４６は、例えば入出力装置１３を介して、異常を検知した場合にアラームを発報したり、想定原因ごとの成立度を出力したりする。出力制御部１４６は、ユーザの操作に応じて適宜以上のような構成要素が、バス１５を介して接続されている。なお、便宜上、図１５に示す１つの装置がプロセスデータ取得部１４１、前処理部１４２、学習処理部１４３、異常判定

部１４４、原因診断部１４５及び出力制御部１４６を備えているが、少なくとも一部の機能を異なる装置に分散させて設けるようにしてもよい。

[0046] ＜学習処理＞

図１６は、異常変調原因特定装置１が実行する学習処理の一例を示す処理フロー図である。異常変調原因特定装置１のプロセッサ１４は、所定のプログラムを実行することにより、図１６に示すような処理を実行する。学習処理は、プラント３の過去の運転によって得られたプロセスデータを用いて任意のタイミングで実行される。また、学習処理は、主として前処理（図１６：Ｓ１）、モデル構築処理（Ｓ２）、及び検証処理（Ｓ３）を含む。すなわち、プロセスデータの一部を訓練データとし、その他をテストデータとし、交差検証を行うようにしてもよい。なお、上述のテーブル等がユーザによって作成され、予め記憶装置１２に記憶されているものとする。便宜上、図１６に示す１つの処理フローに前処理、学習処理、及び検証処理を記載しているが、例えば前処理や検証処理等、少なくとも一部を異なる装置に分散させて実行するようにしてもよい。

[0047] 異常変調原因特定装置１のプロセスデータ取得部１４１は、プロセスデータを取得する（図１６：Ｓ１１）。本ステップでは、図３や図６に示したようなプロセスデータのうち、異常検知モデルに用いられるデータが抽出される。プロセスデータは、ＯＰＣデータ、いわゆるデータベースのテーブル、ＣＳＶ等のような所定の形式のファイルで記憶装置１２に記憶されているものとする。また、プロセスデータは、日時、タグ等の属性を含み、特にバッチ処理のプロセスデータにおいては製番、ステップ等の属性をさらに含むようにしてもよい。

[0048] また、異常変調原因特定装置１の前処理部１４２は、連続処理のプロセスデータについて、製造番号との紐づけを行う（図１６：Ｓ１２）。本ステップでは、図８に示したように、連続工程において取得されるプロセスデータと、バッチ処理において取得されるプロセスデータの製造番号群とを対応付け、異常度の算出において使用するプロセスデータを対応付ける。すなわち

、図９に示した知識ベースや図１１に示したロジックツリーにおいて、ある原因がバッチ処理のプロセスデータにも連続処理のプロセスデータにも影響する場合、本ステップで紐づけられたデータに基づいて異常度や成立度の算出を行う。

[0049] そして、前処理部１４２は、異常判定モデルにおいて使用するデータの抽出及び加工を行う（図１６：Ｓ１３）。本ステップでは、前処理部１４２は、知識ベース等のテーブルの設定値に基づき異常判定に用いる所定期間のデータを抽出し、各手法に応じた特徴量を演算する。

[0050] 例えば、ホテリング法による異常度を算出する場合は、前処理部１４２は、所定のタイミングや期間のプロセスデータを抽出し、プロセスデータそのものである瞬時値や、プロセスデータの最大値、最小値、積分値、若しくは差分、反応速度の積分値、所定の時点の微分係数等を算出し、記憶装置１２に格納する。また、ｋ近接法による異常度を算出する場合は、時系列のプロセスデータをベクトル化又は行列化する。また、ＤＴＷ Barycenter Averagingによる異常度を算出する場合は、複数のプロセスデータについて同期処理を行い、平均的な時系列データを求める。また、オートエンコーダやグラフィカルラッソによる異常度を算出する場合は、複数のプロセスデータについて同期処理を行う。

[0051] なお、前処理部１４２は、プロセスデータについて所定のデータクレンジングを実施してもよい。データクレンジング処理は、外れ値を排除する処理であり、様々な手法を採用することができる。例えば、直近のデータを用いて移動平均値を算出してもよい。また、移動平均値と実測値との差をとり、差分のばらつきを表す標準偏差σを求める。そして、例えば確率分布の平均値－３σから確率分布の平均＋３σまでの区間（３σ区間とも呼ぶ）のような所定の信頼区間に入らない値を除外してもよい。同様に、前後の実測値の差について、３σ区間に入らない値を除外してもよい。

[0052] その後、異常変調原因特定装置１の学習処理部１４３は、異常検知モデル構築処理を行う（図１６：Ｓ２）。本ステップでは、図９に示した知識ベー

スに基づいて、異常度の演算を含む異常検知モデルを作成する。具体的には、図９の「想定原因」の各々に対応付けられた１以上の「影響」について、それぞれ「演算方法」に登録された手法による異常度を算出し、異常度の組み合わせで表される異常検知モデルを作成する。また、学習処理部１４３は、異常検知の手法によっては訓練データを用いてモデルのパラメータを調整する。例えば、オートエンコーダによる異常度を算出する場合は、入力されたプロセスデータの情報を圧縮した後に復元できるように、層間の重み係数を調整する。グラフィカルラッソによる異常度を算出する場合は、複数のセンサからのプロセスデータの共分散行列に基づいて変数間の依存関係を数値化する。そして、学習処理部１４３は作成した異常検知モデルを記憶装置１２に記憶させる。

[0053] 異常変調原因特定装置１の異常判定部１４４は、作成された異常検知モデルと、テストデータとを用いて、異常度の算出を行う（図１６：Ｓ３１）。本ステップでは、異常判定部１４４は、異常度算出の手法に応じて異常度を算出する。例えば、ホテリング法による異常度を算出する場合、プロセスデータを用いて母集団の標本平均及び標本標準偏差を推定し、母集団の平均から検証対象のプロセスデータまでの距離に基づいて異常度を求める。ｋ近傍法による異常度を算出する場合は、データ同士の距離を算出し、検証対象のデータからｋ番目に近いデータとの距離に応じた異常度を算出する。ＤＴＷ Barycenter Averagingによる異常度を算出する場合は、前処理において同期させた時系列データ同士の距離の積算値に基づき、ｋ近傍法やホテリング理論により異常度を求める。オートエンコーダによる異常度を算出する場合は、検証対象のプロセスデータをオートエンコーダに入力し、入力層の値と出力層の値との差に応じた異常度を求める。グラフィカルラッソによる異常度を算出する場合は、検証対象のプロセスデータを用いて、変数間の依存関係を求め、基準となる依存関係との差異の大きさに応じた異常度を求める。

[0054] 異常変調原因特定装置１の原因診断部１４５は、算出された異常度を用いて想定原因の成立度を求める（図１６：Ｓ３２）。本ステップでは、知識ベ

ースの想定原因の各々について、影響として対応付けられた変調が表れた割合に基づいて、成立度を算出する。例えば、図９の原因（２）には、タグ００２の水分の上昇、タグ００４の温度１の上昇、及びタグ００５の温度２の下降という３つの影響が対応付けられている。図１６のＳ３１において影響の各々について算出された異常度を用いて、３つの影響のうち異常度が閾値を超えたものの割合を成立度としてもよい。仮に３つの影響のうち２つについて異常度が閾値を超えた場合、例えば成立度は６６．７％とすることができる。また、成立度の算出において、影響（タグ）の種類に応じて、又は異常度の大きさに基づいて、さらに重み付けを行ってもよい。例えば、成立度として、各影響について重みを乗じた上で総和を求めるようにしてもよい。

[0055] また、出力制御部１４６は、作成されたモデルをユーザが評価するために、Ｓ３１で算出された異常度及びＳ３２で算出された成立度を出力する（図１６：Ｓ３３）。本ステップでは、プラント３の過去の運転において収集されたプロセスデータのうち、モデルの構築に用いた訓練データとは異なるテストデータを用いて交差検証を行う。また、本ステップにおいては過去に異常が発生した時点のプロセスデータも用いて適切に異常を検知してアラームやこれに対処するためのアクションが出力されるか検証する。また、学習処理部１４３は、十分な精度で異常を検知できるか判断する（図１６：Ｓ４）。精度が十分でないと判断された場合（Ｓ４：ＮＯ）、適切に異常を検知できるように、知識ベースに登録されている閾値（換言すれば、プロセスデータの正常範囲）を修正し、Ｓ３１以降の処理を繰り返す。Ｓ４において十分な精度で異常を検知できると判断された場合（Ｓ４：ＹＥＳ）、Ｓ２において作成された異常検知モデルや閾値を用いた運用を行う。なお、Ｓ４の判断の少なくとも一部は、ユーザによってなされるようにしてもよい。

[0056] なお、アクションについては、例えば想定原因に対応付けて、これに対処するためにプラント３のオペレータが行うべきアクションが予め記憶装置１２に記憶されているものとする。図１７は、アクションテーブルの一例を示す図である。図１７のテーブルは、原因、アクション１、及びアクション２

の各属性を含む。原因のフィールドには、知識ベースの想定原因に対応する原因が登録されている。アクション１及びアクション２のフィールドには、対応する原因を解消するためにプラント３のオペレータが行うべき処置を表す情報が登録されている。

[0057] ＜異常検知処理＞

図１８は、異常変調原因特定装置１が実行する異常検知処理の一例を示す処理フロー図である。異常変調原因特定装置１のプロセッサ１４は、所定のプログラムを実行することにより、図１８に示すような処理を実行する。異常検知処理は、プラント３の運転によって得られたプロセスデータを用いて、ほぼリアルタイムに実行される。異常検知処理は、主として前処理（図１８：Ｓ１０）、モデル読出処理（Ｓ２０）、及び異常判定処理（Ｓ３０）を含む。図１８には、図１６に示した学習処理と対応する工程に同一の符号を付し、以下では学習処理との相違点を中心に説明する。便宜上、学習処理を行う装置と同一の装置による処理として説明するが、異常検知処理を行う装置は、学習処理を行う装置とは異なるものであってもよい。また、学習処理において作成された異常検知モデルや閾値、知識ベース等のテーブルが、予め記憶装置１２に記憶されているものとする。

[0058] 異常変調原因特定装置１のプロセスデータ取得部１４１は、プロセスデータを取得する（図１８：Ｓ１１）。プロセスデータは、ＯＰＣデータ、いわゆるデータベースのテーブル、ＣＳＶ等のような所定の形式のファイルで記憶装置１２に記憶されているものとする。本ステップは図１６のＳ１１とほぼ同様であるが、プラント３において運転中のプロセスに関するデータが取得される。また、異常変調原因特定装置１の前処理部１４２は、連続処理のプロセスデータについて、製造番号との紐づけを行う（図１８：Ｓ１２）。本ステップは、図１６のＳ１２と同様である。そして、前処理部１４２は、異常判定モデルにおいて使用するデータの抽出及び加工を行う（図１８：Ｓ１３）。本ステップは、図１６のＳ１３とほぼ同様であるが、データクレンジングを行う必要はない。

[0059] その後、異常変調原因特定装置１の異常判定部１４４は、学習処理において作成された異常検知モデルを記憶装置１２から読み出す（図１８：Ｓ２０）。また、異常判定部１４４は、作成された異常検知モデルと、プラント３の運転によって得られたプロセスデータとを用いて、異常度の算出を行う（図１８：Ｓ３１）。本ステップは、図１６のＳ３１と同様である。また、異常変調原因特定装置１の原因診断部１４５は、算出された異常度を用いて想定原因の成立度を求める（図１８：Ｓ３２）。本ステップは、図１６のＳ３２と同様である。

[0060] また、出力制御部１４６は、Ｓ３１で算出された異常度及びＳ３２で算出された成立度を出力すると共に、いずれかの異常度が予め定められた閾値を超える場合、アラームを発報する（図１８：Ｓ３０３）。本ステップでは、プラント３の運転の状態を示すプロセスデータや異常度、想定原因の成立度が、入出力装置１３を介してユーザに提示される。

[0061] 図１９は、入出力装置１３に出力される画面の一例を示す図である。図１９は、メインの管理図の一例であり、個別のプロセスデータの推移を折れ線グラフで表している。入出力装置１３に表示された領域１３１は、プラント３から取得されるプロセスデータの識別情報と最新の値との組み合わせを複数表示している。領域１３２の管理図は、特定のプロセスデータについて値の推移を折れ線グラフで表している。なお、縦軸はプロセスデータの値を表し、横軸は時間軸を表す。また、図１９の例では実線が真値を表し、破線が推算値を表すものとする。なお、真値は、異常度を算出する対象のプロセスデータそのものであり、推算値は、異常度の算出対象のプロセスデータの回帰分析による推算値であってもよい。細い破線は、正常範囲の上限及び下限（換言すれば異常検知のための閾値）を表すものとする。なお、図１９に吹出しで示すように、ユーザがポインティングデバイス等の入出力装置１３を操作し、グラフ上にポインタを移動させた場合、ポインタが指示する時点のプロセスデータの数値を表示するようにしてもよい。領域１３３の要因効果図は、横軸に領域１３２に表示されたプロセスデータの変調の原因、または

それを特定できるタグを表示し、縦軸はその原因の成立度を棒グラフで表す。成立度が大きいほど、プロセスデータの変調の原因として可能性が高いことを示している。また、成立度は、原因診断部１４５が、プロセスデータの変調の想定原因とされる事象について、異常判定部１４４で算出される異常度に基づいて算出する。ユーザは、成立度の大きさに基づいて、変調の原因の候補とその確度を認識することができ、容易に変調原因を特定できる。また、要因効果図は、領域１３４の「診断」ボタンが押下された場合に、異常判定部１４４が指定時刻又は現在時刻における異常度を算出し、出力制御部１４６によって表示されるものとする。

そして、ユーザがポインティングデバイス等の入出力装置１３を操作し、要因効果図の棒グラフのいずれかを選択した場合、棒グラフに対応する変調の原因がロジックツリーにおいて強調表示される。

[0062] 図２０は、出力制御部１４６によって入出力装置１３に出力される画面の他の例を示す図である。図２０はツリー図の一例であり、図１０に示したようなロジックツリーが表示されている。例えば図１９においてタグ００４の棒グラフが選択された場合、タグ００４のプロセスデータに対応する影響がロジックツリー上において強調表示される。強調表示は、例えば色の変更や線種の変更など、表示態様の変更によってなされる。図２０においては、対応する矩形にハッチングを施している。また、ロジックツリーの上流側に接続された太線の矩形は、影響の想定原因を表している。図２０において吹出しで示すように各原因を表示するようにしてもよいし、原因以外のプロセスデータへの影響を表示するようにしてもよい。なお、図１８のＳ３２において算出された各原因の成立度をさらに表示したり、アクションをさらに表示したりしてもよい。また、原因は、各矩形上にユーザがポインタを移動させた場合に表示するようにしてもよい。

[0063] なお、図１９、図２０に示す「トレンド」ボタンを押下した場合、要因効果図に挙げられた各タグのプロセストレンドを表示してもよく、特に変調の原因を特定できるタグのプロセストレンドを表示してもよい。プロセストレ

ンドは、記憶装置１２に記憶されたプロセスデータを用いて、例えば、所定時間ごと、所定日数ごと、所定月数ごと、又は季節ごとのような期間毎の値を算出し、グラフ上にプロットしたものである。

[0064] また、出力制御部１４６は、例えば各演算方法により算出される異常度が所定の閾値を超えたタイミングで、異常度のログを出力するようにしてもよい。また、想定原因や成立度のログを出力するようにしてもよい。各ログは、日時、製造番号、演算方法や異常検知モデル等を紐づけて出力することにより、異常変調の解析を容易にすることができる。

[0065] ＜変形例＞

各実施形態における各構成及びそれらの組み合わせ等は、一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲内で、適宜、構成の付加、省略、置換、及びその他の変更が可能である。本開示は、実施形態によって限定されることはなく、クレームの範囲によってのみ限定される。また、本明細書に開示された各々の態様は、本明細書に開示された他のいかなる特徴とも組み合わせることができる。

[0066] また、上述した実施形態では化学プラントを例に説明したが、一般的な生産設備における製造プロセスに適用することができる。例えば、実施形態におけるバッチ工程の製造番号に代えてロット番号を処理単位として、実施形態におけるバッチ工程に準じた処理を適用してもよい。

[0067] 異常変調原因特定装置１の機能の少なくとも一部は、複数の装置に分散して実現するようにしてもよいし、同一の機能を複数の装置が並列に提供するようにしてもよい。また、異常変調原因特定装置１の機能の少なくとも一部は、いわゆるクラウド上に設けるようにしてもよい。

[0068] また、本開示は、上述した処理を実行する方法やコンピュータプログラム、当該プログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体を含む。当該プログラムが記録された記録媒体は、プログラムをコンピュータに実行させることにより、上述の処理が可能となる。

[0069] ここで、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、データやプログラム

等の情報を電気的、磁気的、光学的、機械的、または化学的作用によって蓄積し、コンピュータから読み取ることができる記録媒体をいう。このような記録媒体のうちコンピュータから取り外し可能なものとしては、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、光ディスク、磁気テープ、メモリカード等がある。また、コンピュータに固定された記録媒体としては、ＨＤＤやＳＳＤ（Solid State Drive）、ＲＯＭ等がある。

符号の説明

[0070] １：　異常変調原因特定装置

１１：　通信Ｉ／Ｆ

１２：　記憶装置

１３：　入出力装置

１４：　プロセッサ

１４１：　プロセスデータ取得部

１４２：　前処理部

１４３：　学習処理部

１４４：　異常判定部

１４５：　原因診断部

１４６：　出力制御部

２：　制御ステーション

３：　プラント

請求の範囲

[請求項1] 生産設備が備える複数のセンサによって継続的に出力される複数の種類のプロセスデータを記憶する記憶装置から、前記プロセスデータを読み出すプロセスデータ取得部と、

前記プロセスデータ取得部が読み出したプロセスデータの変調の程度を表す異常度を算出する異常判定部と、

原因と、当該原因から生じる影響として現れる前記複数の種類のプロセスデータの変調との組合せを定義する因果関係情報を用いて、前記複数の種類のプロセスデータのうち、前記異常判定部が算出した異常度が所定の基準を満たすプロセスデータの割合に基づいて、変調の原因の確度を求める原因診断部と、

を備える異常変調原因特定装置。

[請求項2] 前記原因診断部は、前記複数の種類のプロセスデータについて、前記プロセスデータの種類に応じた係数、又は前記異常度の大きさに基づいた係数を乗じ、前記変調の原因の確度を求める

請求項１に記載の異常変調原因特定装置。

[請求項3] 前記変調に対して、前記変調を生じさせ得る原因の複数の候補及び当該原因の確度を出力装置に出力させる出力制御部をさらに備える

請求項１又は２に記載の異常変調原因特定装置。

[請求項4] 生産設備が備える複数のセンサによって継続的に出力される複数の種類のプロセスデータを記憶する記憶装置から、前記プロセスデータを読み出し、

読み出された前記プロセスデータの変調の程度を表す異常度を算出し、

原因と、当該原因から生じる影響として現れる前記複数の種類のプロセスデータの変調との組合せを定義する因果関係情報を用いて、前記複数の種類のプロセスデータのうち、算出された前記異常度が所定の基準を満たすプロセスデータの割合に基づいて、変調の原因の確度

を求める、

処理をコンピュータが実行する異常変調原因特定方法。

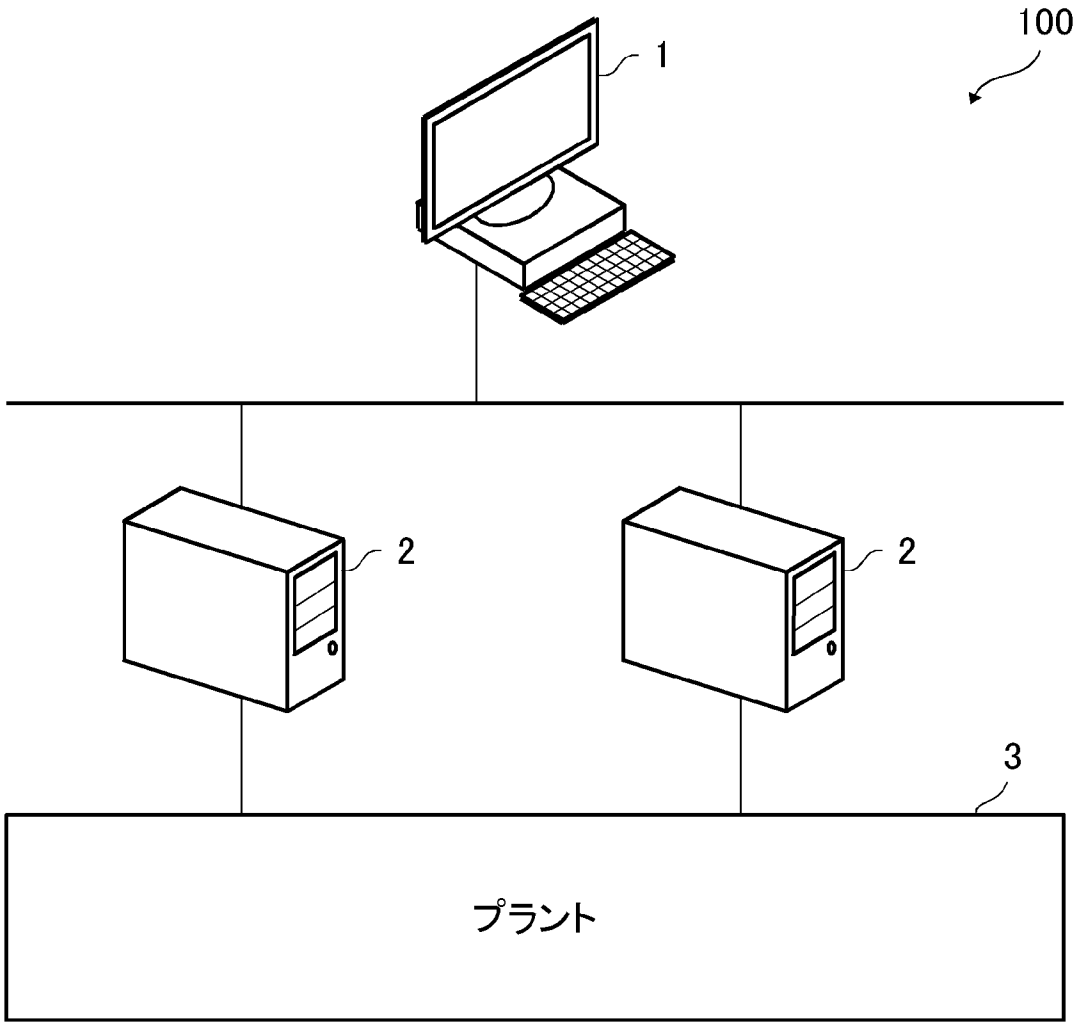
[請求項5] 生産設備が備える複数のセンサによって継続的に出力される複数の種類のプロセスデータを記憶する記憶装置から、前記プロセスデータを読み出し、

読み出された前記プロセスデータの変調の程度を表す異常度を算出し、

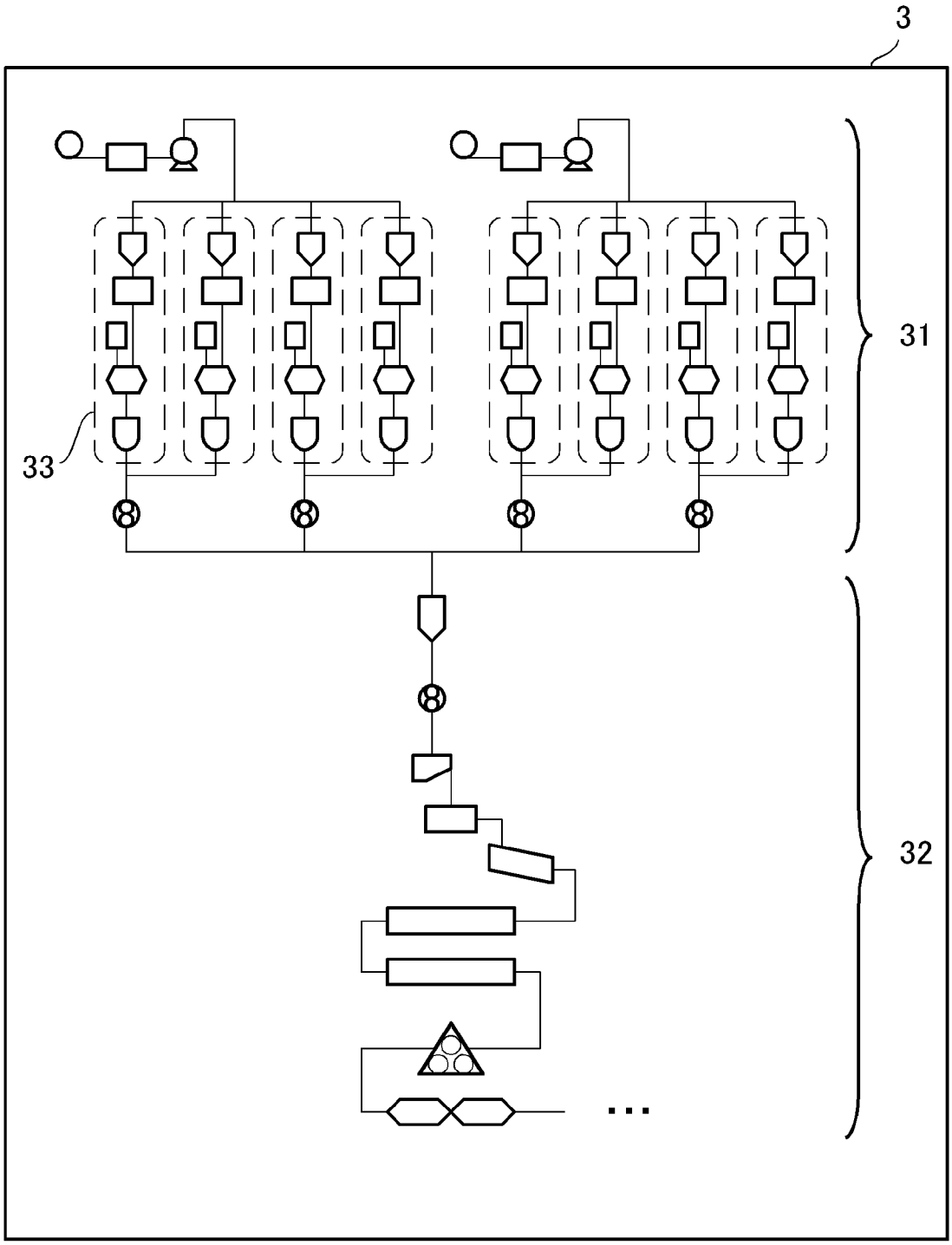
原因と、当該原因から生じる影響として現れる前記複数の種類のプロセスデータの変調との組合せを定義する因果関係情報を用いて、前記複数の種類のプロセスデータのうち、算出された前記異常度が所定の基準を満たすプロセスデータの割合に基づいて、変調の原因の確度を求める

処理をコンピュータに実行させる異常変調原因特定プログラム。

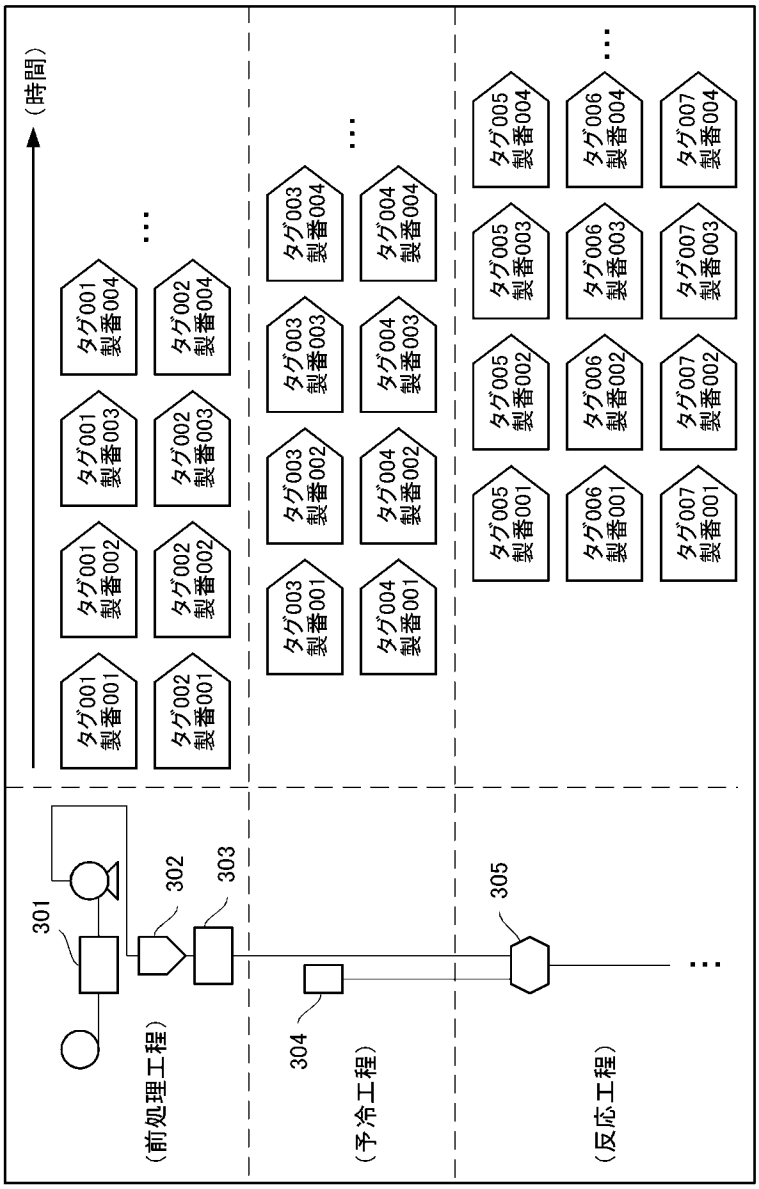
[図1]



[図2]



[図3]



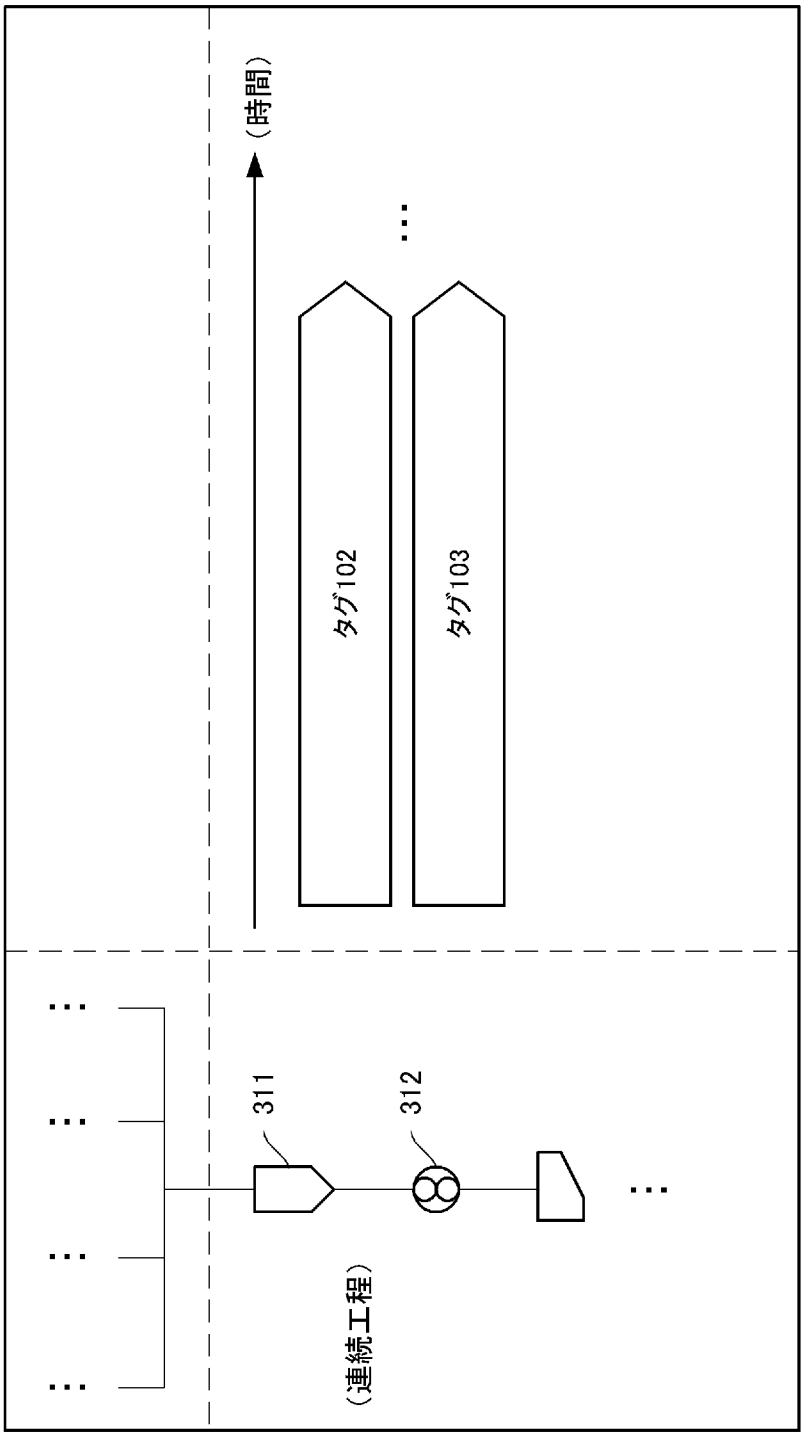
[図4]

系列	工程	製番	ステップ	品種
#1	前処理	001	ST11	F11
#1	予冷	002	ST12	F12
#1	反応	003	ST13	F13
#1	熟成	004	ST14	F14
#2	前処理	001	ST21	F21
…	…	…	…	…

[図5]

タグ	系列	工程	収集間隔 [s]
001	#1	前処理	10
002	#1	前処理	10
003	#1	前処理	10
004	#1	前処理	10
005	#1	予冷	10
006	#1	予冷	10
・・・	・・・	・・・	・・・

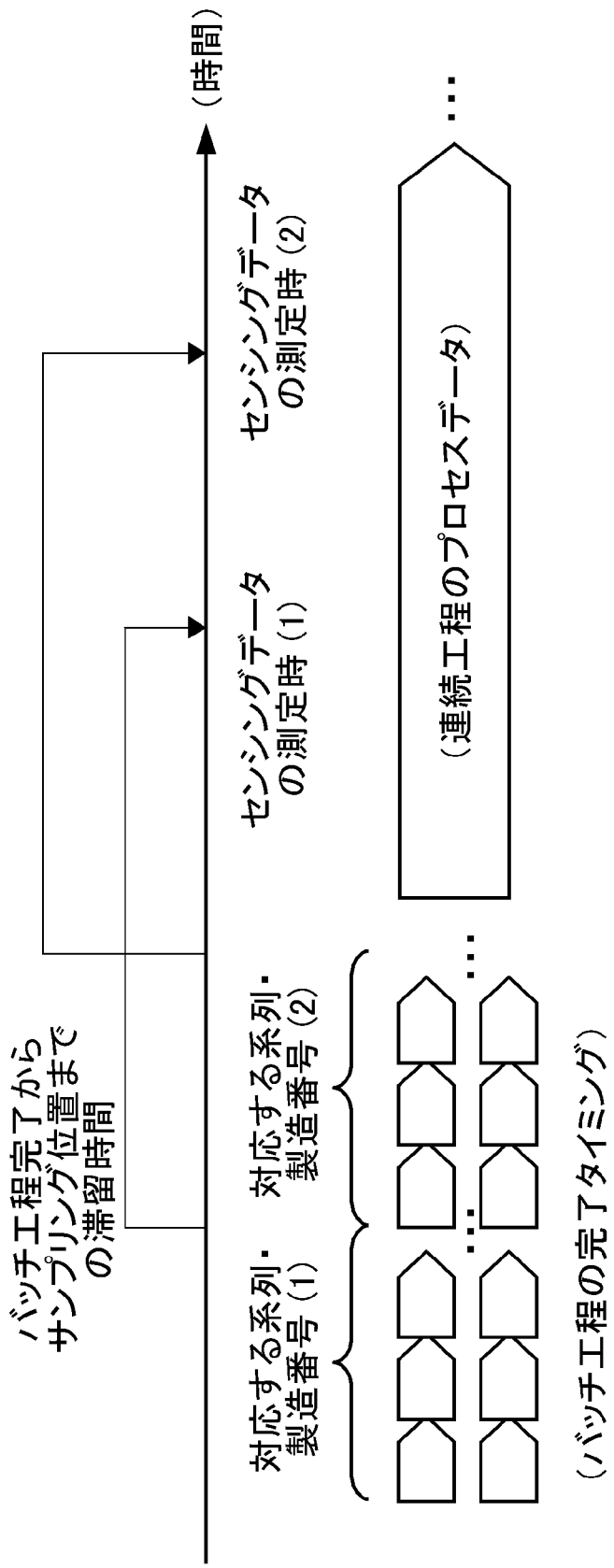
[図6]



[図7]

サンプリング間隔	滞留時間
…	…

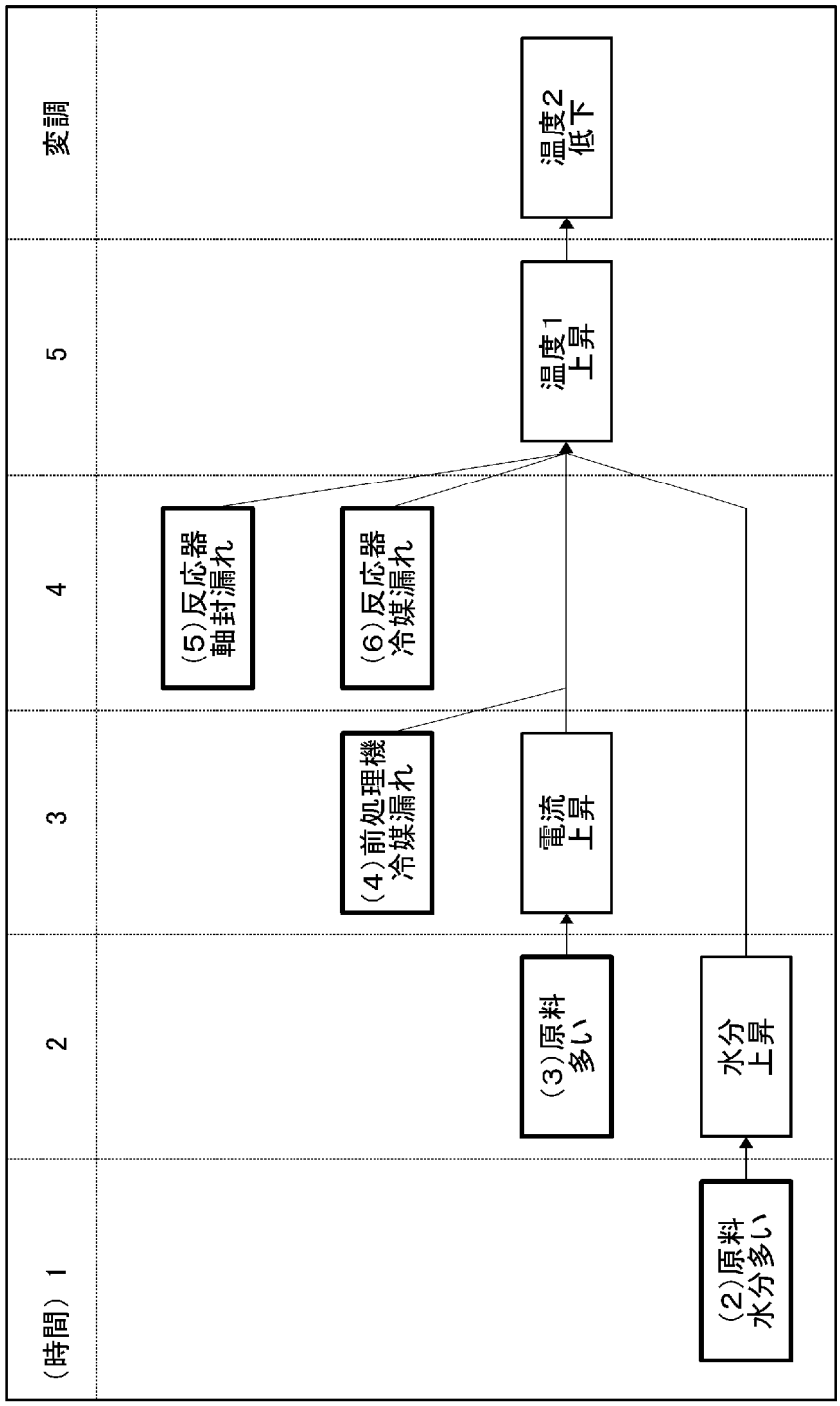
[図8]


（時間）
センシングデータ
の測定時（2）
センシングデータ
の測定時（1）
（連続工程のプロセスデータ）
バッチ工程完了から
サンプリング位置まで
の滞留時間
対応する系列・
製造番号（1）
対応する系列・
製造番号（2）
（バッチ工程の完了タイミング）

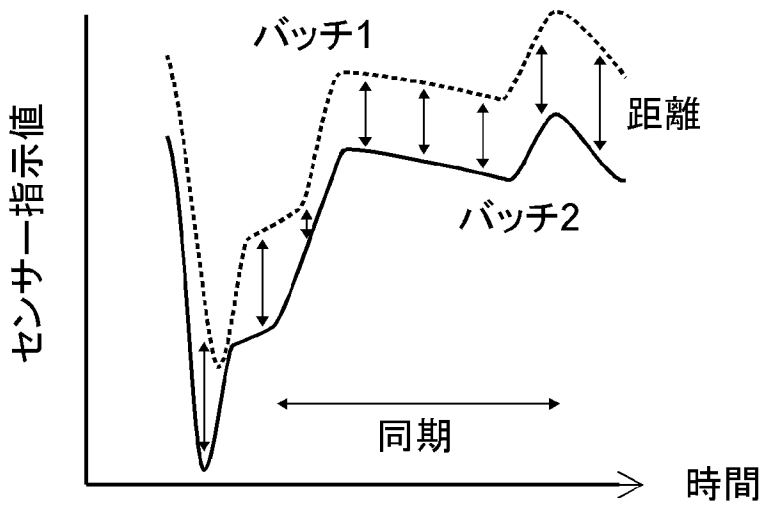
[図9]

		影響					
センサ		流量	水分	電流	温度1	温度2	・・・
タグ		001	002	003	004	005	・・・
想定原因	原因(1)	下				下	・・・
	原因(2)		上		上	下	・・・
	原因(3)			上	上	下	・・・
	原因(4)				上	下	・・・
	原因(5)				上	下	・・・
	原因(6)				上	下	・・・
	原因(7)		上	下			・・・
	原因(8)	上		下			・・・
	・・・	・・・	・・・	・・・	・・・	・・・	・・・
演算方法		H	k	DTW	AE	glasso	・・・
抽出タイミング		・・・	・・・	・・・	・・・	・・・	・・・
閾値		・・・	・・・	・・・	・・・	・・・	・・・
・・・		・・・	・・・	・・・	・・・	・・・	・・・

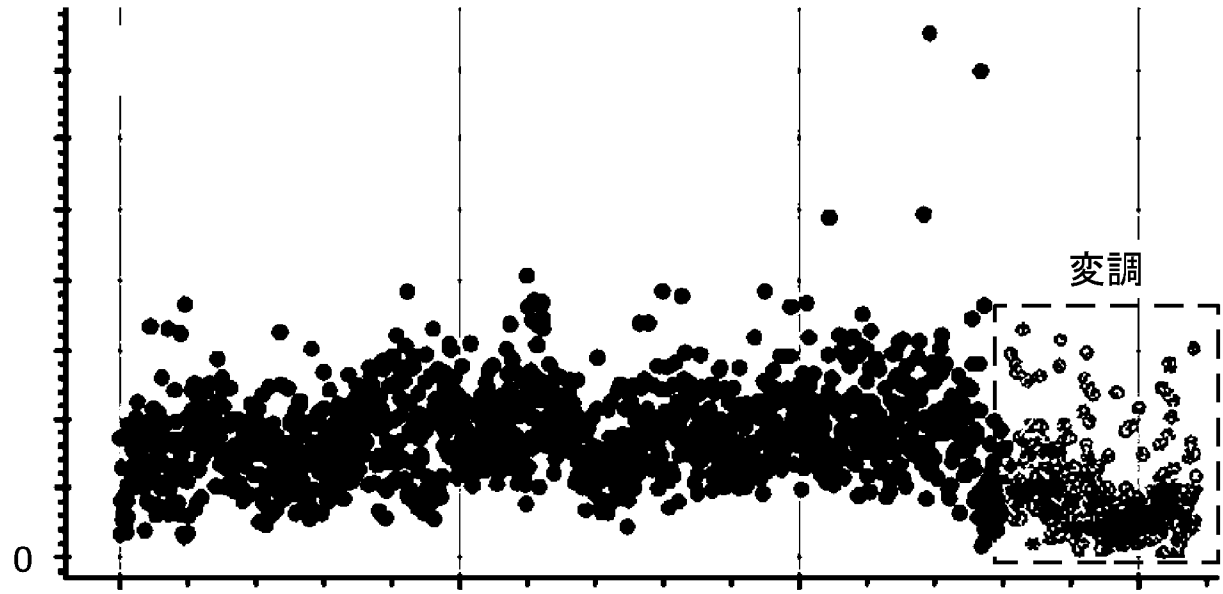
[図10]


変調
5
温度2
低下
温度1
上昇
4
(5)反応器
軸封漏れ
(6)反応器
冷媒漏れ
3
(4)前処理機
冷媒漏れ
電流
上昇
2
(3)原料
多い
水分
上昇
(時間) 1
(2)原料
水分多い

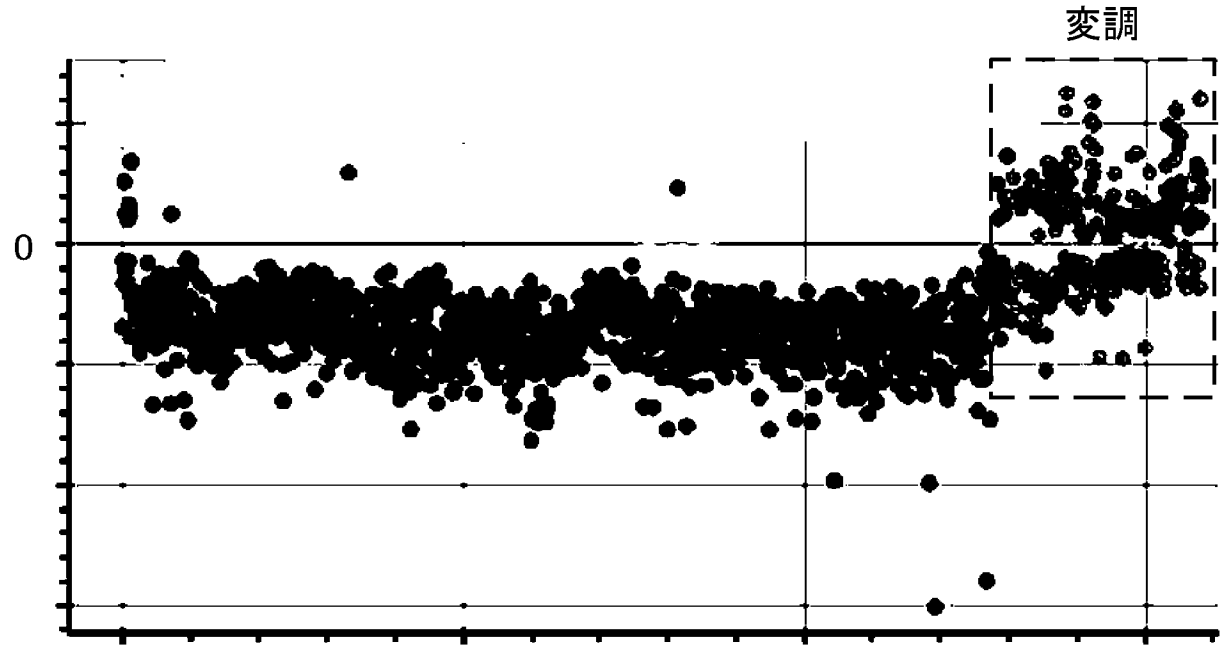
[図11]



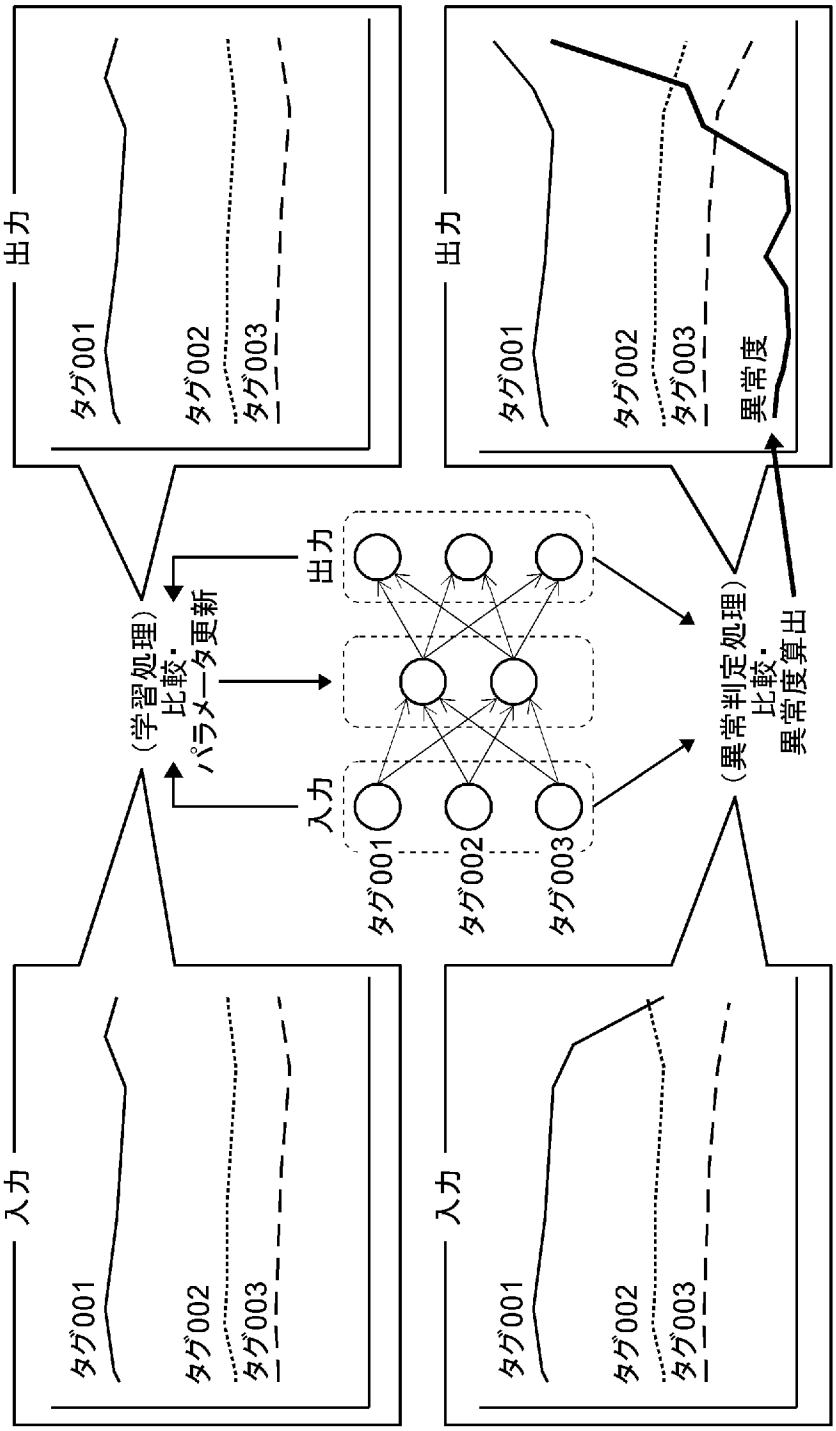
[図12]



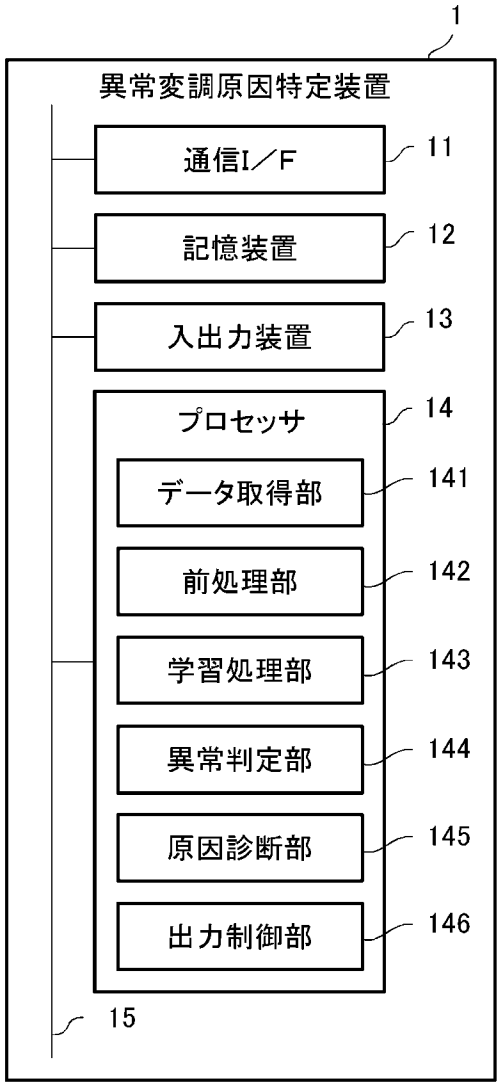
[図13]



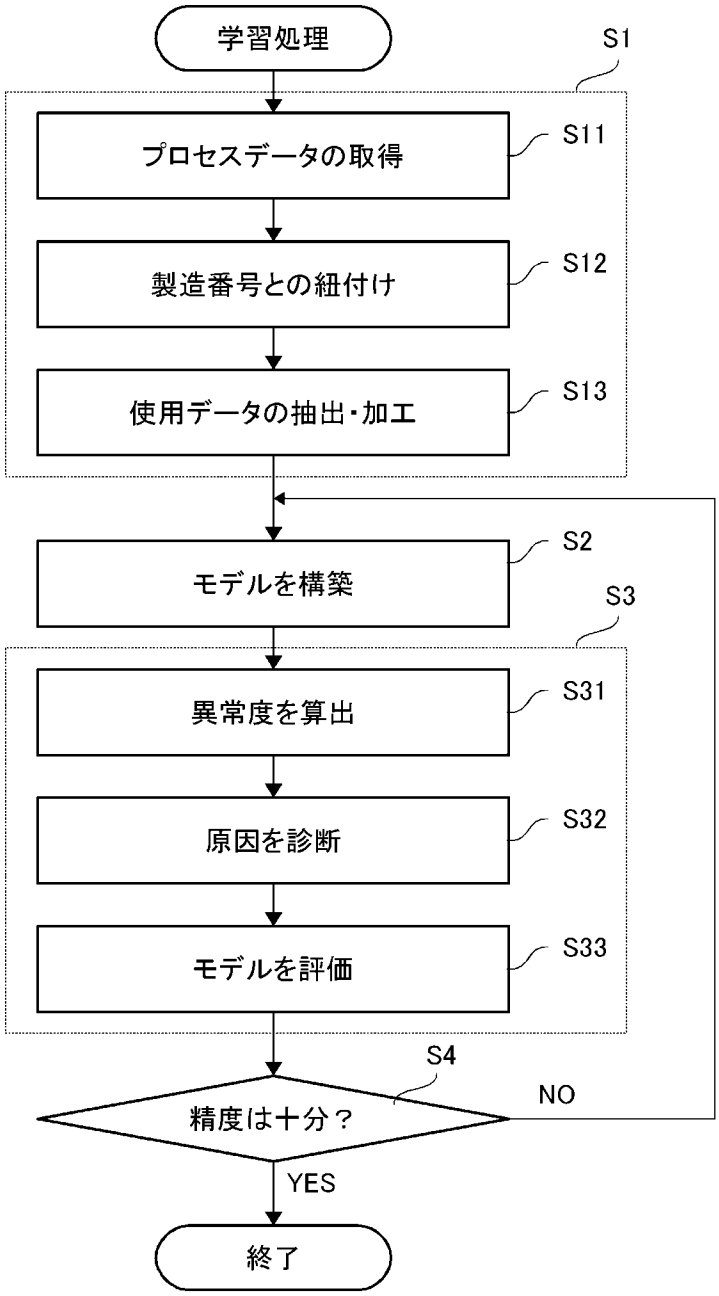
[図14]


出力
タグ001
タグ002
タグ003
出力
タグ001
タグ002
タグ003
異常度
（学習処理）
比較・
パラメータ更新
出力
入力
タグ001
タグ002
タグ003
（異常判定処理）
比較・
異常度算出
入力
タグ001
タグ002
タグ003
入力
タグ001
タグ002
タグ003

[図15]


1
異常変調原因特定装置
通信I／F
11
記憶装置
12
入出力装置
13
プロセッサ
14
データ取得部
141
前処理部
142
学習処理部
143
異常判定部
144
原因診断部
145
出力制御部
146
15

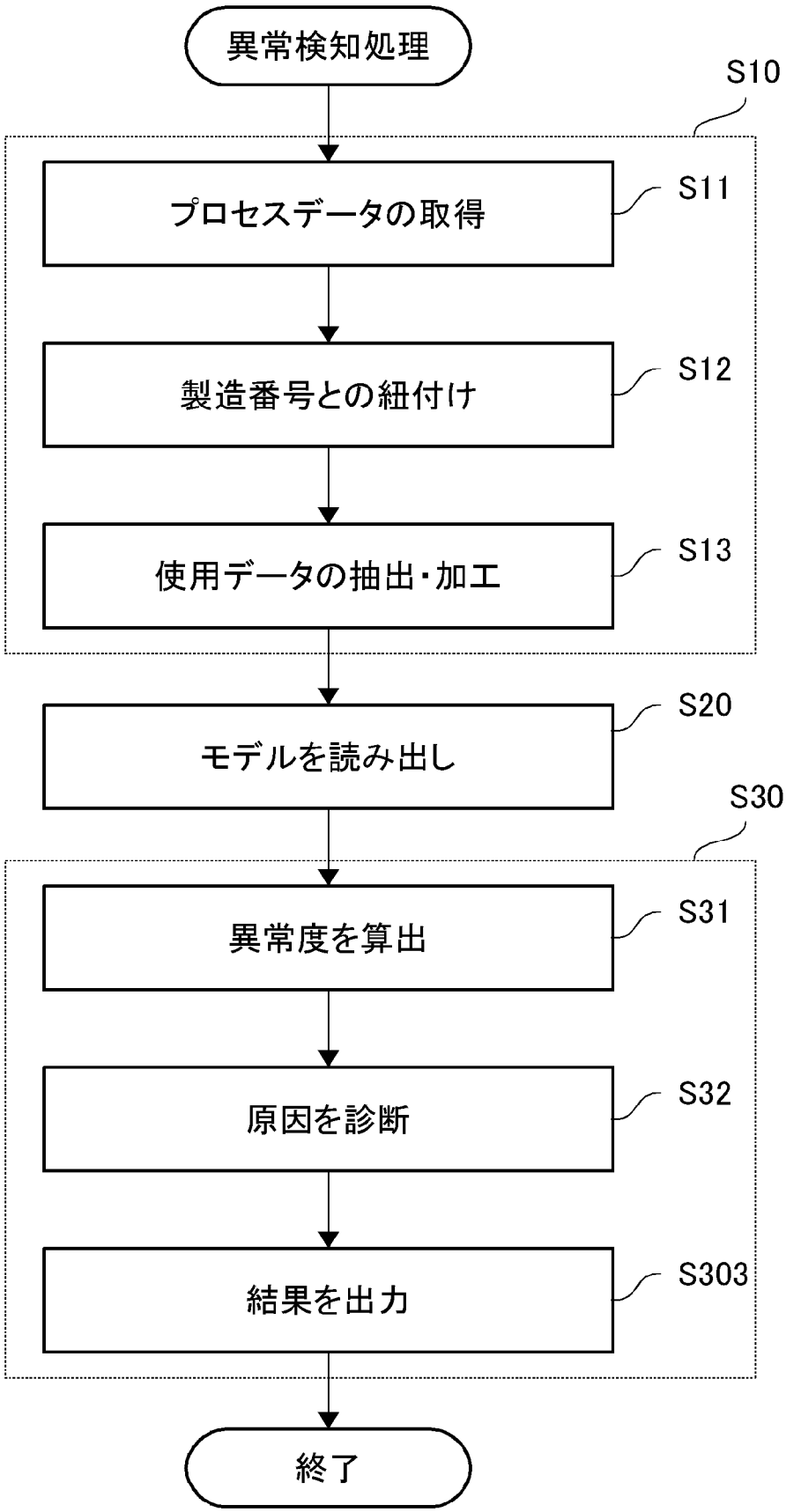
[図16]


学習処理
S1
プロセスデータの取得
S11
製造番号との紐付け
S12
使用データの抽出・加工
S13
モデルを構築
S2
S3
異常度を算出
S31
原因を診断
S32
モデルを評価
S33
S4
精度は十分？
NO
YES
終了

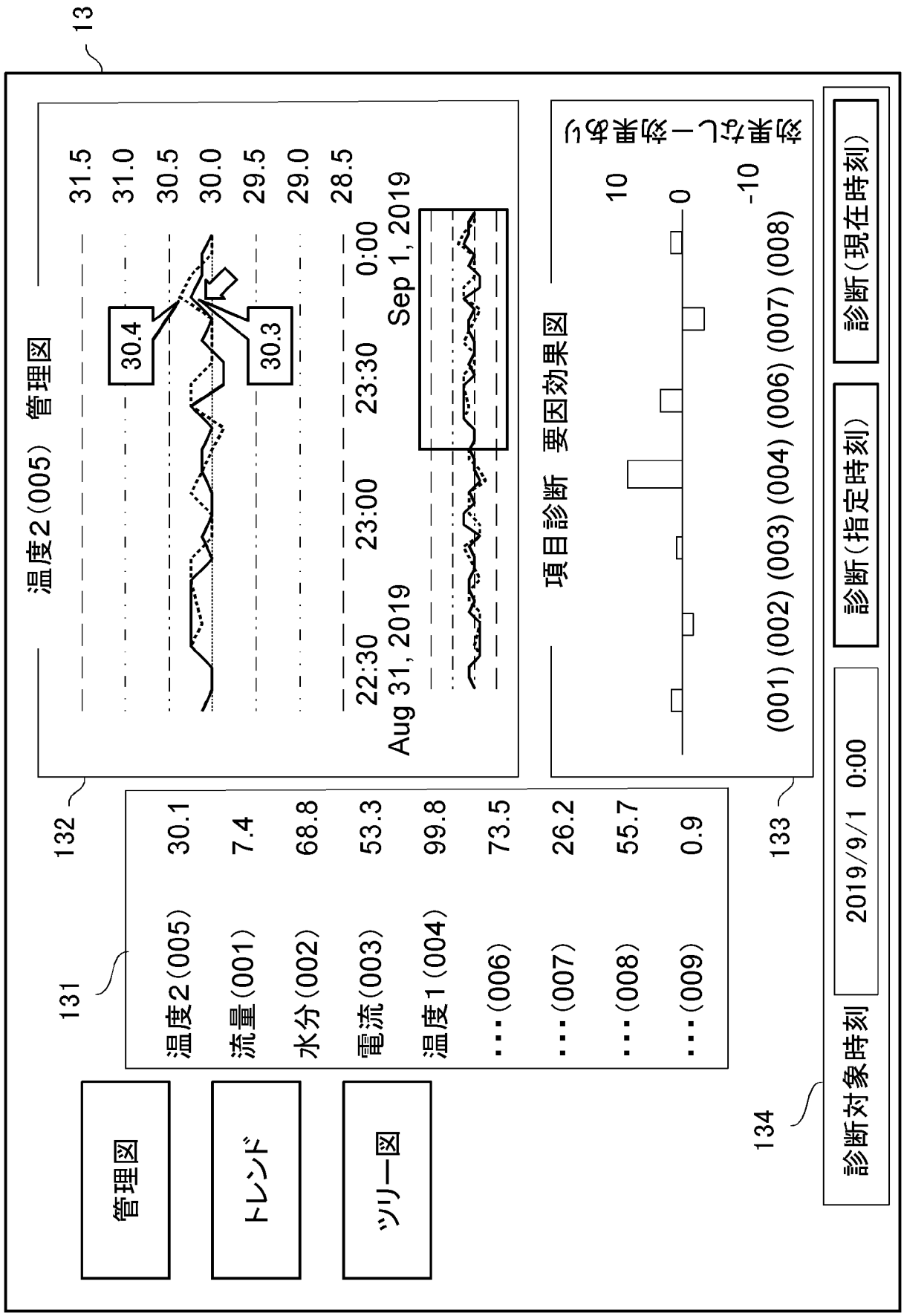
[図17]

原因	アクション1	アクション2
原因（1）	・・・	・・・
原因（2）	・・・	・・・
原因（3）	・・・	・・・
原因（4）	・・・	・・・
原因（5）	・・・	・・・
原因（6）	・・・	・・・
原因（7）	・・・	・・・
原因（8）	・・・	・・・
・・・	・・・	・・・

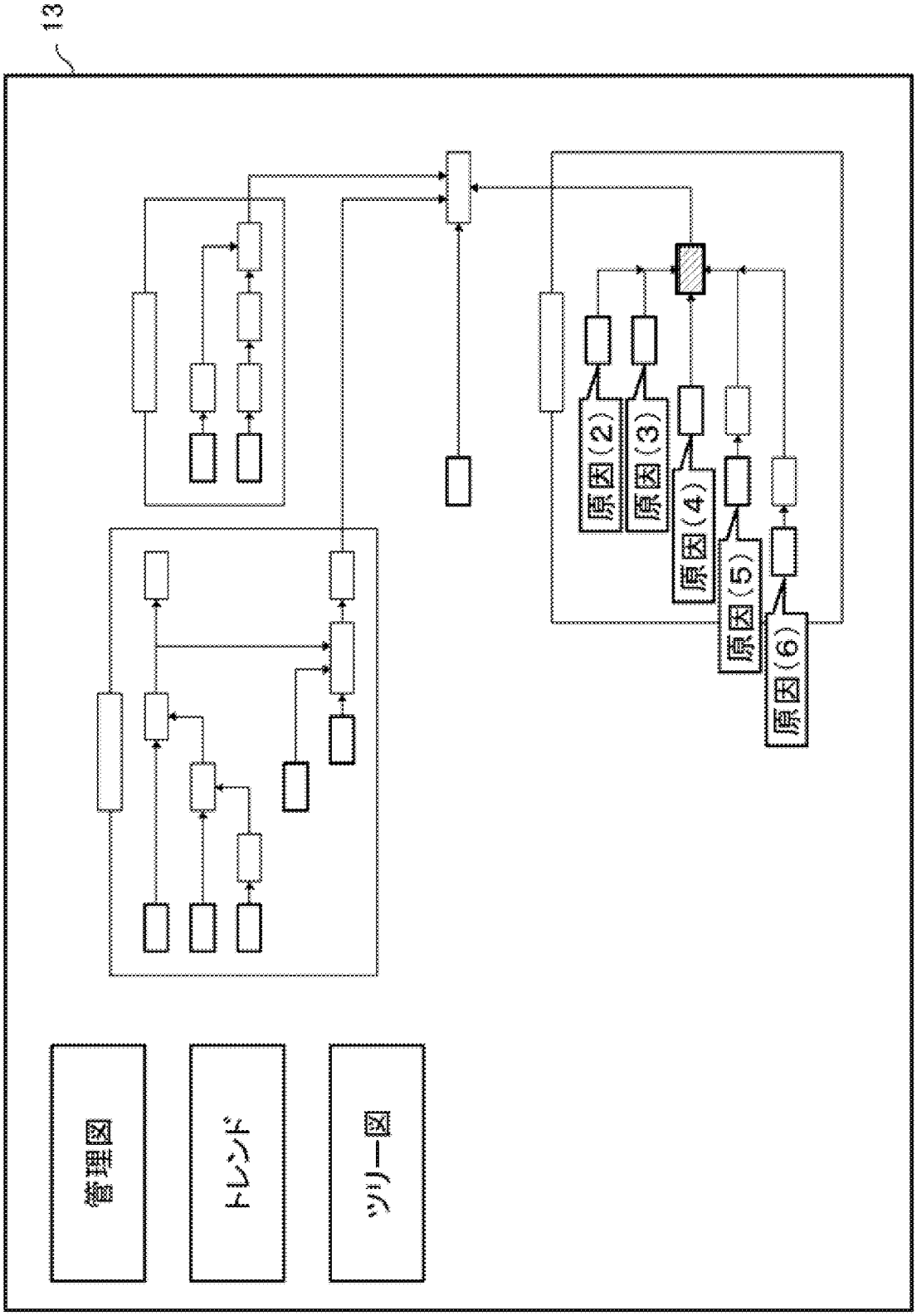
[図18]


異常検知処理
S10
プロセスデータの取得
S11
製造番号との紐付け
S12
使用データの抽出・加工
S13
モデルを読み出し
S20
S30
異常度を算出
S31
原因を診断
S32
結果を出力
S303
終了

[図19]


13
温度2(005) 管理図
31.5
31.0
30.5
30.0
29.5
29.0
28.5
30.4
30.3
22:30
23:00
23:30
0:00
Aug 31, 2019
Sep 1, 2019
132
項目診断 要因効果図
10
0
-10
効果なし 効果あり
(001) (002) (003) (004) (006) (007) (008)
133
131
温度2(005) 30.1
流量(001) 7.4
水分(002) 68.8
電流(003) 53.3
温度1(004) 99.8
・・・(006) 73.5
・・・(007) 26.2
・・・(008) 55.7
・・・(009) 0.9
管理図
トレンド
ツリー図
134
診断対象時刻
2019/9/1 0:00
診断(指定時刻)
診断(現在時刻)

[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/019800

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G05B23/02(2006.01)i, G05B19/418(2006.01)i
FI: G05B19/418Z, G05B23/02T, G05B23/02302Y

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, G05B19/418

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.
X Y	JP 6-309584 A (TOSHIBA CORPORATION) 04 November 1994 (1994-11-04), paragraphs [0022]-[0051], fig. 1-9	1, 4-5 2-3
Y	WO 2018/104985 A1 (NEC CORPORATION) 14 June 2018 (2018-06-14), paragraphs [0033], [0034]	2-3
Y	WO 2017/109903 A1 (TOSHIBA CORPORATION) 29 June 2017 (2017-06-29), paragraphs [0032]-[0034], fig. 8	3

☐ 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
16 July 2021	03 August 2021

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/019800

JP 6-309584 A	04 November 1994	(Family: none)
WO 2018/104985 A1	14 June 2018	(Family: none)
WO 2017/109903 A1	29 June 2017	(Family: none)

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/019800

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; G05B 19/418(2006.01)i
FI: G05B19/418 Z; G05B23/02 T; G05B23/02 302Y

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; G05B19/418

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
X	JP 6-309584 A (株式会社東芝) 04.11.1994 (1994-11-04) 段落[0022]-[0051], 図1-9	1,4-5
Y		2-3
Y	WO 2018/104985 A1 (日本電気株式会社) 14.06.2018 (2018-06-14) 段落[0033]-[0034]	2-3
Y	WO 2017/109903 A1 (株式会社東芝) 29.06.2017 (2017-06-29) 段落[0032]-[0034], 図8	3

☐ 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
16.07.2021	03.08.2021

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）
今井　貞雄 3U 4129
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/JP2021/019800

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 6-309584 A	04.11.1994	（ファミリーなし）	
WO 2018/104985 A1	14.06.2018	（ファミリーなし）	
WO 2017/109903 A1	29.06.2017	（ファミリーなし）	