(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
2014 年 3 月 6 日(06.03.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/034273 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/068531

(22) 国際出願日: 2013 年 7 月 5 日(05.07.2013)

(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 2012-188649 2012 年 8 月 29 日(29.08.2012) JP

(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: 柏 潔 **(BAI Jie)**; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地 株式会社日立製作所 横浜研究所内 Kanagawa (JP). 渋谷 久恵 **(SHIBUYA Hisae)**; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地 株式会社日立製作所 横浜研究所内 Kanagawa (JP). 前田 俊二 **(MAEDA Shunji)**; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地 株式会社日立製作所 横浜研究所内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 青稜特許業務法人 **(SEIRYO I.P.C.)**; 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目７番１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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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,

[続葉有]

(54) **Title**: FACILITY STATUS MONITORING METHOD AND FACILITY STATUS MONITORING DEVICE

(54) 発明の名称 : 設備状態監視方法及び設備状態監視装置

図１Ａ

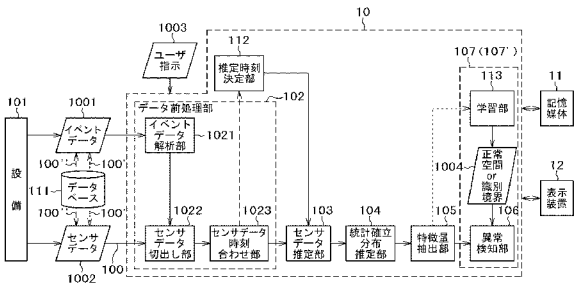


FIG. 1A:
11 Storage medium
12 Display device
101 Facility
102 Data preprocessing unit
103 Sensor data estimation unit
104 Statistical probability distribution estimation unit
105 Characteristic amount extraction unit
106 Error detection unit
111 Database
112 Estimated time determination unit
113 Learning unit
1001 Event data
1002 Sensor data
1003 User instruction
1004 Normal space or identification boundary
1021 Event data analysis unit
1022 Sensor data extraction unit
1023 Sensor data time adjustment unit

(57) **Abstract**: In a facility such as a plant, when there are areas of intense change in sensor data, error detection can be performed by using characteristic amounts which are based on a statistical probability characteristic for those areas, but when sensor data is acquired at long sampling intervals in order to reduce costs, those intense changes cannot always be caught. Furthermore, when the sensor sampling time is not synchronized with the start of a sequence, a time difference occurs between sensor data that is obtained for the same sequence at different times, so it is not possible to determine a statistical probability characteristic for areas of intense change. Therefore, with the present invention a statistical probability characteristic for a time period to be monitored is calculated by estimating the sensor data that cannot be obtained, and error detection is performed on the basis of that statistical probability characteristic with respect to sequences with intense changes. Thus, it is possible to perform error detection with respect to sequences with intense changes.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/034273 A1

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)）

プラントなどの設備において、変化の激しいところにおけるセンサデータがそのところにおける統計確率的特性に基づいた特徴量を用いることで、異常検知が可能であるが、コストダウンのため長いサンプリング間隔のセンサデータしか取得していない場合、その激しい変化を十分キャッチできない、また、センサのサンプリング時刻が、シーケンスの開始と同期していない場合、異なる時間で取得した同じシーケンスのセンサデータに時間のずれが発生するため、激しいところにおける統計確率的特性を求めることができない。そこで、本発明では、取得できないセンサデータを推定することにより、監視したい時刻における統計確率的特性を算出し、その統計確率的特性に基づき、変化の激しいシーケンスの異常検知を行うようにした。これにより、変化の激しいシーケンスの異常検知が実現できるようになった。

明　細　書

発明の名称 ： 設備状態監視方法及び設備状態監視装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラントや設備などから出力される多次元時系列データをもとに、変化の激しい起動や停止シーケンス時の設備の不具合あるいはその兆候を早期に検知する、また、コストダウンのため、長くしたサンプリング間隔で取得できない激しい変化を復元してその変化の統計確率的特性を監視する設備状態監視方法及び設備状態監視装置に関する。

背景技術

[0002] 電力会社では、ガスタービンの廃熱などを利用して地域暖房用温水を供給したり、工場向けに高圧蒸気や低圧蒸気を供給したりしている。石油化学会社では、ガスタービンなどを電源設備として運転している。このようにガスタービンなどを用いた各種プラントや設備において、設備の不具合あるいはその兆候を検知する予防保全は、社会へのダメージを最小限に抑えるためにも極めて重要である。特に、起動や停止のような変化の激しいシーケンスにおいては、故障が多発し易いため、その期間中の異常を早期に検知することが重要である。

[0003] ガスタービンや蒸気タービンのみならず、水力発電所での水車、原子力発電所の原子炉、風力発電所の風車、航空機や重機のエンジン、鉄道車両や軌道、エスカレータ、エレベータ、また、切削、穴開けなどの加工装置は、不良発生を防ぐため、そのパフォーマンスに異常があれば、ただちに検知することが要求されている。

[0004] このため、対象設備やプラントに複数のセンサを取り付け、センサ毎の監視基準に従って正常か異常かの自動判別が行われている。

[0005] 設備あるいは製造装置や計測装置を対象とした通常運転時の異常検知に有効である一例は特許文献１（特開２０１１－０７０６３５号）に開示されている。特許文献１の開示例においては、設備の多次元センサデータを特徴空

間へ写像し、特徴空間で正常モデルを作成してから、新たに入力されたセンサデータが正常モデルへの投影距離を異常測度とし、その異常測度の所定閾値を越えたかどうかによって異常検知を行っている。

[0006] また、時系列センサデータの統計確率的特性を同時に監視可能な統計確率的特性を表すパラメータを算出しながら、異常検知する代表的な手法として、非特許文献１および非特許文献２に開示されている方法がある。この方法では、直接にセンサ波形から時刻毎に算出した統計確率的なパラメータを用い、正常モデルを作成し、そのモデルからの離れ度合いを用いて異常を検知する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２０１１－０７０６３５号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：センサモデルと投票に基づく発電機の異常検知の検討、情報科学技術フォーラム講演論文集８（３）、１３９－１４２、２００９

非特許文献2：尤度ヒストグラムに基づく異常検出、パターン認識・メディア理解研究会（ＰＲＭＵ）、２０１１

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献１に開示されている技術は、変化の激しい起動や停止シーケンス時、あるいは、負荷変動の大きい加工装置に発生する異常を予兆検知するのが困難である。図１２に運転モードの違いによる特徴空間上における特許文献１に記載の方法による局所空間の変化を示す。図からわかるように、（ａ）の定常運転時の場合、取得した正常センサデータのデータ値は同じレベルであるため、特徴空間上においては、正常なセンサデータから作られた正常な局所空間が小さく、異常が発生する場合に、異常データが正常局所空間から大きく離れ、識別されやすい。

[0010] 一方、変化の激しいシーケンス、例えば、（ｂ）起動シーケンスの場合に、取得した正常センサデータのデータ値の変化は大きいため、特徴空間上において、正常なセンサデータから作られた正常な局所空間が定常運転時より大きく広がっており、シーケンス期間中、異常が発生する場合に、特徴空間上において異常データが正常な局所空間にあり、異常として検知されることは困難である。

[0011] また、非特許文献１および非特許文献２に開示された方法によれば、時刻毎に異常度を算出するため、変化が激しい場合のシーケンスの異常を検知できる。しかし、プラントなどの設備において、コストダウンのため、長いサンプリング間隔のセンサデータしか取得していない場合に、その激しい変化を十分にキャッチできない。また、センサのサンプリング時刻が、シーケンスの開始と同期していない場合、異なる時間で取得した同じシーケンスのセンサデータに時間ずれが発生する。また、多次元センサを同期してデータを取得できない場合に、センサ間のセンサデータにも時間ずれが発生する。このため、上記に示した非特許文献１および非特許文献２に開示されている技術は、時刻毎での統計確率的なパラメータを算出できず、異常検知を行うことができない。

[0012] そこで、本発明では、上記した従来技術の課題を解決し、変化の激しい起動や停止シーケンスに対しても、その激しい変化およびその変化の統計確率的特性を監視しながら、異常を検知可能な異常検知方法を備えた設備状態監視方法および設備状態監視装置を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0013] 上記課題を解決するために、本発明は、プラント又は設備の異常を検知する方法を、プラント又は設備に取り付けたセンサから間欠的に出力されたセンサ信号及び該センサ信号と同じ期間における前記プラント又は設備の起動シーケンス又は停止シーケンスの開始および終了に対応するイベント信号を入力し、該入力したセンサ信号のうち前記起動シーケンス又は終了シーケンスの開始のイベント信号と終了のイベント信号との間の区間に対応するセン

サ信号を切り出し、該切り出したセンサ信号のある時刻における信号値とその確率分布を推定し、該推定した確率分布に基づいて特徴量を抽出し、該抽出した特徴量に基づいて前記プラント又は設備の異常を検知するようにした。

[0014] 又、上記課題を解決するために、本発明では、プラント又は設備の異常を検知する装置を、プラント又は設備に取り付けたセンサから間欠的に出力されたセンサ信号及び該センサ信号と同じ期間における前記プラント又は設備の起動シーケンス又は停止シーケンスの開始および終了に対応するイベント信号を入力し、該入力したセンサ信号のうち前記起動シーケンス又は終了シーケンスの開始のイベント信号と終了のイベント信号との間の区間に対応するセンサ信号を切り出し、該切り出したセンサ信号を前記起動シーケンス又は終了シーケンスの開始のイベント信号を起点とした時間に合わせる処理を行うデータ前処理部と、該データ前処理部で処理したセンサ信号のある時刻における信号値とその確率分布を推定する確率分布推定部と、該確率分布推定部で推定した確率分布に基づいて特徴量を抽出する特徴量抽出部と、該特徴量抽出部で抽出した特徴量に基づいて前記プラント又は設備の異常を検出する異常検出部と、入出力する情報を表示する画面を有して前記異常検出部で検出した前記プラント又は設備の異常に関する情報を前記画面上に表示する入出力部とを備えて構成した。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、変化の激しいところで機器制限のため取得できないセンサデータを密に推定することによって、そこに発生する異常を捕らえることを可能にしたため、変化の激しいシーケンス時に発生する異常を検知できるようになった。

[0016] さらに本発明によれば、取得できないセンサデータを推定することにより、センサのサンプリング時刻が、シーケンスの開始と同期していない場合に発生する異なる時間で取得した同じシーケンスのセンサデータ間にある時間ずれ、および多次元センサを同期してデータを取得できない場合に発生する

異なるセンサのセンサデータ間にある時間ずれを解消することを可能にしたため、シーケンス期間中の任意の時刻におけるセンサ波形の統計確率的特性を監視することができるようになった。

[0017] 以上により、ガスタービンや蒸気タービンなどの設備のみならず、水力発電所での水車、原子力発電所の原子炉、風力発電所の風車、航空機や重機のエンジン、鉄道車両や軌道、エスカレータ、エレベータ、そして機器・部品レベルでは、搭載電池の劣化・寿命など、種々の設備・部品において高感度な異常検知および容易な異常説明を両立するシステムが実現できるようになった。

図面の簡単な説明

[0018] [図1A]本発明の設備状態監視システムの概略の構成を示すブロック図である。

[図1B]学習時の処理の流れを示すフロー図である（１クラス）。

[図1C]学習時の処理の流れを示すフロー図である（多クラス）。

[図1D]異常検知時の処理の流れを示すフロー図である。

[図1E]センサデータ推定時刻決定処理の流れを示すフロー図である。

[図2A]センサ波形における開始・終了時のイメージ図である。

[図2B]センサデータ切出し開始・終了時刻の決定処理の流れを示すフロー図である。

[図2C]センサデータ切出し開始・終了時刻の決定用指標を示す図である。

[図3A]イベントデータの例を示すフローである。

[図3B]イベントデータを受けて時刻合わせを行い処理のイメージ図である。

[図3C]イベントデータを受けて時刻合わせを行い別処理のイメージ図である。

[図4]センサデータ推定時刻決定部における処理の流れを示すフローである。

[図5A]センサデータ推定処理を説明する図である。

[図5B]センサデータ推定の別処理を説明する図である。

[図5C]サンプリング点における補正処理を説明する図である。

[図6A]確率分布推定処理を説明する図である。

[図6B]確率分布推定の別処理を説明する図である。

[図7A]特徴量抽出処理の流れを示すフローである。

[図7B]特徴量を示す図である。

[図8A]センサデータ収束判定処理の流れを示すフローである。

[図8B]センサデータ収束判定指標を示す図である（一定値に収束）。

[図8C]センサデータ収束判定指標を示す図である（一定値を中心に振動）。

[図9A]異常検知結果を表示するＧＵＩ図である（２Ｄ表示）。

[図9B]異常検知結果を表示するＧＵＩ図である（３Ｄ表示）。

[図10]シーケンスの切出し・センサデータの推定手法等設定のためのＧＵＩである。

[図11A]センサデータ推定前後計測曲線をチェックするＧＵＩ図である。

[図11B]センサデータ推定後曲線・センサモデル・統計確率分布をチェックするＧＵＩ図である。

[図12]運転モードの違いによって特徴空間上における局所空間の変化を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明では、プラントなどの設備において、変化の激しい起動時や停止時のシーケンスを実行しているときに発生する設備の不具合或いはその兆候を検知する設備状態監視方法及び設備状態監視装置に関するもので、シーケンスの開始時刻を合わせ、間欠的に出力されたセンサデータの推定時刻を決定し、その時刻におけるセンサデータを推定することにより、時系列推移を考慮した時刻ごとの確率分布に基づいて異常検知を行うものである。

以下に、本発明の実施例を、図を用いて説明する。

実施例 1

[0020] 図１Ａに、本実施例における設備状態監視方法を実現するシステムの一構成例を示す。

本システムは、設備１０１から、または、データベース１１１から出力さ

れるサンプリングセンサデータ１００２とイベントデータ１００１およびユーザからのユーザ指示１００３を受けて異常を検知する異常検知システム１０、途中結果や異常検知結果を記憶する記憶媒体１１、および途中結果や異常検知結果を表示する表示装置１２を備えて構成される。

[0021] また、異常検知システム１０は、データを処理するデータ前処理部１０２、データベース１１１からのセンサデータ１００２およびイベントデータ１００１をデータ前処理部１０２にて処理した後、センサデータ推定時刻を決定する推定時刻決定部１１２、そして、設備１０１からのセンサデータ１００２およびイベントデータ１００１をデータ前処理部１０２にて処理した後、センサデータ推定時刻決定部１１２にて決定された時刻におけるセンサデータを推定するセンサデータ推定部１０３、さらにその時刻において統計確率分布推定を行う統計確率分布推定部１０４、統計確率分布を用いて特徴量を抽出する特徴量抽出部１０５、特徴量抽出部１０５で抽出された特徴量を用いて学習する学習部１１３、学習後に学習部１１３から出力される正常空間あるいは識別境界１００４を用いて異常を検知する異常検知部１０６を備えて構成される。

[0022] さらに、データ前処理部１０２は、イベントデータ１００１からユーザが指定したシーケンスの開始時刻を探索するイベントデータ解析部１０２１、指定シーケンスの開始時刻の情報を用いて受け取ったセンサデータ１００２からセンササンプリングデータを切出すための開始・終了時刻を算出してセンサデータ１００２の切出しを行うセンサデータ切出し部１０２２、切出したセンサデータの時刻を合わせるセンサデータ時刻合わせ部１０２３を備えている。

[0023] また、学習部１１３、識別境界１００４、及び異常検知部１０６で、識別部１０７（１０７´）を構成している。

[0024] 本システムの動作には、データベース１１１に蓄積されたデータを用いてセンサデータ推定時刻を決定する「推定時刻決定」フェーズ、蓄積されたデータを用いて異常検知に用いる正常空間あるいは識別境界１００４を決定す

る「学習」フェーズ、推定時刻において補正を実施した後の入力センサデータと正常空間あるいは識別境界に基づき実際に異常検知を行う「異常検知」フェーズの三つのフェーズがある。基本的に、前の二つのフェーズ「推定時刻決定」フェーズと「学習」フェーズとはオフラインの処理、最後の三つ目のフェーズ「異常検知」はオンラインの処理である。ただし、「異常検知」をオフラインの処理とすることも可能である。以下の説明では、それらを「推定時刻決定時」、「学習時」、「異常検知時」という言葉で区別する。

[0025] また、図１Ａにおける実線の矢印１００は「異常検知」フェーズにおけるデータの流れを示す「異常検知」パス、点線の矢印１００’は「学習」フェーズにおけるデータの流れを示す「学習」パス、破線の矢印１００”は「推定時刻決定」フェーズにおけるデータの流れを示す「推定時刻決定」パスである。

[0026] 状態監視の対象とする設備１０１は、ガスタービンや蒸気タービンなどの設備やプラントである。設備１０１は、その状態を表すセンサデータ１００２とイベントデータ１００１を出力する。

[0027] 本実施例においては、先ずオフラインで「推定時刻決定」フェーズの処理を行い、次に、「推定時刻決定」フェーズの処理の結果を用いてオフラインで「学習」フェーズの処理を行う。そして、「推定時刻決定」フェーズの処理の結果と「学習」フェーズの結果を用いて、オンライン処理による「異常検知」フェーズを実行する。

[0028] センサデータ１００２は、設備１０１に取り付けられた複数のセンサから、一定間隔毎に取得される多次元時系列データである。センサの種類は、設備やプラントの大きさにもよるが、数百から数千と言った数になる場合もあり、例えば、シリンダ、オイル、冷却水などの温度、オイルや冷却水の圧力、軸の回転速度、室温、運転時間などである。出力や状態を表すのみならず、何かをある値に制御するための制御データの場合もある。

[0029] 「推定時刻決定時」における処理の流れについて、図１Ｅを用いて説明する。本処理は、「推定時刻決定」パス１００”に沿ってデータベース１１１

から抽出されたイベントデータ１００１とセンサデータ１００２とを用いて実施する。

[0030] 具体的には、データ前処理部１０２のイベントデータ解析部１０２１にて、データベース１１１から出力されたイベントデータ１００１およびユーザ指示１００３を入力し(Ｓ１３１)、ユーザ指示１００３により指定されたシーケンスの開始時刻を入力したイベントデータ１００１の中から探索する(Ｓ１３２)。

[0031] 一方、センサデータ切出し部１０２２にて、データベース１１１から出力されたセンサデータ１００２を入力し(Ｓ１３４)、イベントデータ解析部１０２１から得られたシーケンス開始時刻に対応するセンサデータ切出し開始・終了時刻を算出し、データベース１１１から入力したセンサデータ１００２からセンサデータを切出す(Ｓ１３５)。

[0032] 次に、切り出されたセンサデータは、センサデータ時刻合わせ部１０２３に送られ、センサデータ時刻合わせ部１０２３において時刻合わせが行われ(Ｓ１３６)、推定時刻決定部１１２に送られてセンサデータ推定時刻が決定され(Ｓ１３７)、この決定された推定時刻が保存または出力される(Ｓ１３８)。

[0033] 「学習時」の処理の流れについて、図１Ｂと図１Ｃを用いて説明する。本処理は「推定時刻決定」パス１００’に沿ってデータベース１１１から抽出されたイベントデータ１００１とセンサデータ１００２とを用いて実施する。

[0034] 図１Ｂに示しているのは１クラス識別器１０７を利用する場合の学習、図１Ｃに示しているのは多クラス識別器１０７´を利用する場合の学習である。

[0035] 図１Ｂまたは図１Ｃにおいて、まず、イベントデータ解析部１０２１は、データベース１１１から出力されたイベントデータ１００１およびユーザ指示１００３を入力し(Ｓ１０１)、ユーザ指示１００３により指定されたシーケンスの開始時刻を入力したイベントデータ１００１の中から探索する(Ｓ１

０２)。

[0036] 一方、センサデータ切出し部１０２２は、データベース１１１から出力されたセンサデータ１００２を入力し(Ｓ１０４)、イベントデータ解析部１０２１から得られたシーケンス開始時刻に対応するセンサデータ切出し開始・終了時刻を算出し、データベース１１１から入力したセンサデータ１００２からセンサデータを切出す(Ｓ１０５)。この切り出されたセンサデータは、センサデータ時刻合わせ部１０２３にて、時刻合わせが行われる(Ｓ１０６)。

[0037] 次に、得られた時刻合わせ後のセンサデータを用いて学習を行う。推定時刻決定部１１２から出力されたセンサデータ推定時刻をセンサデータ推定部１０３へ入力し(Ｓ１０３)、センサデータ推定部１０３にて入力したセンサデータ推定時刻の情報に基づいてセンサデータの時刻を推定する(Ｓ１０７)。次に、統計確率分布推定部１０４にて、時刻が推定されたセンサデータの統計確率分布を推定し(Ｓ１０８)、推定された統計確率分布に基づき特徴量抽出部１０５にて推定したセンサデータの特徴量を抽出する(Ｓ１０９)。

[0038] 流れの最後に、図１Ｂの１クラスの識別器１０７を利用する場合には、特徴量抽出部１０５で抽出したセンサデータの特徴量を用い、識別器１０７の学習部１１３で学習をすることにより正常空間を作り(Ｓ１１０)、この作った正常空間を出力する(Ｓ１１１)。

[0039] 一方、図１Ｃの多クラスの識別器１０７´を利用する場合、ユーザ指示１００３によってデータベース１１１から読み込んだセンサデータの正常か異常かのインディックスがあるファイルを入力してセンサデータが正常か異常かを教示し(Ｓ１１２)、その後、特徴量抽出部１０５で抽出した特徴量を用い、識別器１０７´の学習部１１３で学習をすることにより正常か異常かを識別する識別境界１００４を決定し(Ｓ１１０’)、この決定した識別境界１００４を出力する(Ｓ１１１’)。

[0040] 次に、新たに観測されたセンサデータの「異常検知時」の処理の流れについて、図１Ｄを用いて説明する。本処理は「異常検知」パス１００に沿って

設備１０１から抽出されたイベントデータ１００１とセンサデータ１００２とを用いて実施する。まず初めに、イベントデータ解析部１０２１は、設備１０１から出力されたイベントデータ１００１およびユーザ指示１００３を入力し(Ｓ１２１)、ユーザにより指定されたシーケンスの開始時刻を探索する(Ｓ１２２)。

[0041] 一方、センサデータ切出し部１０２２は、設備１０１から出力されたセンサデータ１００２を入力し(Ｓ１２４)、イベントデータ解析部１０２１から得られたシーケンス開始時刻に対応するセンサデータ切出し開始終了時刻を算出し、センサデータを切出し(Ｓ１２５)、センサデータ時刻合わせ部１０２３にて、時刻合わせを行う(Ｓ１２６)。

[0042] 次に、学習時予め推定時刻決定部１１２にて決定して保存しておいたセンサデータ推定時刻をセンサデータ推定部１０３に入力し(Ｓ１２３)、センサデータ推定部１０３にて推定時刻決定部１１２から入力したセンサデータ推定時刻においてセンサデータ時刻合わせ部１０２３から入力した時刻合わせしたセンサデータについてセンサデータ推定を行い(Ｓ１２７)、統計確率分布推定部１０４にて推定したセンサデータの統計確率分布を推定し(Ｓ１２８)、推定された統計確率分布に基づき特徴量抽出部１０５にて特徴量を抽出する(Ｓ１２９)。

[0043] 最後に、特徴量抽出部１０５で抽出した特徴量を用い、識別器１０７（１０７´）において学習部１１３で作成した正常空間又は識別境界１００４を用いて異常検知部１０６で異常識別を行い（Ｓ１３０)、検知結果を出力・表示する(Ｓ１３１)。

[0044] 次に、図１Ａに示した各部の動作について順に詳細に説明する。すなわち、センサデータ切出し部１０２２における切出し開始・終了時刻の決定、センサデータ時刻合わせ部１０２３におけるセンサデータの時刻合わせ、推定時刻決定部１１２におけるセンサデータ推定時刻の決定、センサデータ推定部１０３におけるセンサデータの推定、統計確率分布推定部１０４における確率分布の推定、特徴量抽出部１０５における特徴量抽出について、図２Ａ

ないし図８Ｃを用いて、詳しく説明する。

[0045] ［切出し開始・終了時刻の決定］

センサデータ切出し部１０２２において、まず、センサデータ切出し開始・終了時刻を算出し、そして、その切出し開始・終了時刻を用いて、その間にあるセンサデータを切出す。

[0046] 図２Ａは取得したセンサ波形における切出し開始・終了時のイメージを示す図である。図２Ａの（ａ）と（ｂ）の例は、切出しを開始してから終了するまでの間にセンサ波形の立ち上がりと下がりとの両方を含み、開始・終了時におけるセンサデータ値は同じレベルとなるものである。（ａ）の例では、立ち上がりと下がりの間でセンサ波形は滑らかに変化しているのに対し、（ｂ）の例では、立ち上がりと下がりの間で波形がギザギザとなっている。また（ｃ）の起動シーケンスのみがある例、あるいる（ｄ）の停止シーケンスのみがある例は、切出し開始・終了時のセンサデータ値が別々のレベルになるものである。

[0047] 次に、図２Ｂおよび図２Ｃを用いてセンサデータ切出しを行うため切出し開始・終了時刻を算出する処理の流れおよび切出し開始・終了判定指標について説明する。

[0048] 図２Ｂはセンサデータ切出し開始・終了判定の流れを示す図である。センサデータ切出し部１０２２は、まず、ユーザ指示１００３を入力し(Ｓ２０１)、ユーザ指示により、モード（開始or終了）の算出は自動か非自動かを決定する(Ｓ２０２)。次に、イベントデータ解析部１０２１から得られた指定シーケンスの開始時刻を入力する(Ｓ２０３)。また、設備１０１、あるいは、データベース１１１から出力されたセンサデータ１００２を入力する(Ｓ２０４)。Ｓ２０３からの指定シーケンスの開始時刻、Ｓ２０４からのセンサデータ、Ｓ２０２からの開始モードの自動か非自動かの決定結果を受け、切出し開始時刻の計算を開始する(Ｓ２０５)。

[0049] 切出し開始時刻の計算は自動的に実施する場合に、窓で一部センサデータを切出し(Ｓ２０６)、開始判定指標を算出し(Ｓ２０７)、開始判定を行い(Ｓ

２０８)、「Ｎｏ」と判定された場合、時刻が増大方向へ窓を移動し(Ｓ２０９)、開始判定(Ｓ２０６～Ｓ２０８)を繰り返す。「Ｙｅｓ」と判定された場合、センサデータ切出し開始時刻を出力・保存する(Ｓ２１１)。

[0050] 一方、自動算出を実施しない場合には、指定シーケンスの開始時刻をセンサデータ切出し開始時刻とし(Ｓ２１０)、センサデータ切出し開始時刻を出力する(Ｓ２１１)。

[0051] センサデータ切出し開始時刻を算出した後、センサデータ切出し終了時刻の計算を実施する。センサデータ切出し終了時刻の計算は、Ｓ２１１からの切出し開始時刻、Ｓ２０２から終了モードの自動か非自動かの決定結果を受け、切出し終了時刻の計算を開始する(Ｓ２１２)。

[0052] 切出し終了時刻の計算を自動的に実施する場合には、切出し開始時刻以後のセンサデータを対象とし、窓で一部切出し(Ｓ２１３)、終了判定指標を算出し(Ｓ２１４)、終了判定を行い(Ｓ２１５)、「Ｎｏ」と判定された場合、時刻が増大方向へ窓を移動し(Ｓ２１６)、終了判定(Ｓ２１３～Ｓ２１５)を繰り返す。「Ｙｅｓ」と判定された場合、センサデータ切出し終了時刻を出力・保存する(Ｓ２１８)。

[0053] 一方、自動算出を実施しない場合には、センサデータ切出し開始時刻以降の所定センサデータ数の時刻をセンサデータ切出し終了時刻とし(Ｓ２１７)、センサデータ切出し終了時刻を出力する(Ｓ２１８)。

[0054] 開始・終了判定指標について、図２Ｃに一例を示す。この例では、前後の２個のセンサデータを直線で繋ぎ、その直線の傾きを開始・終了判定指標とする。指標が所定閾値より大きくなったところの時刻をセンサデータ切出し開始時刻とする。また、指標が所定閾値より小さくなったところの時刻をセンサデータ切出し終了時刻とする。

[0055] ［センサデータの時刻合わせ］

センサデータの時刻合わせ部１０２３での処理は、センサデータ切出し部１０２２から得られた切出し開始時刻を用いて行われる。

[0056] イベントデータ１００１の例を図３Ａに示す。イベントデータ１００１は

、不定期に出力される設備の操作・故障・警告を表す信号であり、時刻と操作・故障・警告を表すユニークなコードとメッセージ文字列からなる。例えば、起動シーケンスの開始時および停止シーケンスの開始時に対応しているメッセージ文字列はそれぞれ「Request module on」および「Request module off」である。また、イベントデータ１００１において、同じ指定シーケンスが異なる時間で行われるため、その開始時刻は複数個ある。

[0057] センサデータ時刻合わせ部１０２３で実行するイベントデータ１００１を用いてセンサデータ１００２の時刻合わせ処理の第一の例を図３Ｂに示す。図には、(a)時刻合わせ前のセンサデータと(b)時刻合わせ後のセンサデータを示す。図示の（a）のように、異なる時間で取得した同指定シーケンスのセンサデータを算出したそれぞれの切出し開始時刻で経過時刻を算出し、（ｂ）に示すように、ゼロ時刻を合わせるように切出したセンサデータを同一時間軸上に時刻を合わせる。開始時刻からの経過時間の時間間隔は一定間隔ではなくてもよい。または、一番短い時間間隔に合わせて一定間隔にしてもよい。（ｂ）の表において、時刻合わせ後のセンサデータの一覧に、表示されている数字は取得したセンサデータ、空白となっているのは取得できないセンサデータである。

[0058] センサデータ時刻合わせ部１０２３で実行するイベントデータ１００１を用いたセンサデータの時刻合わせ処理の第二の例を図３Ｃに示す。本例では、図示のように、（ｂ）の修正センサデータ列の切出し開始時刻$t_{s,correct}$と切出し終了時刻$t_{e,correct}$を（ａ）の参照センサデータ列の切出し開始時刻$t_{s,ref}$と切出し終了時刻$t_{e,ref}$合わせるように、参照センサデータ列の時間間隔Δt_{ref}から、（ｂ）の修正センサデータ列の時間間隔$\Delta t'_{correct}$を

[0059] [数1]

$$\Delta t'_{correct} = \frac{t_{e,correct} - t_{s,correct}}{t_{e,ref} - t_{s,ref}} \times \Delta t_{ref} \quad \cdots \text{（数１）}$$

[0060] により変更して、（ｃ）の時刻合わせ後の修正センサデータ列を得る。

[0061] ［センサデータ推定時刻の決定］

推定時刻決定部（１１２）で行われるセンサデータ推定時刻の決定処理の流れを、図４を用いて説明する。データベース１１１からの学習用正常なセンサデータをデータ前処理部１０２で処理して得られた時刻合わせた後のセンサデータ列をセンサデータの推定時刻決定部１１２に入力し(Ｓ４０１)、窓（ウィンドウ）で一部センサデータを切出し(Ｓ４０２)、激しさ評価指標を算出し(Ｓ４０３)、激しさ評価指標とサンプリング間隔との関係式を用いて激しさ評価指標からサンプリング間隔を算出し(Ｓ４０５)、終了するかとの判定を行う(Ｓ４０６)。「Ｎｏ」と判定された場合、時刻が増大方向へ窓を移動し(Ｓ４０７)、センサデータの激しさ算出からサンプリング間隔を算出する処理（Ｓ４０２～Ｓ４０５)を繰り返す。「Ｙｅｓ」と判定された場合、サンプリング間隔を用いて窓内の推定時刻を算出し(Ｓ４０８)、推定時刻を保存・出力する(Ｓ４０９)。

[0062] 本発明では、時系列データの激しさ評価指標は、時系列波形の周波数の高低、および、時系列波形の上昇・降下の落差の大きさにより定量化されるものとして定義する。すなわち、時系列波形の周波数が高い、または、時系列波形の上昇・降下の落差が大きい場合、激しさが大きい、逆に、時系列波形の周波数が低い、または、時系列波形の上昇・降下の落差が小さい場合、激しさが小さい。

[0063] 具体的に、例えば、窓で切出した一部のデータに対し、フーリエ解析を行い、パワースペクトルを計算し、最大パワースペクトルの周波数値をそのデータ列の周波数とし、ある最大周波数で正規化されたデータ列の周波数を周波数による激しさI_{freq}（freq）とする。同じデータに対し、前後データの差分の最大値に対し、ある最大データの差分で正規化してデータの差分による激し$I_{|\Delta y|}$（｜Δｙ｜）とする。ある周波数やあるデータの差分は、例えば、すべてのセンサデータに対して統計的に計算して得られた最大値を利用しても良い。これに限らない。また、次に、このデータ列の激しさは、下式で計算される。

[0064]

[数2]

$$I = \max\left(I_{freq}(freq), I_{|\Delta y|}(|\Delta y|)\right) \quad \cdots \text{（数２）}$$

[0065] 激しさ評価指標はその他の定義を使っても良い。

激しさ評価指標とサンプリング間隔との関係式は別途に予め実験やシミュレーションを通して求めておく（Ｓ４０４）。図示のように、サンプリング間隔の最大値はデータ取得のサンプリング間隔であり、最小値は1秒である。激しさ評価指標とサンプリング間隔との間には反比例の関係を持つ。

[0066] センサデータ推定時刻の決定は予め決められた一定間隔でも良く、指定した個数推定するよう等間隔に決めても良い。

[0067] 以上のように、センサデータ推定時刻の決定を行うことにより、処理コストをダウンし、高効率に処理を実施することが可能となる。

[0068] ［センサデータの推定］

センサデータ推定部でのセンサデータの推定（推定センサデータの算出）について、図５Ａ、図５Ｂと図５Ｃを用いて説明する。推定センサデータは同じ取得センサデータ列の取得センサデータおよび推定センサデータの近傍における同指定シーケンスの異なる時間で取得した他の取得センサデータから重み付き加算の形で算出される。

[0069] 図５Ａはセンサデータ推定の第一の例を示す。第一の例では、各取得センサデータ間のセンサデータ推定値はその両側にある取得センサデータから線形的に算出される。y(x)は取得できないデータの推定値、y_xは取得したセンサデータ値、jは時刻合わせた後データが0秒から取得時のサンプリング間隔でカウントしたサンプリング番号(j=1～n)、iは異なる時間で取得した同じ指定シーケンスの番号(i=1～m)とすると、y(x)は

[0070] [数3]

$$y(x) = d \times \left(\left(\frac{x - x_j}{x_{j+1} - x_j} \right) \cdot y_{x_{j+1}} + \left(\frac{x_{j+1} - x}{x_{j+1} - x_j} \right) \cdot y_{x_j} \right) + (1-d) \times \left(\sum_{i=1}^{m} \beta_{1i} y_{i,x_j} + \sum_{i=1}^{m} \beta_{2i} y_{i,x_{j+1}} \right) \quad x_j \le x \le x_{j+1}$$

$\cdots$ （数３）

[0071] により算出される。

[0072] また、図５Ｂで示す第二の例では、推定センサデータと同じ取得センサデータ列のすべての取得センサデータを用いて非線形的に推定センサデータを算出する。センサデータの推定値y(x)は、

[0073] [数4]

$$y(x)=d\times\sum_{j=1}^{n}\alpha_j y_x+(1-d)\times\left(\sum_{i=1}^{m}\beta_{1i}y_{i,x_j}+\sum_{i=1}^{m}\beta_{2i}y_{i,x_{j+1}}\right) \quad \cdots (数４)$$

[0074] と表わされる。ここで、αは重み係数であり、αは下記のように高次元写像されたxにより求められる。

[0075] [数5]

$$\alpha=\left(k(x,x_1)\ \cdots\ k(x,x_N)\right)\begin{pmatrix}k(x_1,x_1) & \cdots & k(x_N,x_1)\\ \vdots & \vdots & \vdots\\ k(x_1,x_N) & \cdots & k(x_N,x_N)\end{pmatrix}^{-1} \quad \cdots (数５)$$

[0076] 高次元写像関数は下式

[0077] [数6]

$$k(x,x')=\exp\left(-\lambda\|x-x'\|^2\right) \quad \cdots (数６)$$

[0078] を用いる。λは経験により決めた係数である。

[0079] また、β_{1i}とβ_{2i}は重み係数であり、これらは周辺取得センサデータの分散から計算される。

[0080] センサデータの推定には、スプライン法やバイキュービック法等もある。いくつかの手法のどちらか一方を使っても良いし、切り替えても良い。切り替えには、例えば激しさ指標を使う。

[0081] 取得センサデータで区切られたそれぞれの区間におけるセンサデータを推定する際に、用いられる手法が異なる場合に、手法の切り替わるところにおいて、垂直な段差のようなデータのずれが発生する。

[0082] 図５Ｃはサンプリング点における段差を補正する一例を示す。この例では、推定line1と推定line2の点x_jにおける段差に対し、サンプリング点の前後に補正スペース2l（１≦データ取得時のサンプリング間隔)を設け、補正スペ

ースx$_{j-l}$ からx$_{j+l}$ 内で、補正曲線ｙ´（ｘ）ように二つのセンサデータを線形的につなげる。すなわち、推定した二つのセンサデータの境界（繋ぎ目）に発生する垂直な段差を斜めの段差に変更することによって、段差のような不連続な繋がりから、滑らかな繋がりにすることである。

[0083] このように、補正スペース内での補正センサデータy’（x）は下式で求められる。

[0084] [数7]

$$y'(x)=(1-w(x))y(x_j-l)+w(x)y(x_j+l) \quad ((x_j-l)\le x\le(x_j+l)) \quad \cdots \text{（数７）}$$

[0085] 重み係数w(x) は

[0086] [数8]

$$w(x)=\frac{x-(x_j-l)}{2l} \quad \cdots \text{（数８）}$$

[0087] により計算される。

[0088] 以上のように、センサデータ推定を行うことにより、機器制限のために取得できないデータを推定し、特に、実際にデータを取得できないシーケンスの激しい変化を再現することが可能となる。

[0089] ［統計確率分布の推定］

統計確率分布推定部１０４における統計確率分布の推定について、各推定時刻において、複数の同指定シーケンスの異なる時間で取得したセンサデータの推定後の値を用い、各推定時刻における確率分布の推定方法について、図６Ａと図６Ｂを用いて説明する。

[0090] 図６Ａに示している例は、通常に各推定時刻におけるセンサデータが正規分布に従う場合の確率分布Ｇである。この場合に、確率分布Ｇはガウス関数で表され、その時刻におけるセンサデータの平均μと標準偏差σを用いて下式のようになる。

[0091]

[数9]

$$G(x;\mu,\sigma)=\exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{n\sigma^2}\right) \quad \cdots \text{（数９）}$$

[0092] 一方、図６Ｂに示した例は、各推定時刻におけるセンサデータが正規分布に従わない場合の確率分布Ｇの一例である。この場合に、例えば、マルチガウス関数で近似しても良い。その他の関数で近似しても良い。マルチガウス関数で近似する場合には、下式のようになる。

[0093] [数10]

$$G_{multi}=\sum_i \alpha_i G_i \quad \cdots \text{（数１０）}$$

[0094] 以上の統計確率分布Ｇの推定により、各時刻におけるセンサデータの分布状況を把握することが可能となる。また、各時刻における新たに観測されたセンサデータについて、正常・異常の割合がどのぐらいあるかを見て確認することが可能となる。

[0095] ［特徴量抽出］

特徴量抽出部１０５で実施する特徴量抽出処理の流れを図７Ａを用いて説明する。まず、統計確率分布推定部１０４からの各推定時刻における統計確率分布Ｇを入力する(Ｓ７０１)。

[0096] 次に、各推定時刻における統計確率分布Ｇを用いてその時刻の異常度ｖ（ｔ）を(数１０)を用いて算出する(Ｓ７０２)。

[0097] [数11]

$$v(t)=1-G(x;\mu,\sigma) \quad \cdots \text{（数１１）}$$

[0098] そして、後で説明する特徴量抽出部１０５において実施するセンサ波形の収束判定から得られたシーケンス収束時刻を入力し(Ｓ７０３)、センサデータの開始時刻からシーケンスの収束時刻まで(数１１)で累積することで特徴量である尤度を算出する(Ｓ７０４)。

[0099]

[数12]

$$f=\sum_{t=t_s}^{t_e} v(t) \qquad \cdots \text{（数１２）}$$

[0100] すべてのセンサに対し、Ｓ７０１～Ｓ７０３を実施し、最後に、すべてのセンサの尤度を統合すれば、(数１２)で表す尤度ヒストグラムが得られる。添字s_1～s_nはセンサ番号である。

[0101] [数13]

$$\vec{h}=\left(f_{s_1} \quad \cdots \quad f_{s_n}\right) \qquad \cdots \text{（数１３）}$$

[0102] 図７Ｂには抽出した特徴量である尤度ヒストグラムを示す。

図７Ａの処理Ｓ７０３にて入力したシーケンス収束時刻は、センサデータを切出す時に、ユーザ指示により「自動算出を実施しない」ことを選択した際、デフォルトの所定数まで切出したセンサデータを対象として、センサ波形の収束判定を行うことにより求めたものである。

[0103] 図８Ａには、その収束時刻を求める処理の流れを示す。まず、切出した正常サンプリングセンサデータを入力する(Ｓ８０１)。次に、窓で一部センサデータを切出し(Ｓ８０２)、収束判定指標を算出し(Ｓ８０３)、収束判定を行う(Ｓ８０４)。「Ｎｏ」と判定された場合、時刻が増大方向へ窓を移動し(Ｓ８０５)、収束判定(Ｓ８０２～Ｓ８０４)を繰り返し、「Ｙｅｓ」と判定された場合、センサデータ収束時刻を出力する(Ｓ８０６)。

[0104] シーケンス収束時とは、シーケンスが開始してから、該シーケンスのセンサデータが一定値に収束し始める時刻、あるいは、一定値を中心に振動し始める時刻のことである。前者の収束判定指標を示すイメージは図８Ｂとなり、後者の収束判定指標を示すイメージは図８Ｃとなる。

[0105] 図８Ｂに一定値に収束するケースの収束判定指標を示す。収束判定指標は窓で切出したサンプリングセンサデータを対象とする主成分分析により得られた第一主軸、あるいは線形回帰により得られた回帰直線の傾きである。また、最後の一部のサンプリングデータの［最小値、最大値］範囲内に到達し

、最大値と最小値との差分が所定閾値以下との制約条件を加え、収束判定指標が所定の閾値より小さいいくつかの時刻のうち、最初の時刻はシーケンス収束時刻とする。

[0106] 図８Ｃに一定値を中心に振動するケースの収束判定指標を示す。この場合の収束判定指標も窓で切出したサンプリングセンサデータを対象とする主成分分析により得られた第一主軸の傾き（図８Ｃに示したように、第一主軸が水平軸とのなす角度）である。また、最後の一部のサンプリングデータの頂点に余弦波で合わせた後、類似度を算出し、類似度が所定閾値以上に達することを制約条件にさらに加え、収束判定指標が所定の閾値より小さくなったいくつかの時刻のうち、最初の時刻をシーケンス収束時刻とする。

[0107] ［ＧＵＩ］

次に、各処理をすることにあたって使用するＧＵＩについて、図９Ａないし図１１Ｂを用いて説明する。

[0108] 図９Ａ及び図９Ｂは、図１Ｂ～Ｄに示したフロー図におけるイベントデータおよびユーザ指示を入力する処理ステップＳ１０１(Ｓ１２１)、学習センサデータを入力する処理ステップＳ１０４(Ｓ１２４)、図１Ｃにおける正常・異常指示を入力する処理ステップＳ１１２、図１Ｂ又は図１Ｃの出力処理ステップである正常空間あるいは正常・異常識別境界を出力する処理ステップＳ１１１(Ｓ１１１’)、図１Ｅに示したフロー図における推定時刻を出力する処理ステップＳ１３８、図２Ｂに示したフロー図における切出し開始・終了時刻を出力する処理ステップＳ２１１、Ｓ２１８、図４に示したフロー図における推定時刻を出力する処理ステップＳ４０９、図７Ａに示したフロー図における特徴量を出力する処理ステップＳ７０５、図８Ａに示したフロー図におけるセンサデータ収束時刻を出力する処理ステップＳ８０６、図１Ｄに示したフロー図における異常検知結果を出力する処理ステップＳ１３１に係わるＧＵＩ、また、異常検知テスト結果や異常検知結果の表示に係わるＧＵＩである。

[0109] 本ＧＵＩは、特徴量を表示するパネル９００、センサデータ、センサデー

タの正常異常を示すインディクス、イベントデータ、パラメータ等を保存するファイル一式を格納するフォルダを選択するための「参照」ボタン９０１２、選択したフォルダを表示するための「入力フォルダ」ボックス９０１１、Ｓ１１１(Ｓ１１１’)処理ステップから受けた正常空間(正常・異常識別境界)、Ｓ１３８とＳ４０９処理ステップから受けた決定した推定時刻、Ｓ２１１とＳ２１８処理ステップから受けた切出し開始・終了時刻、Ｓ７０５処理ステップから受けた特徴量である尤度ヒストグラム、Ｓ８０６処理ステップから受けたセンサ波形の収束時刻、また、図示していないが、Ｓ１０７(Ｓ１２７)処理ステップから受けた推定後のセンサデータ、Ｓ１０８(Ｓ１２８)処理ステップから受けた抽出した統計確率分布等の途中結果およびＳ１３１処理ステップから受けた異常検知結果のファイル一式を格納するフォルダを選択するための「参照」ボタン９０２２、選択したフォルダを表示するための「出力フォルダ」ボックス９０２１、今回の学習および異常検知テストに係わるデータを登録するための「データ期間登録」登録ボックス９０３、検知手法を選択するための「異常検知手法」選択ボックス９０４、異常検知のための詳細な設定に係わる「その他の設定」ボタン９０５、データベース１１１からのデータを用いて学習および異常検知テストを実行する「学習および異常検知テスト実行」ボタン９０６、設備１０１からのデータを対象として異常検知をする「異常検知実行」ボタン９０７、異常検知結果を表示するデータの「表示期間」ボックス９０８、特徴量や異常結果の表示等の表示項目を選択する「表示項目」ボックス９０９、２次元表示をするか３次元表示をするかを選択するための「表示形式」ボックス９１０、以上の表示の設定に基づき異常検知を実施し、センサデータを推定処理ステップＳ１０７(Ｓ１２７)から受けた異常検知結果を表示する「異常検知結果表示」ボタン９１１、および、統計確率分布ステップＳ１０８(Ｓ１２８)から受けた途中結果である推定後センサデータおよび統計確率分布を受け、表示するための「途中結果表示」ボタン９１２を備えて構成される。

[0110] 「入力フォルダ」ボックス９０１１、「出力フォルダ」ボックス９０２１

でそれぞれフォルダを選択し、「データ期間登録」ボックス９０８でデータ期間を登録し、「異常検知手法」選択ボックス９０４で異常検知手法を選択し、「その他の設定」ボタン９０５でその他の設定が終わった後、「学習および異常検知テスト実行」ボタン９０６を押すことにより、図１Ｂ、あるいは、図１Ｃに示した学習処理、およびデータベース１１１からのデータを用いて図１Ｄに示した異常検知流れに沿った異常検知テスト処理が実行される。ボタン９０６が一旦押されると、異常検知テスト処理が完了するまでは、「異常検知実行」ボタン９０７、「異常検知結果表示」ボタン９１１、「途中結果表示」ボタン９１２が押せない状態になる。

[0111] 学習処理および異常検知テスト処理が完了したら、「異常検知実行」ボタン９０７が押せる状態に切り替わる。また、「異常検知結果表示」ボタン９１１、「途中結果表示」ボタン９１２も押せる状態に切り替わる。この場合に、「表示期間」ボックス９０８に学習データ、あるいは、異常検知テストデータの期間を登録し、「表示項目」ボックス９０９および「表示形式」ボックス９１０を選択して「異常検知結果表示」ボタン９１１、あるいは「途中結果表示」ボタン９１２を押すと、表示期間にある途中結果、あるいは異常検知結果が「表示」パネル９００に表示される。

[0112] 次に、「異常検知実行」ボタン９０７を押す。これにより、図示していない設備１０１に繋がっている一時データ保存用の記憶媒体から「データ期間登録」ボックス９０３に登録されている期間のデータを読み込んで異常検知を行う。異常検知実行が完了したら、「表示期間」ボックス９０８に異常検知データの期間を登録し、「表示項目」ボックス９０９および「表示形式」ボックス９１０を選択して「異常検知結果表示」ボタン９１１、「途中結果表示」ボタン９１２を押すと、表示期間にある異常検知データの途中結果、あるいは異常検知結果が「表示」パネル９００に表示される。

[0113] 表示に関連するボタンを押す前には、「表示」パネル９００には実行の進捗が表示されている。たとえば、最初に、“設定してください”と表示する。設定がいったん始まったら、すぐに、“設定実施中”と切り替わる。そし

て、入力フォルダ、出力フォルダ、データ期間登録、異常検知手法の設定が完了し、「学習および異常検知テスト実行」ボタン９０６を押すと、“学習および異常検知テスト実行中”と表示する。

[0114] 「学習および異常検知テスト実行」が完了したら、“学習および異常検知テスト実行が済み、「異常検知実行」ボタン９０７を押して異常検知を実施するか、表示設定をし、表示ボタンを押して、表示してください”と表示する。「異常検知実行」ボタン９０７を押さず、「表示期間」、「表示項目」、「表示形式」のいずれかの表示設定をいったん開始したら、“表示設定中”と切り替える。表示設定が完了したら、“表示設定が完了し、表示ボタンを押して、表示してください”と表示する。

[0115] 「異常検知結果表示」ボタン９１１か「途中結果表示」ボタン９１２を押したら、設定に従った学習および異常検知テストの結果が表示される。一方、「異常検知実行」ボタン９０７を押したら、“異常検知テスト実行中”と表示し、「異常検知テスト実行」が完了したら、“異常検知テスト実行が済み、表示設定をしてください”と表示する。表示設定をいったん開始したら、“表示設定中”と切り替える。表示設定が完了したら、“表示設定が完了し、表示ボタンを押して、表示してください”と表示し、「異常検知結果表示」ボタン９１１か「途中結果表示」ボタン９１２を押したら、設定に従った異常検知の結果が表示される。

[0116] 図９Ａに本実施例によるＧＵＩ表示の一例を示す。この例では、表示パネル９００において、特徴量９００１、異常バー９００２、および表示に係わる表示関連項目９００３が表示されている。表示関連項目９００３には、表示データの種類（データベースのデータを利用した異常検知テスト結果か、設備からのデータを利用した異常検知の結果かのこと）、表示期間、本結果が得られるための学習期間、評価期間を表示する。異常バー９００２は、異常のある特徴量の位置を黒く表示する。

[0117] 図９Ａに示した例では、データベース１１１からのデータを利用した異常検知テスト結果を示す一例である。また、図示をしていないが、設備１０１

からのデータを利用した異常検知結果を示すことも可能である。また、「表示形式」に３Ｄと選択すれば、図９Ｂの「表示」パネル９００に示される３Ｄの特徴量９００１’が表示される。

[0118] 図９Ａ又は図９Ｂに示したようなＧＵＩを表示することにより、特徴量である尤度ヒストグラムの状況、異常検知の結果を視覚的に確認することができるため、ユーザにとって判断しやすくなる。

[0119] 図１０は、異常検知のための詳細な設定に係わり、図９にある「その他の設定」ボタン９０５を押すことで呼び出されるＧＵＩである。本ＧＵＩは、図１Ｂ～図１Ｄにおける、センサデータ切出し開始・終了時刻算出し、センサデータを切出し処理ステップＳ１０５（Ｓ１２５)、センサデータ推定ステップＳ１０７(Ｓ１２７)の設定にも係わる。

[0120] 本ＧＵＩは、「シーケンス設定」領域１００１、「センサデータ推定設定」領域１００２、「データ設定」領域１００３、「識別器設定」領域１００４、「設定状況一覧」表示パネル１００５、および「保存」ボタン１００６を備えて構成される。

[0121] 「シーケンス設定」領域１００１において、「編集」ボタン１００１６を押すことで、すべての項目を編集することが可能となる。編集項目には、「シーケンス種類」と「シーケンス切出し」がある。それぞれ、「シーケンス種類」にはシーケンス種類を選択するためのボックス１００１１、「シーケンス切出し」には、シーケンス切出し開始・終了時刻自動算出項目に、「あり」を表示するチェックボックス１００１２１と１００１２３、およびそれぞれの「あり」の後ろに自動算出時使用する指標を選択するためのボックス１００１２２と１００１２４がある。「シーケンス種類」選択ボックス１００１１にて、起動や停止等異常検知したいシーケンスの種類を選択することができる。「シーケンス切出し」にて、開始・終了時刻を自動算出するかを決めることができる。

[0122] 自動算出を実施する場合に、それぞれの「あり」チェックボックス１００１２１と１００１２３をチェックし、指標ボックス１００１２２と１００１

２４にて、使用指標を選択する。自動算出を実施しない場合に、「あり」チェックボックスをチェックせずに、使用指標選択ボックスを空白にする。この場合には、デフォルトのシーケンス切出し開始・終了時刻を利用する。

[0123] 図１０に示した例では、シーケンス種類を選択するためのボックス１００１１に起動シーケンスを入力した例を示している。また、この例では、シーケンス切出し開始・終了時刻の自動算出を行わないため、それぞれの「あり」をチェックせず、指標選択用ボックスを空白にしている。「決定」ボタン１００１７を押すことにより、「シーケンス設定」領域１００１で設定された内容が登録される。

[0124] 「センサデータ推定設定」領域１００２において、「編集」ボタン１００２６を押すことで、すべての項目を編集することが可能となる。編集項目には、「推定手法」、「パラメータ」、「推定間隔」がある。それぞれ、「推定手法」には線形法・非線形法・混合法を選択するためのチェックボックス１００２１１、１００２１３、１００２１５、各分類方法に対応する更なる詳細な方法を選択するためのボックス１００２１２、１００２１４、１００２１６がある。

[0125] 推定手法を選択する際に、「推定手法」の線形法・非線形法・混合法を選択するためのチェックボックス１００２１１、１００２１３、１００２１５の何れかをチェックし、その後ろに対応する手法選択のボックス１００２１２、１００２１４、１００２１６によって推定手法を決めることができる。「パラメータ」にはパラメータの種類を選択するための選択ボックス１００２２１、選択されたパラメータの具体的な数字を入力するためのボックス１００２２２、および１つのパラメータの種類選択と数値入力が終わった後、次のパラメータの種類選択と数値入力を実施するための「追加」ボタン１００２２３がある。

[0126] 「推定間隔」には、「指定あり」の場合に表示するチェックボックス１００２３２、および「指定あり」がチェックされたら推定間隔を入力するためのボックス１００２３３がある。推定間隔を指定しない場合に、「指定あり

」チェックボックをチェックせず、その後ろの秒数も入力しない。この場合に、自動的に正常な学習データを用いてそれぞれのセンサ波形の激しさによって推定時刻の決定が行われる。指定する場合には、「指定あり」チェックボックスをチェックし、その後ろの秒数も入力する。これにより、指定された秒数間隔に推定時刻が設定される。

[0127] 図１０に示した例では、非線形法のチェックボックス１００２１３がチェックされ、対応する手法選択ボックス１００２１４にカーネルを用いた推定法が選択される。また、「パラメータ」の「種類」選択ボックス１００２２１によってパラメータ１／パラメータ２が選択され、数値が５．０と１０．０と入力されている。推定間隔は指定ありで、推定間隔は１秒と設定される。「決定」ボタン１００２７を押すことにより、「センサデータ推定設定」領域１００２で設定された内容が登録される。

[0128] 「データ設定」領域１００３において、「編集」ボタン１００３６を押すことで、すべての項目を編集することが可能となる。編集項目には、「学習／評価データ切わけ指定」および「除外データ」がある。さらに、「学習／評価データ切わけ指定」には、「あり」のチェックボックス１００３１１、指定「あり」の場合に、それぞれ学習データ期間を入力するボックス１００３１２、評価データ期間を入力するボックス１００３１３、指定「なし」の場合に、「なし」のチェックボックス１００３２１、自動的に学習データ・評価データを分けることに係わる評価手法のfold数を入力するボックス１００３２２がある。「除外データ」には、「あり」のチェックボックス１００３３１、と「あり」の場合に、データ登録するための「データ登録」ボックス１００３３２がある。

[0129] 図１０に示した例では、学習／評価データ切わけ指定の「あり」のチェックボックス１００３１１がチェックされ、それぞれ学習データボックスと評価データボックス１００３１２と１００３１３に指定期間を入力している。また、除外データがないため、「除外データ」の「あり」のチェックボックス１００３３１をチェックせず、「データ登録」ボックス１００３３２にも

空白している。「決定」ボタン１００３７を押すことにより、「データ設定」領域１００３で設定された内容が登録される。

[0130] 「識別器設定」領域１００４において、「編集」ボタン１００４６を押すことで、すべての項目を編集することが可能となる。編集項目には、「識別器種類」および「詳細項目」がある。それぞれの内容に対し、「識別器種類」ボックス１００４１、および「詳細項目」ボックス１００４２がある。「識別器種類」ボックス１００４１では、識別器の種類選択ができる。例えば、サポートベクターマシン、ベイズ識別器、ｋ近傍識別器、ニューラルネットワーク等がある。

[0131] 「詳細項目」ボックス１００４２では、「識別器種類」ボックス１００４１にて選んだ識別器に対応する詳細な項目の選択ができる。例えば、識別器のクラス数について、１クラスや多クラスを選択できる。１クラスを選択した場合、学習時図１Ｂの処理流れに沿って学習を行い、正常空間を求める。一方、多クラスを選択した場合、学習時図１Ｃの処理流れに沿って学習を行い、正常・異常識別境界を求める。本実施例では、「識別器種類」ボックス１００４１には識別器１と選択し、「詳細項目」ボックス１００４２に多クラスと選択している。「決定」ボタン１００４７を押すことにより、「識別器設定」領域１００４で設定された内容が登録される。

[0132] 上記入力した内容が入力された時点で、自動的に「設定状況一覧」１００５に表示される。それぞれの設定項目を編集している場合に、それぞれの項目名の後ろに「編集中」と表示される。決定が終わった時点、それぞれの「決定」ボタン１００１６、１００２６、１００３６、１００４６を押したら、それぞれの項目名の後ろに「編集中」が「決定済」と変更される。また修正したい項目があったら、修正したい設定項目がある領域の「編集」ボタンを押して、編集を行い、編集をし終わった後、再度該当する領域の「決定」ボタン１００１７、１００２７、１００３７、１００４７の何れかを押すことにより修正を完了する。

[0133] 「設定状況一覧」１００５に表示された内容を確認し終わった後、「保存

」ボタン１００６を押すと、図１０で設定した内容が保存され、図１０のＧＵＩが消える。

[0134] 図１０のＧＵＩを用いてセンサデータ推定等を行う詳細な設定を実施した後、図９Ａ又は図９Ｂの「学習＆異常検知テスト実行」ボタン９０６を押して、学習および異常検知テストを実施した後、「異常検知実行」ボタン９０７を押し、異常検知を実施する。異常検知を実施する際に用いられる正常空間あるいは識別境界は「学習時」求められたものを利用する。

[0135] 学習、異常検知テスト、異常検知を行った後、得られた途中結果である推定後計測曲線、センサモデル、センサモデルにおけるある時刻の統計確率分布をチェックすることに係わるＧＵＩについて、図１１Ａ及び図１１Ｂを用いて説明する。

[0136] 図１１Ａ及び図１１Ｂに示したＧＵＩは、「センサ設定」領域」１１０１、「表示設定」領域１１０２、および表示実行のための「表示」ボタン１１０３、「表示パネル」領域１１０４を備えて構成される。「センサ設定」１１０１には「センサ種類」項目があり、種類選択は選択ボックス１１０１１によって実施される。「表示設定」１１０２には「表示データ日付」、「表示内容」、「確率分布表示」がある。

[0137] 表示データ日付は、「表示データ日付」ボックス１１０２１によって入力される。表字内容は「表示内容」の選択ボックス１１０２２１によって選択される。また選択ボックス下にある「設定プロパティ」１１０２２２によって、表示する内容のプロパティを選択する。「確率分布表示」には、「あり」の場合にチェックするチェックボックス１１０２３１、および「あり」の場合に、設定用の「設定プロパティ」１１０２３２がある。

[0138] 図１１Ａは、推定前後計測曲線を表示する一例を示す。図１１Ａに示した例では、「表示内容」の選択ボックス１１０２２１に「推定前＆推定後計測曲線」と選択し、またその他の項目に適切な選択肢を選び、「表示」ボタン１１０３を押すと、「表示パネル」領域１１０４に時間とセンサ値との関係を示すグラフ１１０５が表示される。推定前のデータ列１１０５１は離散的

であり、推定後のセンサ波形１１０５２は連続的である。

[0139] また、本グラフに係わる設定項目は領域１１０５３に表示される。表示項目内容には、図１０で説明したＧＵＩ上で設定された内容も含み、多次元センサのセンサ番号、計測内容、データ取得時間、データ種類(学習データか評価データか、および、データベースからか設備からか、との内容を含む)、収束時刻、センサデータの推定手法、推定時に用いたパラメータの値、推定時間間隔種類、推定時間間隔、推定前のマーカーの種類、推定後曲線の種類等がある。領域１１０５３の表示はマウスの右クリックにて表示されないように選択できるようにしても良い。

[0140] 図１１Ａで、「表示内容」選択ボックス１１０２２２で「センサモデル＆推定後計測曲線」を選択し、またその他の項目に適切な選択肢を選び、「表示」ボタン１１０３を押すと、領域１１０４には図１１Ｂに示すような、センサモデル毎の推定計測曲線を示すグラフ１１０６が表示される。グラフ１１０６において、一点鎖線１１０６１はセンサモデルの平均値曲線（μ）、点線１１０６２、１１０６３はセンサモデルの平均値曲線プラスマイナス標準偏差の３倍（μ±３σ）、実線１１０６４は推定後の計測曲線を表す。また、本図形に係わる設定項目は領域１１０６５に表示される。表示項目内容には、それぞれの線形はどんな曲線であるかを示す。領域１１０６５の表示はマウスの右クリックにて表示されないように選択しても良い。

[0141] さらに、統計確率分布を見たい時刻にマウスを合わせ(グラフ１１０６の矢印で示した個所)、右クリックにて表示するように選択すれば、領域１１０４においてグラフ１１０６の下に、図１１Ｂに示すように、ある指定時刻における統計確率分布１１０７が表示される。ある時刻における統計確率分布１１０７にはガウス曲線１１０７１、観測データ１１０７２、および領域１１０７３に本統計確率分布に関連する項目が表示される。領域１１０７３に表示される表示項目内容には、センサ番号、計測内容、本統計確率分布の経過時刻、平均値の数値、標準偏差の数値、観測データの推定値の該統計確率分布における確率値と異常度がある。領域１１０７３の表示はマウスの右クリ

ックにて表示されないように選択しても良い。

[0142] 図１１Ａ又は図１１Ｂで説明したようなＧＵＩにより、センサデータ推定手法の選択やパラメータの設定等を簡便に入力することが可能である。また、センサデータ推定前後の結果を確認することが可能であるため、選択した手法や設定したパラメータの妥当性を確認することが可能である。さらに、確率分布および新たに観測されたデータの所在位置や異常度を観察し、シーケンスの進行状況を確認することが可能である。

[0143] 以上、本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

符号の説明

[0144] １０１・・・設備 １００・・・異常検知パス １００’・・・学習パス １００”・・・推定時刻決定パス １００１・・・イベントデータ １００２・・・センサデータ １００３・・・ユーザ指示 １００４・・・識別境界or正常空間 １０２・・・データ前処理部 １０２１・・・イベントデータ解析部 １０２２・・・センサデータ切出し部 １０２３・・・センサデータ時刻合わせ部 １０３・・・センサデータ推定部 １０４・・・統計確率分布推定部 １０５・・・特徴量抽出部 １０６・・・異常検知部 １１１・・・データベース １１２・・・推定時刻決定部 １１３・・・学習部。

請求の範囲

［請求項1］ プラント又は設備の異常を検知する方法であって、

プラント又は設備に取り付けたセンサから間欠的に出力されたセンサ信号及び該センサ信号と同じ期間における前記プラント又は設備の起動シーケンス又は停止シーケンスの開始および終了に対応するイベント信号を入力し、

該入力したセンサ信号のうち前記起動シーケンス又は終了シーケンスの開始のイベント信号と終了のイベント信号との間の区間に対応するセンサ信号を切り出し、

該切り出したセンサ信号のある時刻における信号値とその確率分布を推定し、

該推定した確率分布に基づいて特徴量を抽出し、

該抽出した特徴量に基づいて前記プラント又は設備の異常を検知する

ことを特徴とする設備状態監視方法。

［請求項2］ 前記切り出したセンサ信号のある時刻における信号値とその確率分布を推定することを、

前記切り出したセンサ信号を前記起動シーケンス又は終了シーケンスの開始のイベント信号を起点とした時間に合わせ、

該時間を合わせたセンサ信号のデータを推定する時刻を決定し、

該決定した時刻におけるセンサデータを推定し、

該推定したセンサデータの確率分布推定する

ことにより行うことを特徴とする請求項１記載の設備状態監視方法。

［請求項3］ 前記センサデータを推定する手法を画面上に表示された複数の手法の中から選択し、該選択した手法に基づいて前記センサデータを推定することを特徴とする請求項２に記載の設備状態監視方法。

［請求項4］ 前記推定したセンサデータに関する情報を画面上に表示することを特徴とする請求項２記載の設備状態監視方法。

[請求項5] 前記抽出した特徴量に基づいて前記プラント又は設備の異常を検知することを、前記プラント又は設備が正常に作動しているときの前記センサ信号を用いて前記センサ信号の正常空間或いは識別境界を決定し、前記抽出した特徴量が前記決定した正常空間或いは識別境界の内部にあるか否かを判断して前記プラント又は設備の異常を検知することを特徴とする請求項１記載の設備状態監視方法。

[請求項6] プラント又は設備の異常を検知する装置であって、

プラント又は設備に取り付けたセンサから間欠的に出力されたセンサ信号及び該センサ信号と同じ期間における前記プラント又は設備の起動シーケンス又は停止シーケンスの開始および終了に対応するイベント信号を入力し、該入力したセンサ信号のうち前記起動シーケンス又は終了シーケンスの開始のイベント信号と終了のイベント信号との間の区間に対応するセンサ信号を切り出し、該切り出したセンサ信号を前記起動シーケンス又は終了シーケンスの開始のイベント信号を起点とした時間に合わせる処理を行うデータ前処理部と、

該データ前処理部で処理したセンサ信号のある時刻における信号値とその確率分布を推定する確率分布推定部と、

該確率分布推定部で推定した確率分布に基づいて特徴量を抽出する特徴量抽出部と、

該特徴量抽出部で抽出した特徴量に基づいて前記プラント又は設備の異常を検出する異常検出部と

入出力する情報を表示する画面を有して前記異常検出部で検出した前記プラント又は設備の異常に関する情報を前記画面上に表示する入出力部と

を備えたことを特徴とする設備状態監視装置。

[請求項7] 前記確率分布推定部は、

前記切り出したセンサ信号を前記起動シーケンス又は終了シーケンスの開始のイベント信号を起点とした時間に合わせたセンサ信号のデ

ータを推定する時刻を決定する推定時刻決定部と、

該推定時刻決定部で決定した時刻におけるセンサデータを推定するセンサデータ推定部と、

該センサデータ推定部で推定したセンサデータの統計確率分布推定する統計確率分布推定部と、

を備えることを特徴とする請求項６記載の設備状態監視装置。

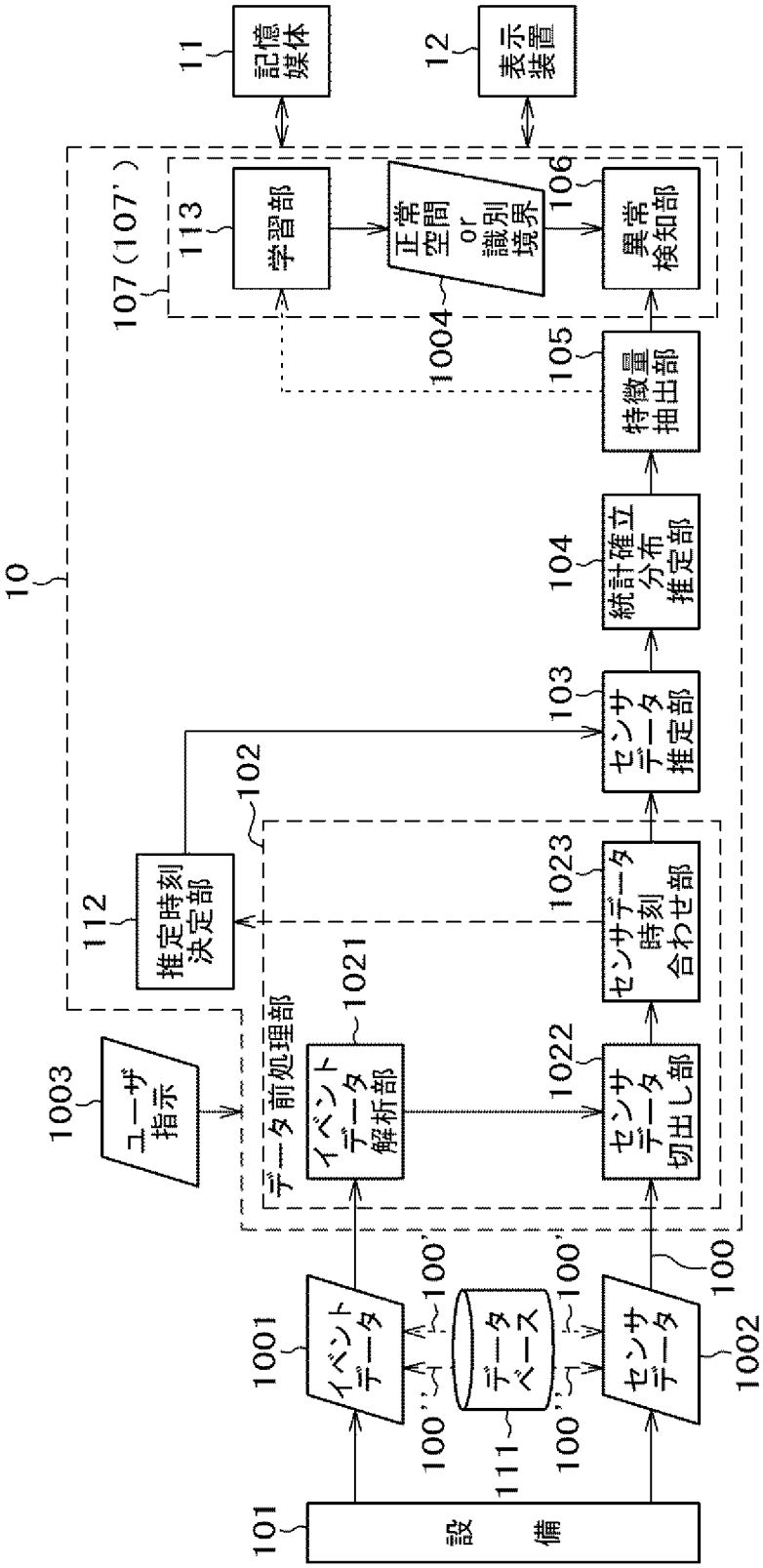
[請求項8] 前記入出力部は前記センサデータ推定部でセンサデータを推定するための複数の手法を前記画面上に表示し、前記センサデータ推定部は、前記表示された複数の手法の中から前記画面上で選択された手法に基づいて前記センサデータを推定することを特徴とする請求項７に記載の設備状態監視装置。

[請求項9] 前記入出力部は、前記センサデータ推定部で推定したセンサデータに関する情報を前記画面上に表示することを特徴とする請求項７記載の設備状態監視装置。

[請求項10] 前記異常検出部は、前記プラント又は設備が正常に作動しているときの前記センサ信号を用いて前記センサ信号の正常空間或いは識別境界を決定する学習部と、前記特徴量抽出部で抽出した特徴量が前記決定した正常空間或いは識別境界の内部にあるか否かを判断して前記プラント又は設備の異常を検知する異常検知部とを備えていることを特徴とする請求項６記載の設備状態監視装置。

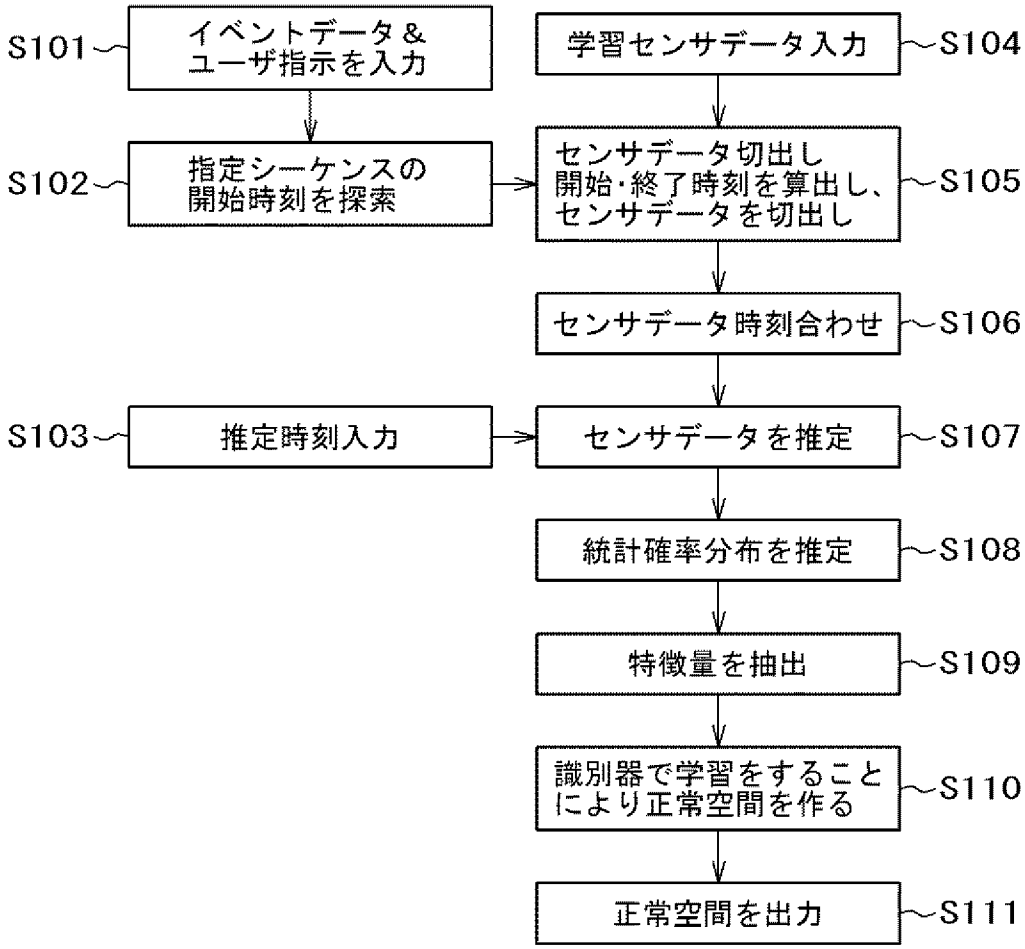
[図1A]

図１Ａ


11
記憶媒体
12
表示装置
10
107（107'）
113
学習部
正常空間 or 識別境界
1004
106
異常検知部
105
特徴量抽出部
104
統計確立分布推定部
103
センサデータ推定部
102
データ前処理部
112
推定時刻決定部
1023
センサデータ時刻合わせ部
1021
イベントデータ解析部
1022
センサデータ切出し部
1003
ユーザ指示
1001
イベントデータ
100'
データベース
111
センサデータ
1002
100
101
設備

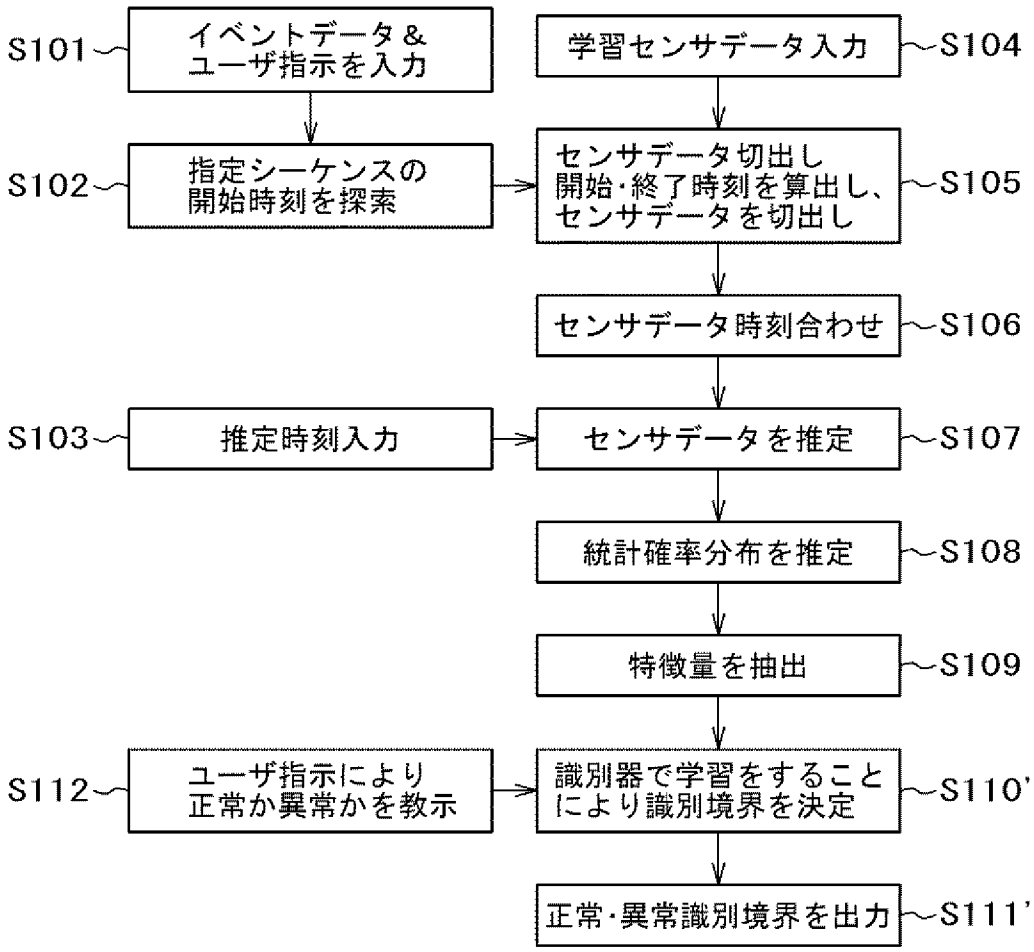
[図1B]

図１Ｂ


S101
イベントデータ＆
ユーザ指示を入力
S102
指定シーケンスの
開始時刻を探索
S103
推定時刻入力
学習センサデータ入力
S104
センサデータ切出し
開始･終了時刻を算出し、
センサデータを切出し
S105
センサデータ時刻合わせ
S106
センサデータを推定
S107
統計確率分布を推定
S108
特徴量を抽出
S109
識別器で学習をすること
により正常空間を作る
S110
正常空間を出力
S111

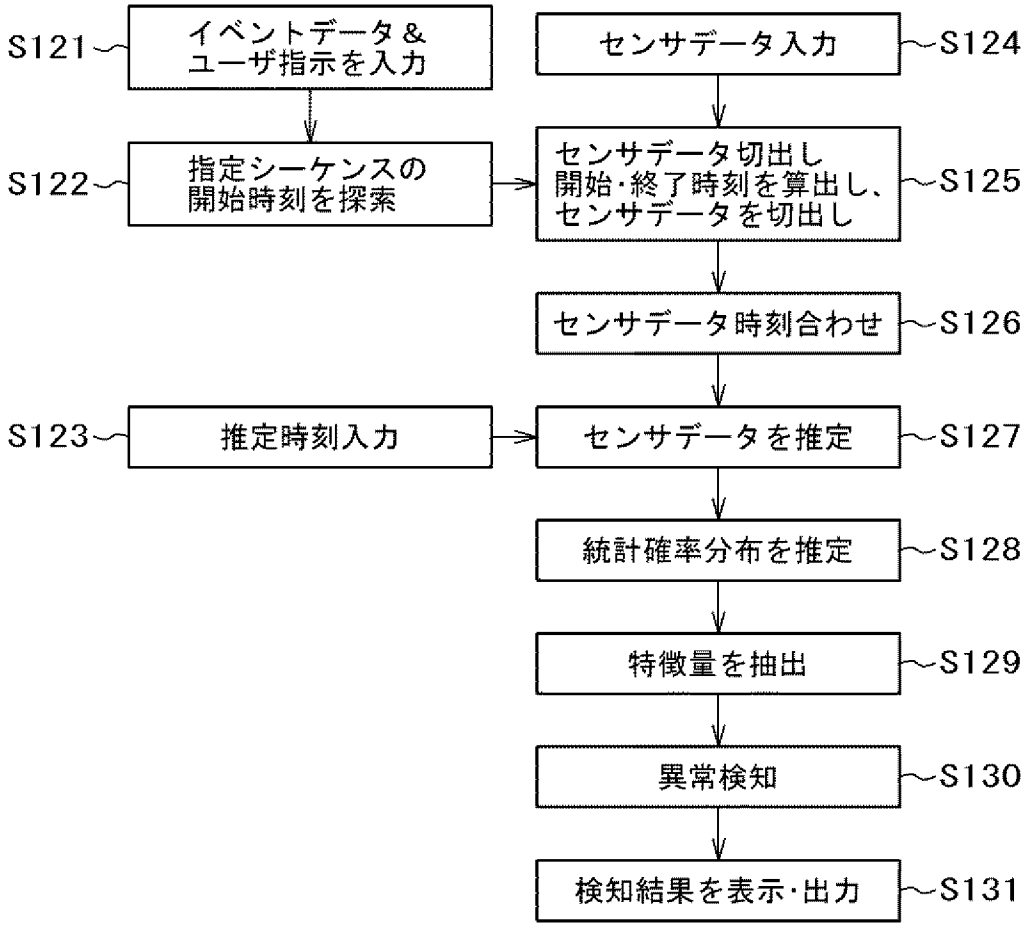
[図1C]

図１Ｃ


S101
イベントデータ＆
ユーザ指示を入力
S102
指定シーケンスの
開始時刻を探索
S103
推定時刻入力
S112
ユーザ指示により
正常か異常かを教示
学習センサデータ入力
S104
センサデータ切出し
開始･終了時刻を算出し、
センサデータを切出し
S105
センサデータ時刻合わせ
S106
センサデータを推定
S107
統計確率分布を推定
S108
特徴量を抽出
S109
識別器で学習をすること
により識別境界を決定
S110'
正常･異常識別境界を出力
S111'

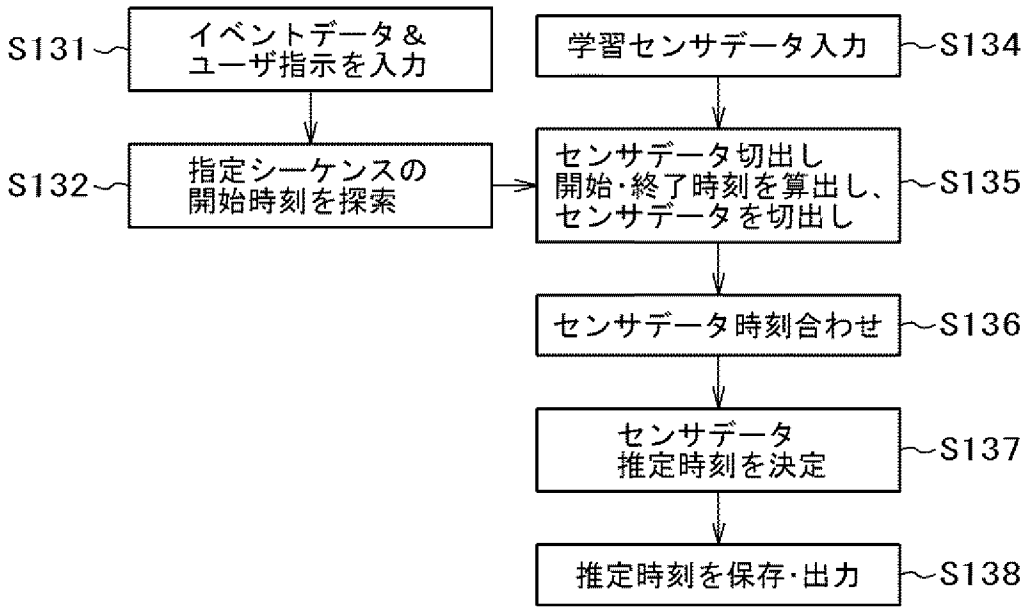
[図1D]

図１Ｄ



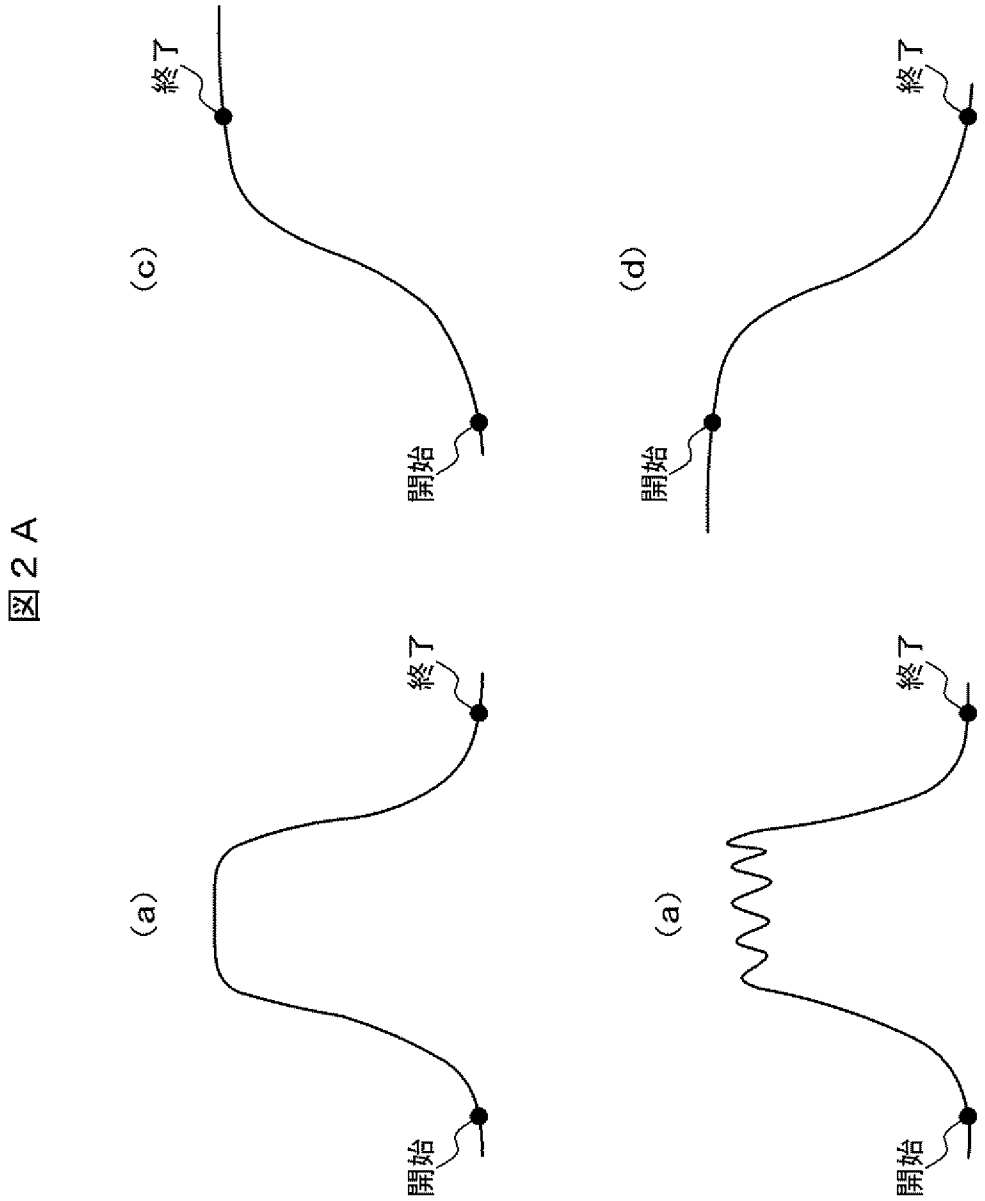
[図1E]

図１Ｅ



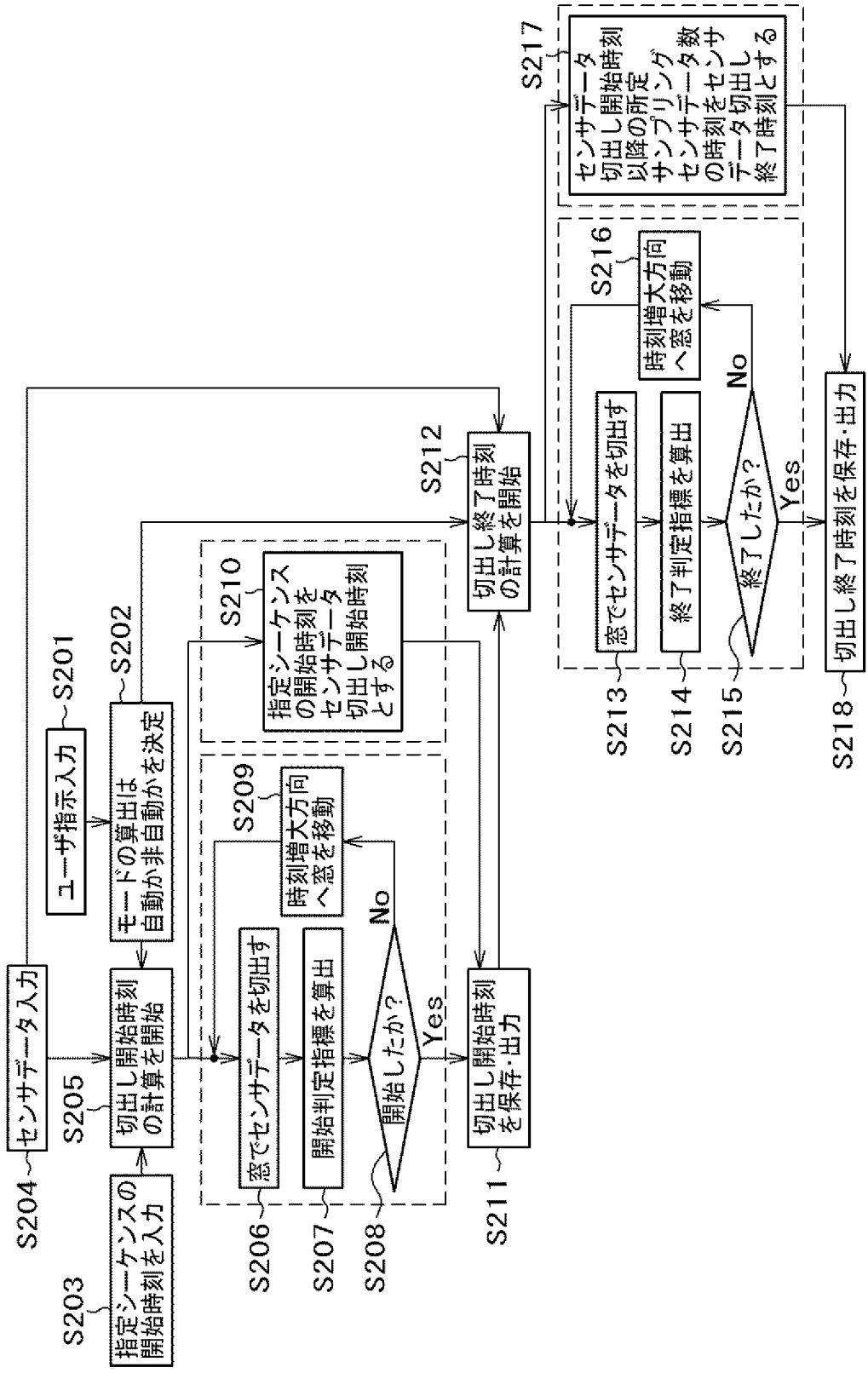
[図2A]

図２Ａ



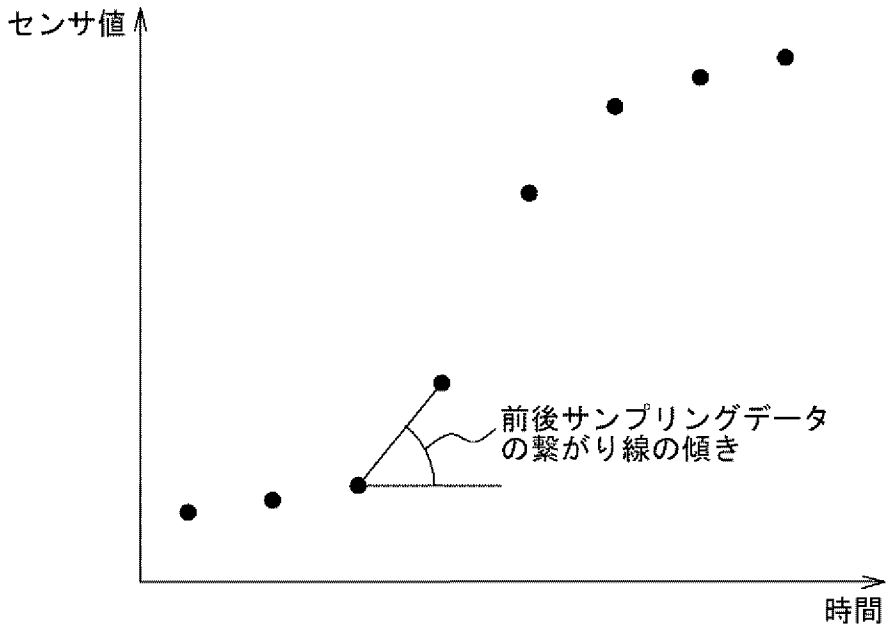
[図2B]

図２Ｂ


センサデータ入力
S204
ユーザ指示入力
S201
モードの算出は自動か非自動かを決定
S202
指定シーケンスの開始時刻を入力
S203
切出し開始時刻の計算を開始
S205
窓でセンサデータを切出す
S206
開始判定指標を算出
S207
開始したか？
S208
No
Yes
時刻増大方向へ窓を移動
S209
指定シーケンスの開始時刻をセンサデータ切出し開始時刻とする
S210
切出し開始時刻を保存・出力
S211
切出し終了時刻の計算を開始
S212
窓でセンサデータを切出す
S213
終了判定指標を算出
S214
終了したか？
S215
No
Yes
時刻増大方向へ窓を移動
S216
センサデータ切出し開始時刻以降の所定サンプリング数のセンサデータをセンサデータ切出し終了時刻とする
S217
切出し終了時刻を保存・出力
S218

[図2C]

図２Ｃ



[図3A]

図３Ａ

イベントデータ

日付	コード	メッセージ
2008/1/27 9:12:00	1231	Request module on
:	:	:
2008/1/28 10:25:15	1231	Request module on
:	:	:
2008/1/29 11:08:20	1231	Request module on
:	:	:

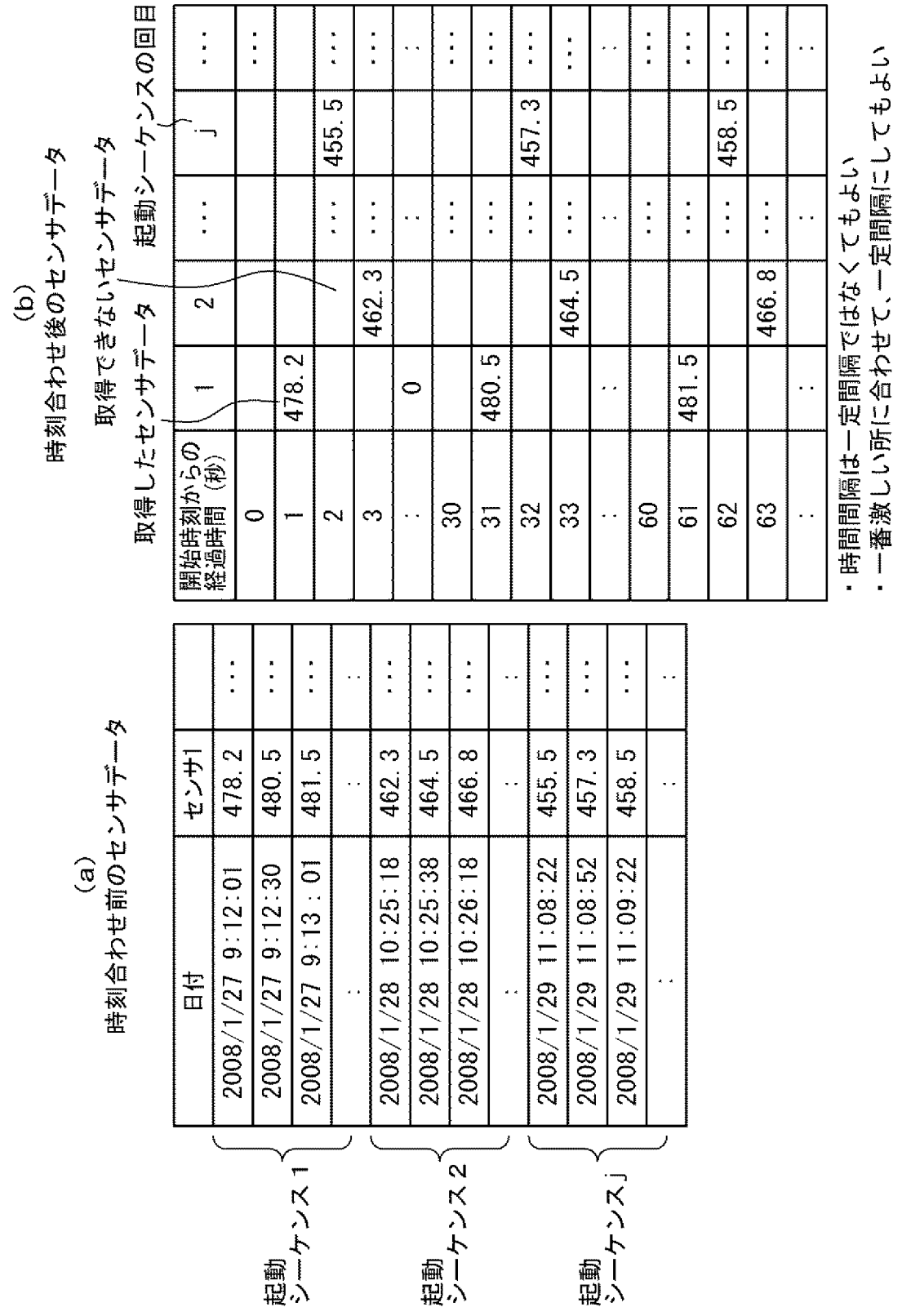
起動シーケンス１の開始時刻

起動シーケンス２の開始時刻

起動シーケンス３の開始時刻

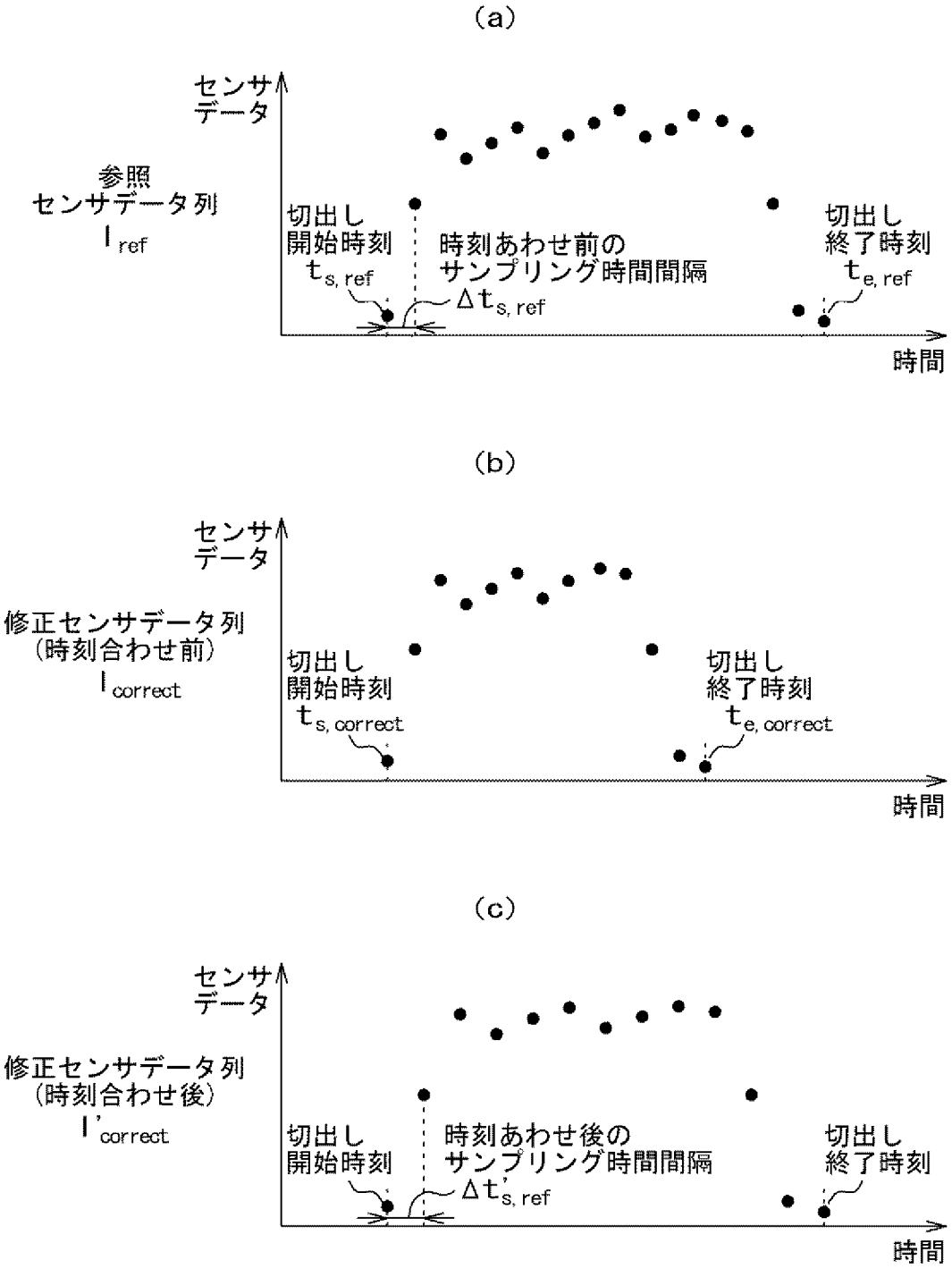
[図3B]

図３Ｂ


(a)
時刻合わせ前のセンサデータ
日付
センサ1
2008/1/27 9:12:01
478.2
2008/1/27 9:12:30
480.5
2008/1/27 9:13:01
481.5
2008/1/28 10:25:18
462.3
2008/1/28 10:25:38
464.5
2008/1/28 10:26:18
466.8
2008/1/29 11:08:22
455.5
2008/1/29 11:08:52
457.3
2008/1/29 11:09:22
458.5
起動シーケンス1
起動シーケンス2
起動シーケンスj
(b)
時刻合わせ後のセンサデータ
取得したセンサデータ
取得できないセンサデータ
起動シーケンスの回目
開始時刻からの経過時間（秒）
1
2
j
0
478.2
1
462.3
2
455.5
3
480.5
30
31
464.5
32
457.3
33
464.5
60
481.5
61
458.5
62
466.8
63
・時間間隔は一定間隔ではなくてもよい
・一番激しい所に合わせて、一定間隔にしてもよい

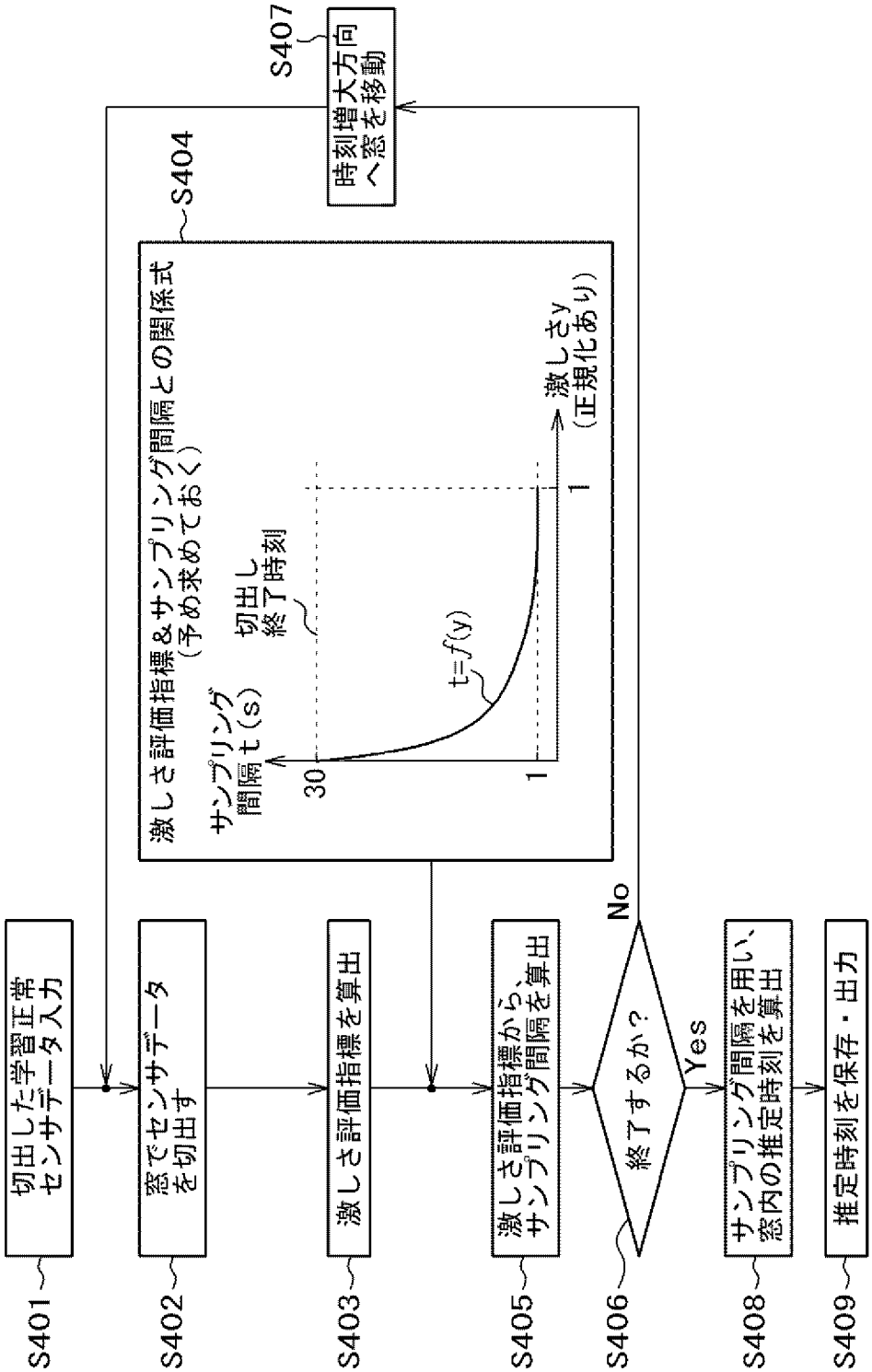
[図3C]

図３Ｃ


(a)
センサデータ
参照センサデータ列
I ref
切出し開始時刻
t s, ref
時刻あわせ前のサンプリング時間間隔
Δt s, ref
切出し終了時刻
t e, ref
時間
(b)
センサデータ
修正センサデータ列（時刻合わせ前）
I correct
切出し開始時刻
t s, correct
切出し終了時刻
t e, correct
時間
(c)
センサデータ
修正センサデータ列（時刻合わせ後）
I' correct
切出し開始時刻
時刻あわせ後のサンプリング時間間隔
Δt' s, ref
切出し終了時刻
時間

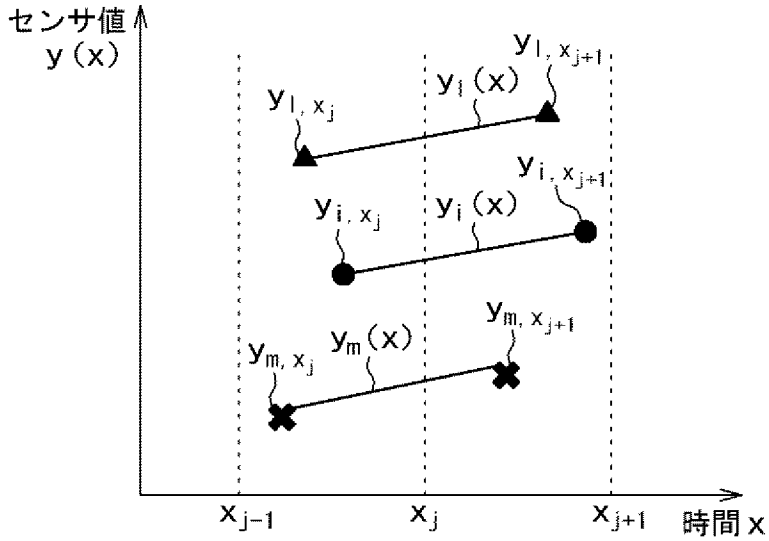
[図4]

図 4


S401
切出した学習正常センサデータ入力
S402
窓でセンサデータを切出す
S403
激しさ評価指標を算出
S404
激しさ評価指標&サンプリング間隔との関係式（予め求めておく）
サンプリング間隔t(s)
30
1
切出し終了時刻
t=f(y)
1
激しさy（正規化あり）
S405
激しさ評価指標から、サンプリング間隔を算出
S406
終了するか？
No
Yes
S407
時刻増大方向へ窓を移動
S408
サンプリング間隔を用い、窓内の推定時刻を算出
S409
推定時刻を保存・出力

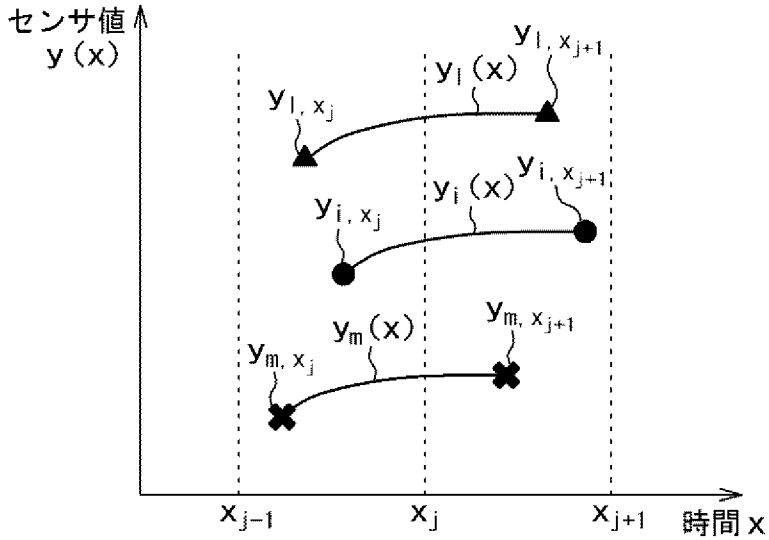
[図5A]

図５Ａ



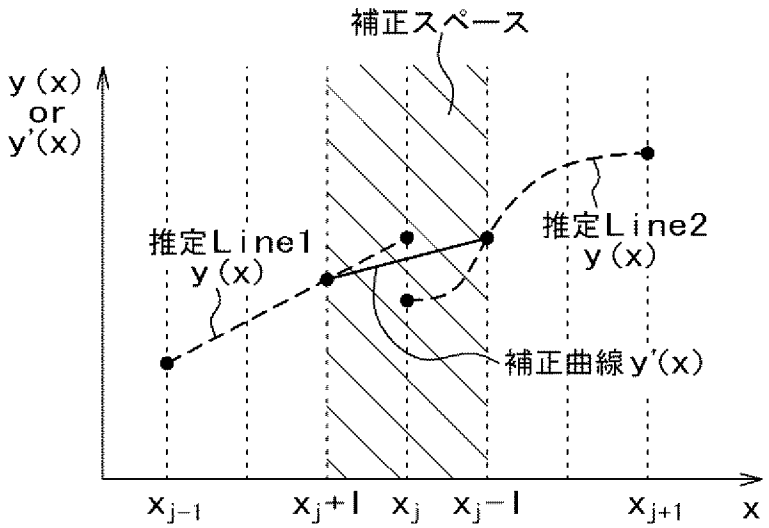
[図5B]

図５Ｂ



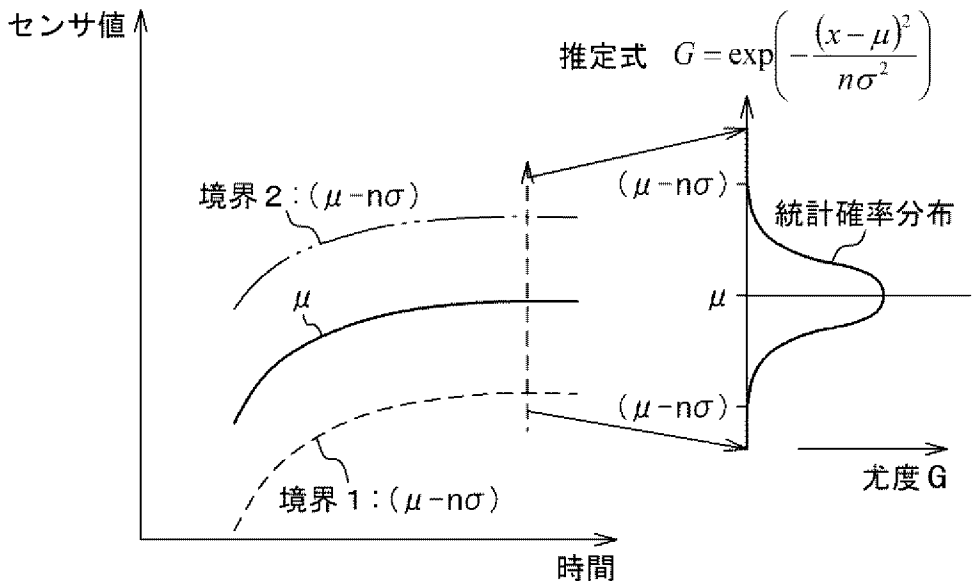
[図5C]

図５Ｃ



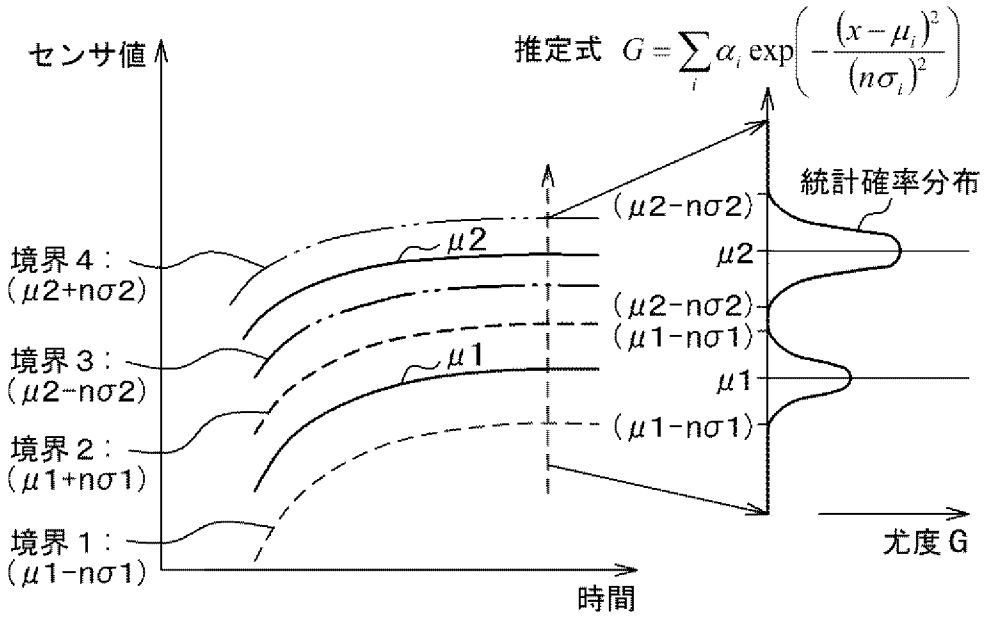
[図6A]

図６Ａ



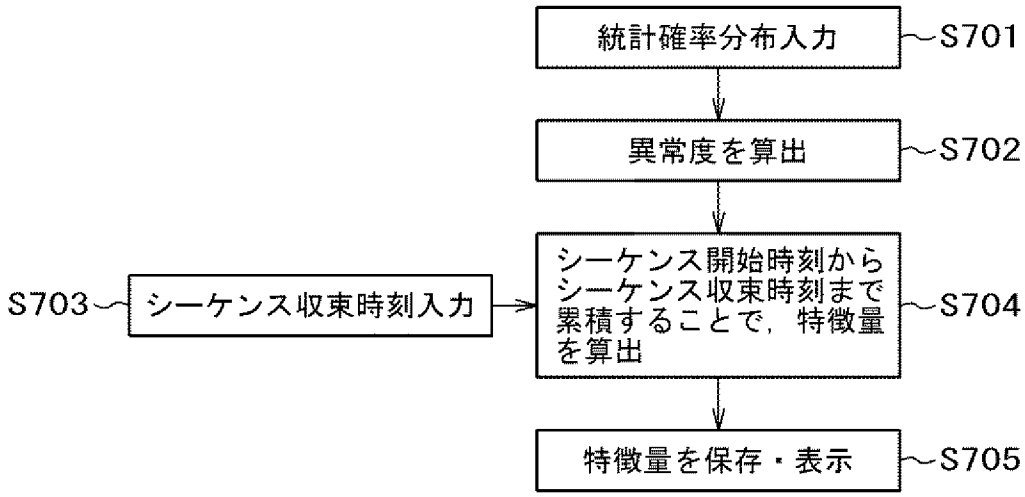
[図6B]

図６Ｂ



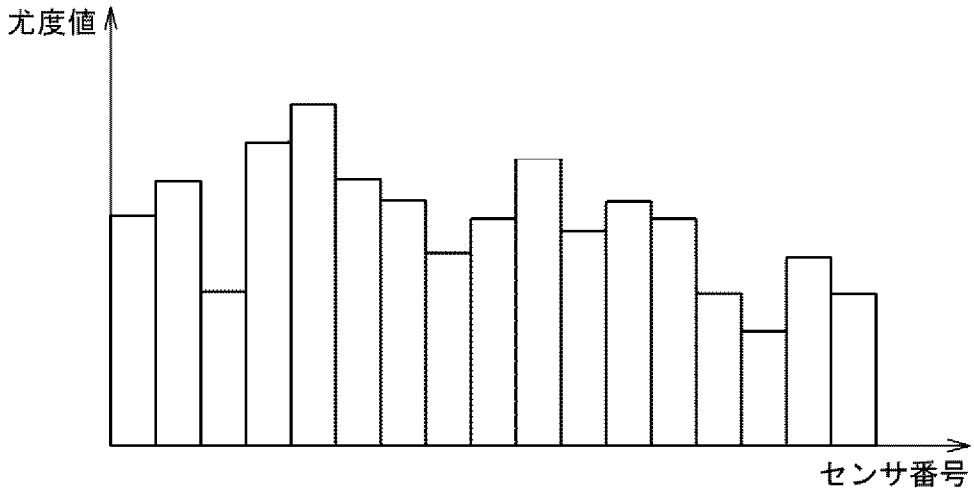
[図7A]

図７Ａ



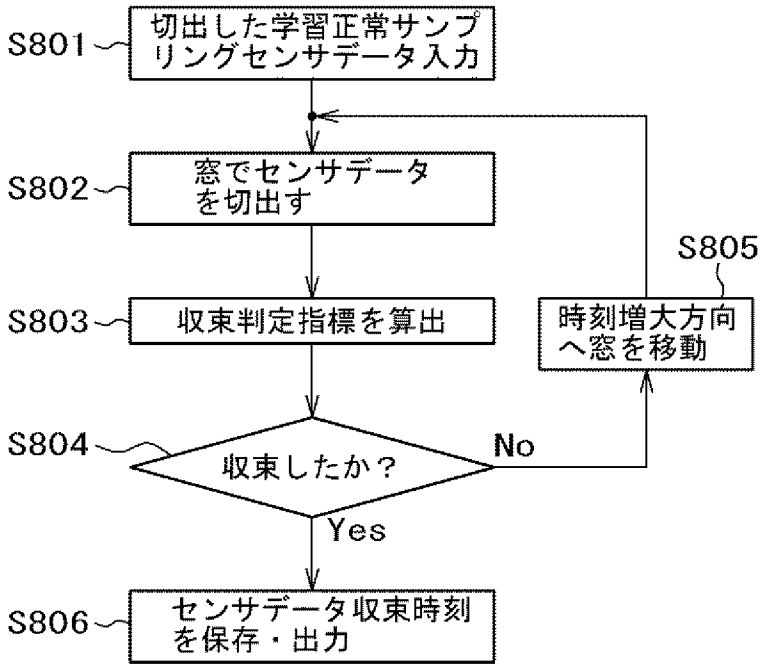
[図7B]

図７Ｂ



[図8A]

図８Ａ



[図8B]

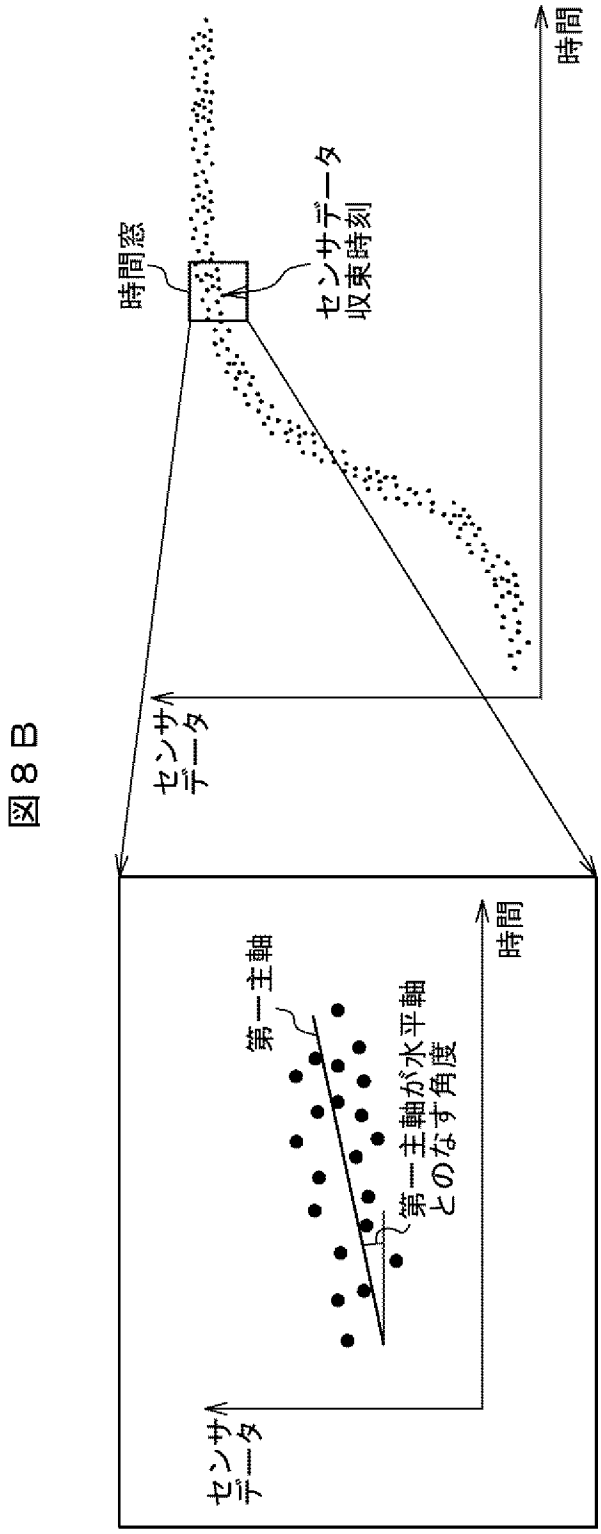


図８Ｂ

[図8C]

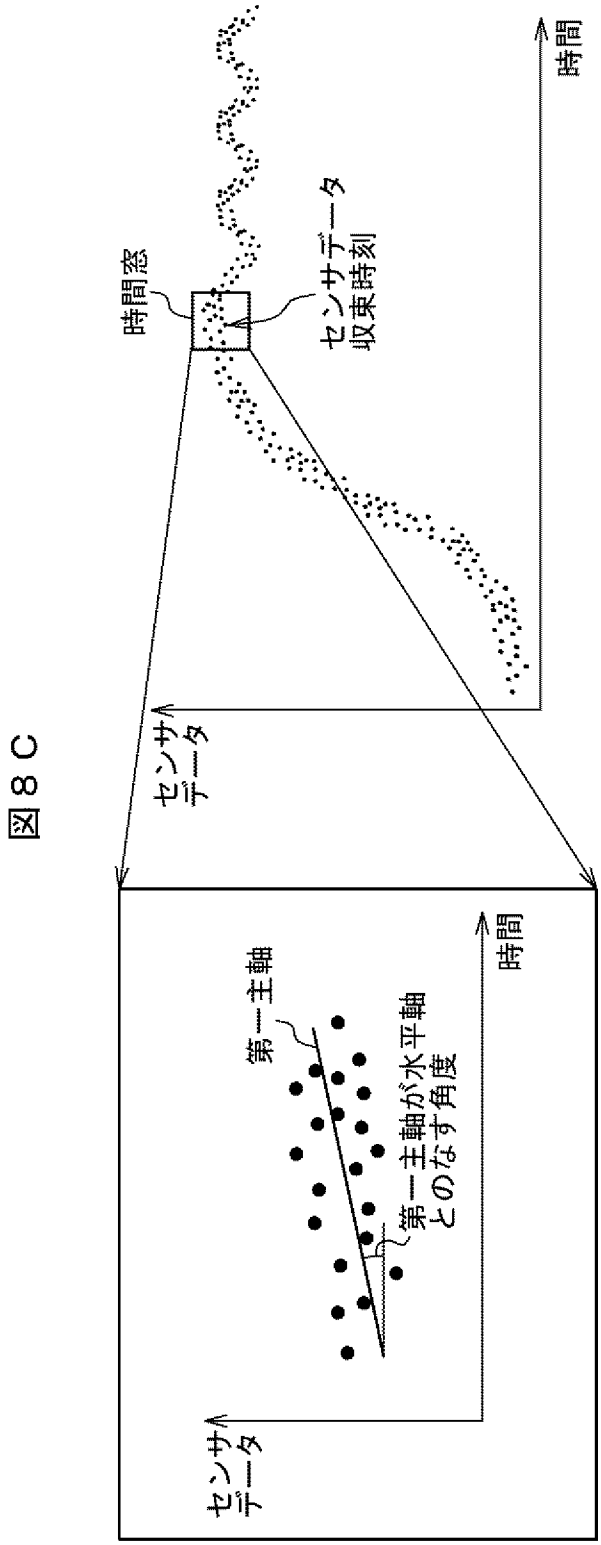
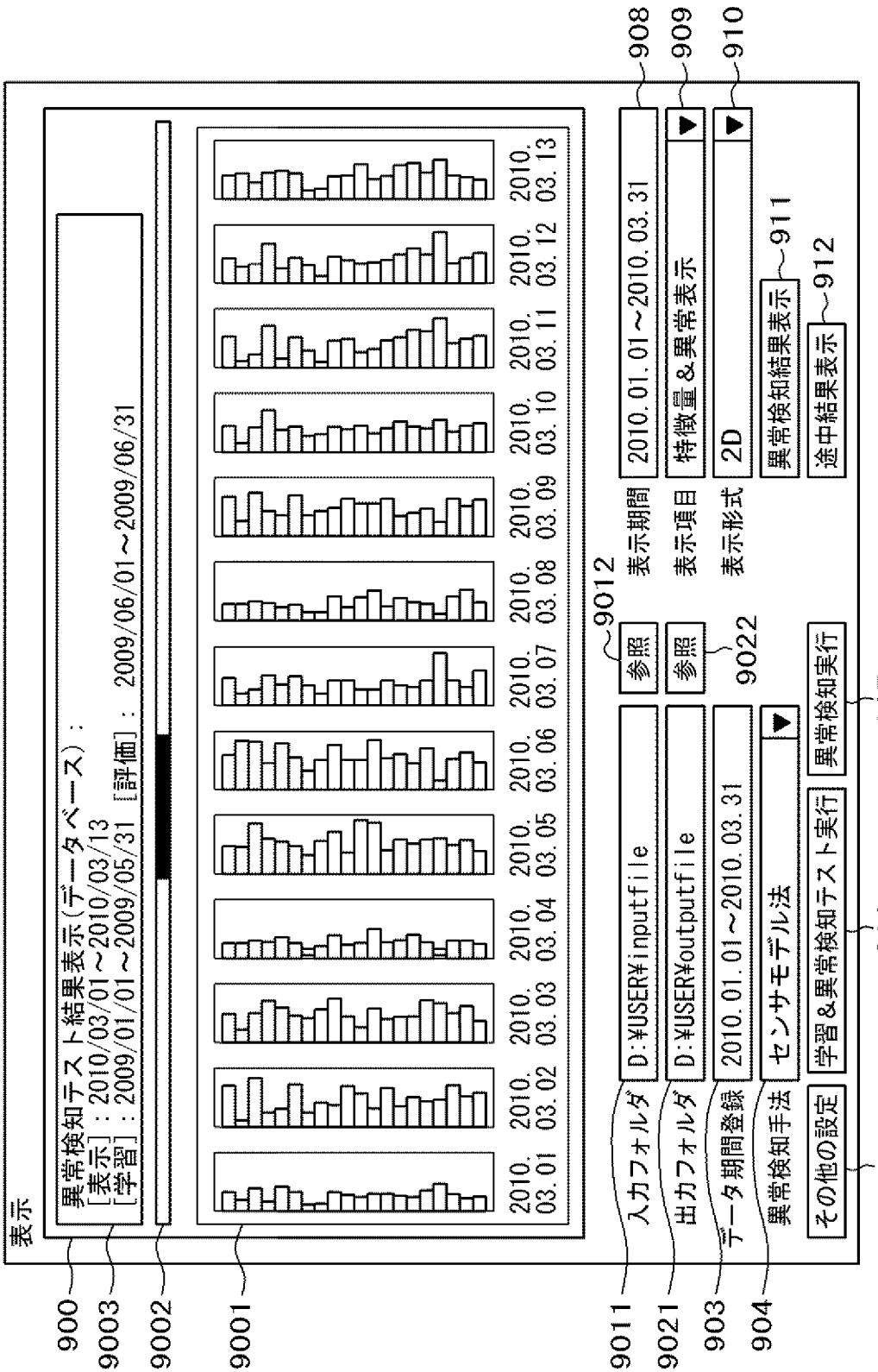


図８Ｃ

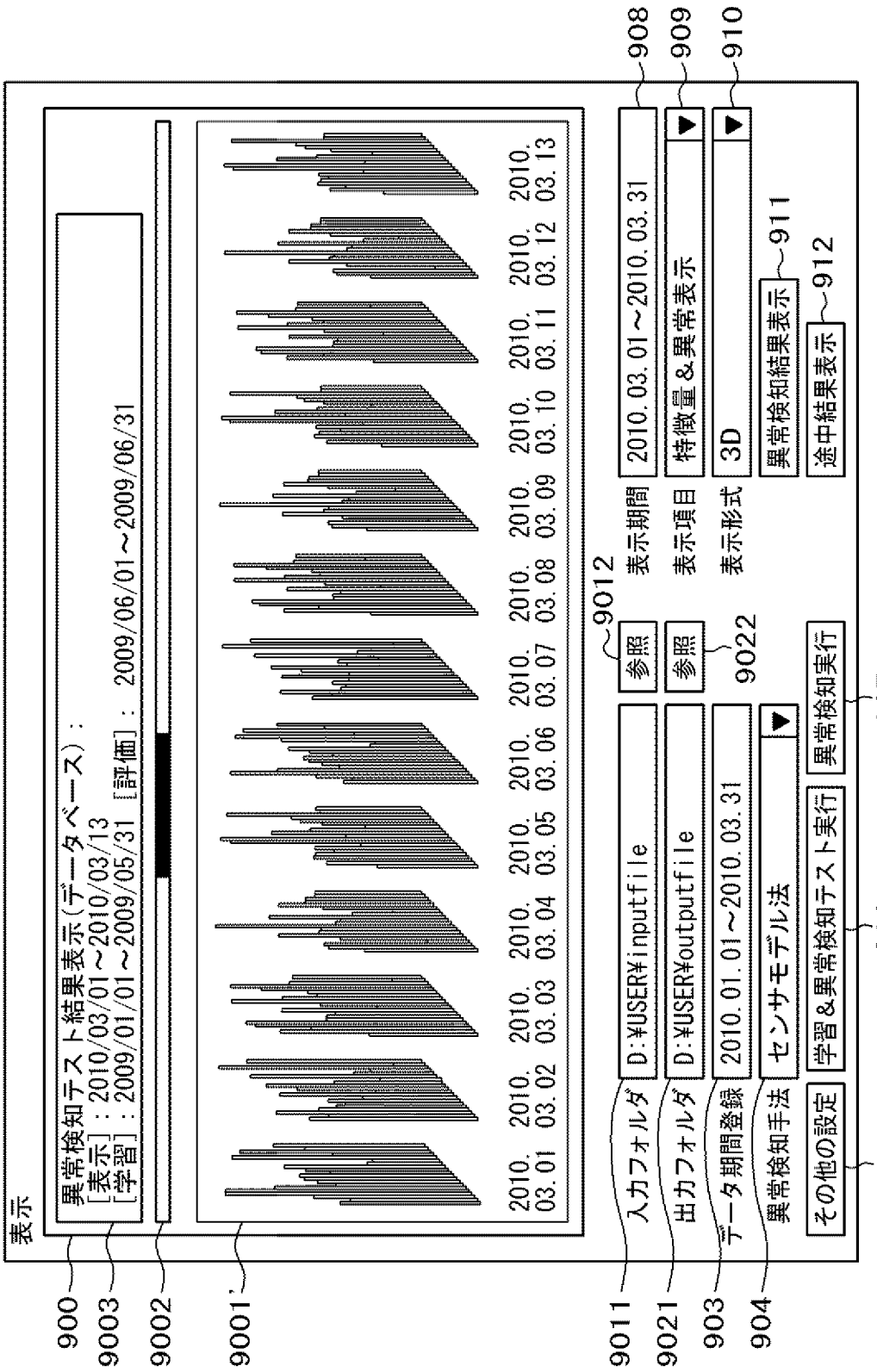
[図9A]

図９Ａ


表示
異常検知テスト結果表示(データベース):
[表示]:2010/03/01～2010/03/13
[学習]:2009/01/01～2009/05/31 [評価]: 2009/06/01～2009/06/31
2010. 03. 01
2010. 03. 02
2010. 03. 03
2010. 03. 04
2010. 03. 05
2010. 03. 06
2010. 03. 07
2010. 03. 08
2010. 03. 09
2010. 03. 10
2010. 03. 11
2010. 03. 12
2010. 03. 13
900
9003
9002
9001
9012
表示期間
表示項目
表示形式
2010. 01. 01～2010. 03. 31
特徴量&異常表示
2D
908
909
910
異常検知結果表示
911
途中結果表示
912
入力フォルダ
出力フォルダ
データ期間登録
異常検知手法
D:¥USER¥inputfile
D:¥USER¥outputfile
2010. 01. 01～2010. 03. 31
センサモデル法
参照
参照
9022
9011
9021
903
904
その他の設定
学習&異常検知テスト実行
異常検知実行
905
906
907

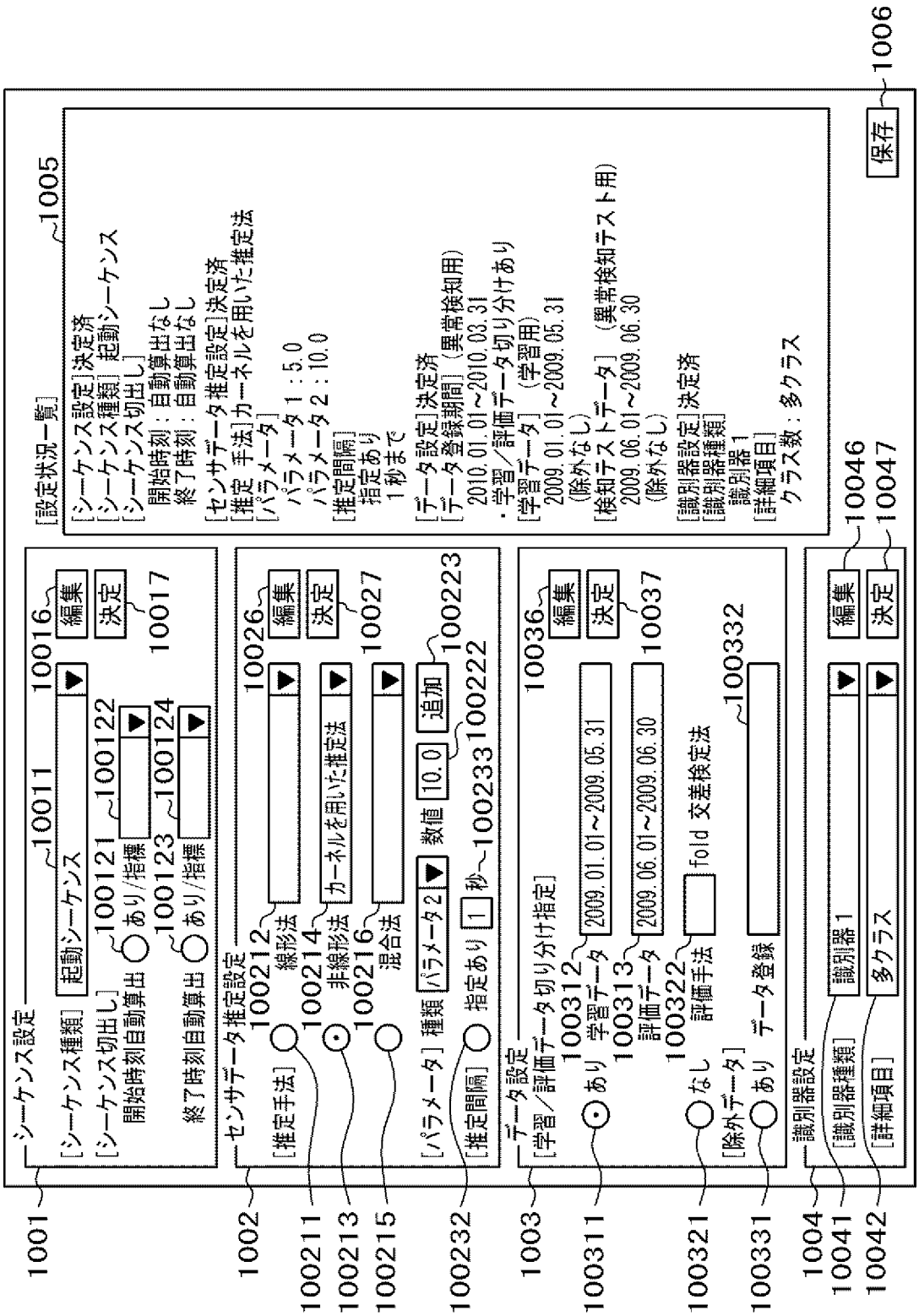
[図9B]

図９Ｂ


表示
異常検知テスト結果表示(データベース):
[表示]:2010/03/01～2010/03/13
[学習]:2009/01/01～2009/05/31 [評価]: 2009/06/01～2009/06/31
2010. 03. 01
2010. 03. 02
2010. 03. 03
2010. 03. 04
2010. 03. 05
2010. 03. 06
2010. 03. 07
2010. 03. 08
2010. 03. 09
2010. 03. 10
2010. 03. 11
2010. 03. 12
2010. 03. 13
900
9003
9002
9001'
9011
9021
9031
9041
入力フォルダ
出力フォルダ
データ期間登録
異常検知手法
D:¥USER¥inputfile
D:¥USER¥outputfile
2010. 01. 01～2010. 03. 31
センサモデル法
参照
参照
9012
9022
表示期間
表示項目
表示形式
2010. 03. 01～2010. 03. 31
特徴量&異常表示
3D
異常検知結果表示
途中結果表示
908
909
910
911
912
その他の設定
学習&異常検知テスト実行
異常検知実行
905
906
907

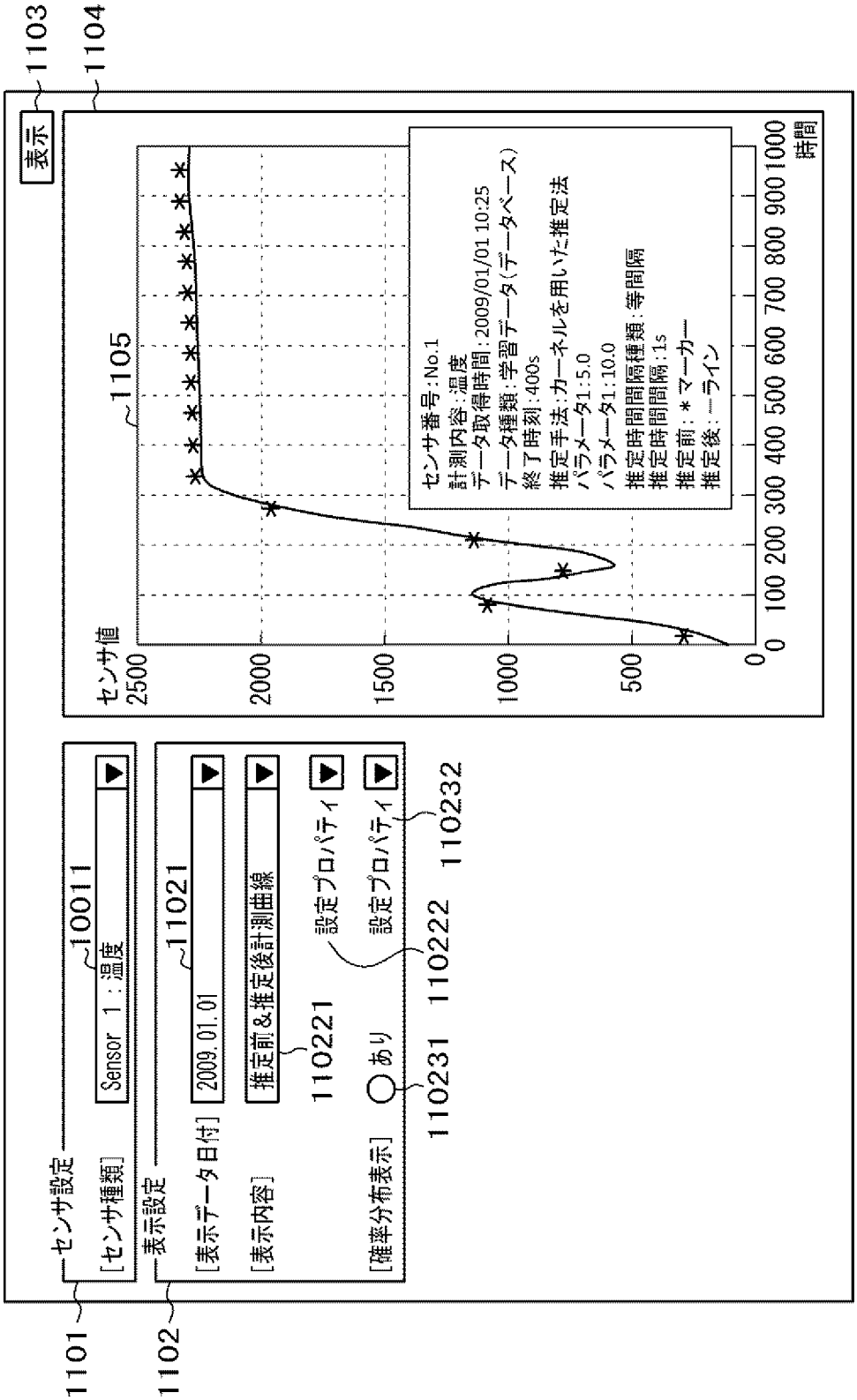
[図10]

図１０


1001
シーケンス設定
[シーケンス種類]
起動シーケンス
10011
10016
編集
[シーケンス切出し]
100121
あり/指標
開始時刻自動算出
100122
100123
あり/指標
終了時刻自動算出
100124
決定
10017
1002
センサデータ推定設定
10026
[推定手法]
100211
線形法
100212
非線形法
100213
混合法
100214
カーネルを用いた推定法
100215
10027
[パラメータ]
種類
パラメータ2
数値
10.0
追加
100223
100232
[推定間隔]
指定あり
1
秒
100233
100222
1003
データ設定
[学習/評価データ切り分け指定]
10036
100311
あり
学習データ
2009.01.01～2009.05.31
100312
100313
評価データ
2009.06.01～2009.06.30
100322
100321
なし
評価手法
fold 交差検定法
100332
[除外データ]
100331
あり
データ登録
1004
識別器設定
10041
[識別器種類]
識別器1
10042
[詳細項目]
多クラス
10046
10047
[設定状況一覧]
1005
[シーケンス設定]決定済
[シーケンス種類] 起動シーケンス
[シーケンス切出し]
開始時刻：自動算出なし
終了時刻：自動算出なし
[センサデータ推定設定]決定済
[推定手法]カーネルを用いた推定法
[パラメータ]
パラメータ1：5.0
パラメータ2：10.0
[推定間隔]
指定あり
1秒まで
[データ設定]決定済
[データ登録期間]（異常検知用）
2010.01.01～2010.03.31
・学習/評価データ切り分けあり
[学習データ]（学習用）
2009.01.01～2009.05.31
（除外なし）
[検知テストデータ]（異常検知テスト用）
2009.06.01～2009.06.30
（除外なし）
[識別器設定]決定済
[識別器種類]
識別器1
[詳細項目]
クラス数：多クラス
1006
保存

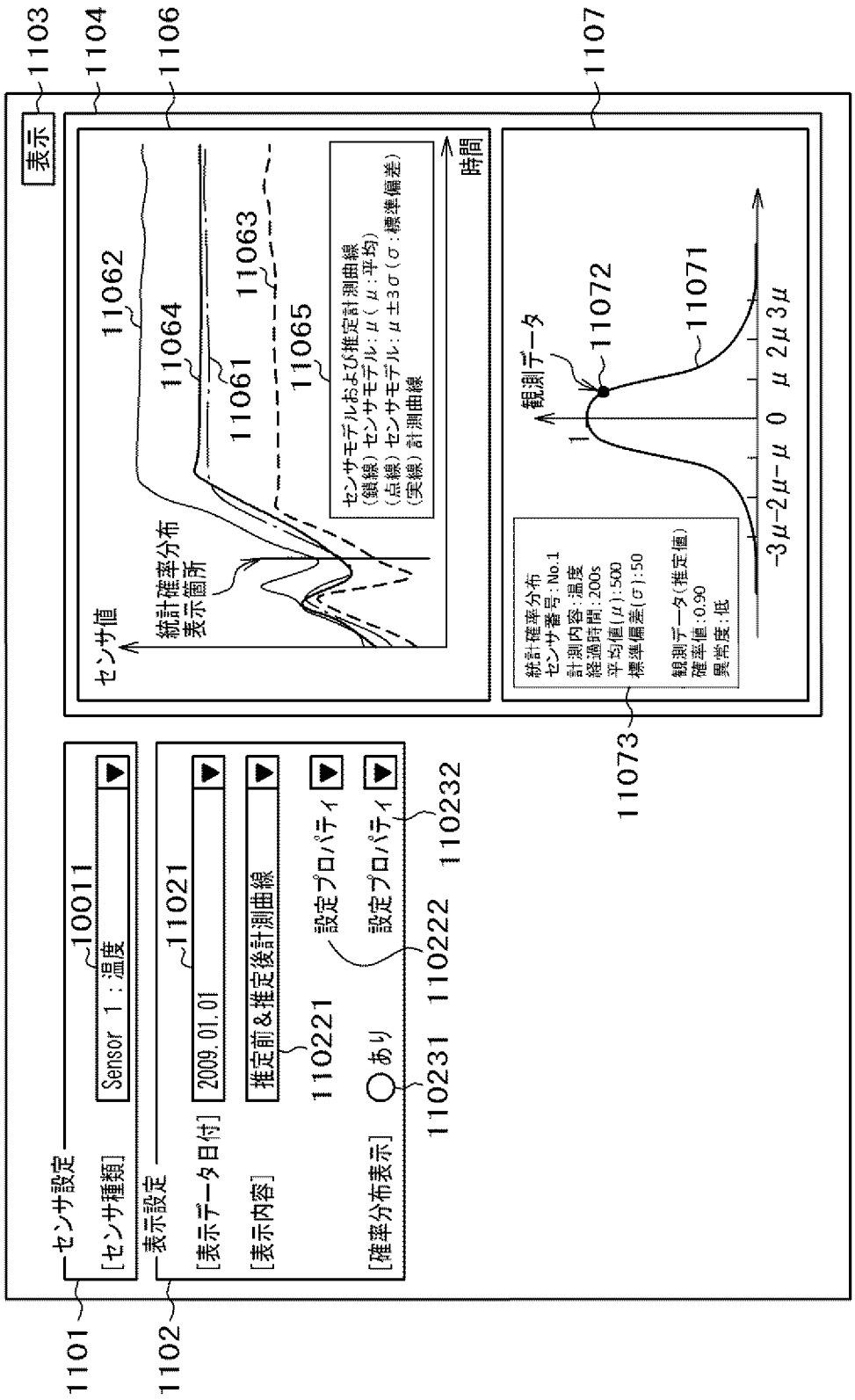
[図11A]

図１１Ａ


1103
1104
表示
センサ値
2500
2000
1500
1000
500
0
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000
時間
1105
センサ番号:No.1
計測内容:温度
データ取得時間:2009/01/01 10:25
データ種類:学習データ(データベース)
終了時刻:400s
推定手法:カーネルを用いた推定法
パラメータ1:5.0
パラメータ1:10.0
推定時間間隔種類:等間隔
推定時間間隔:1s
推定前:＊マーカー
推定後:―ライン
センサ設定
[センサ種類]
Sensor 1:温度
10011
表示設定
[表示データ日付]
2009.01.01
11021
[表示内容]
推定前&推定後計測曲線
110221
設定プロパティ
[確率分布表示]
あり
110231
110222
設定プロパティ
110232
1101
1102

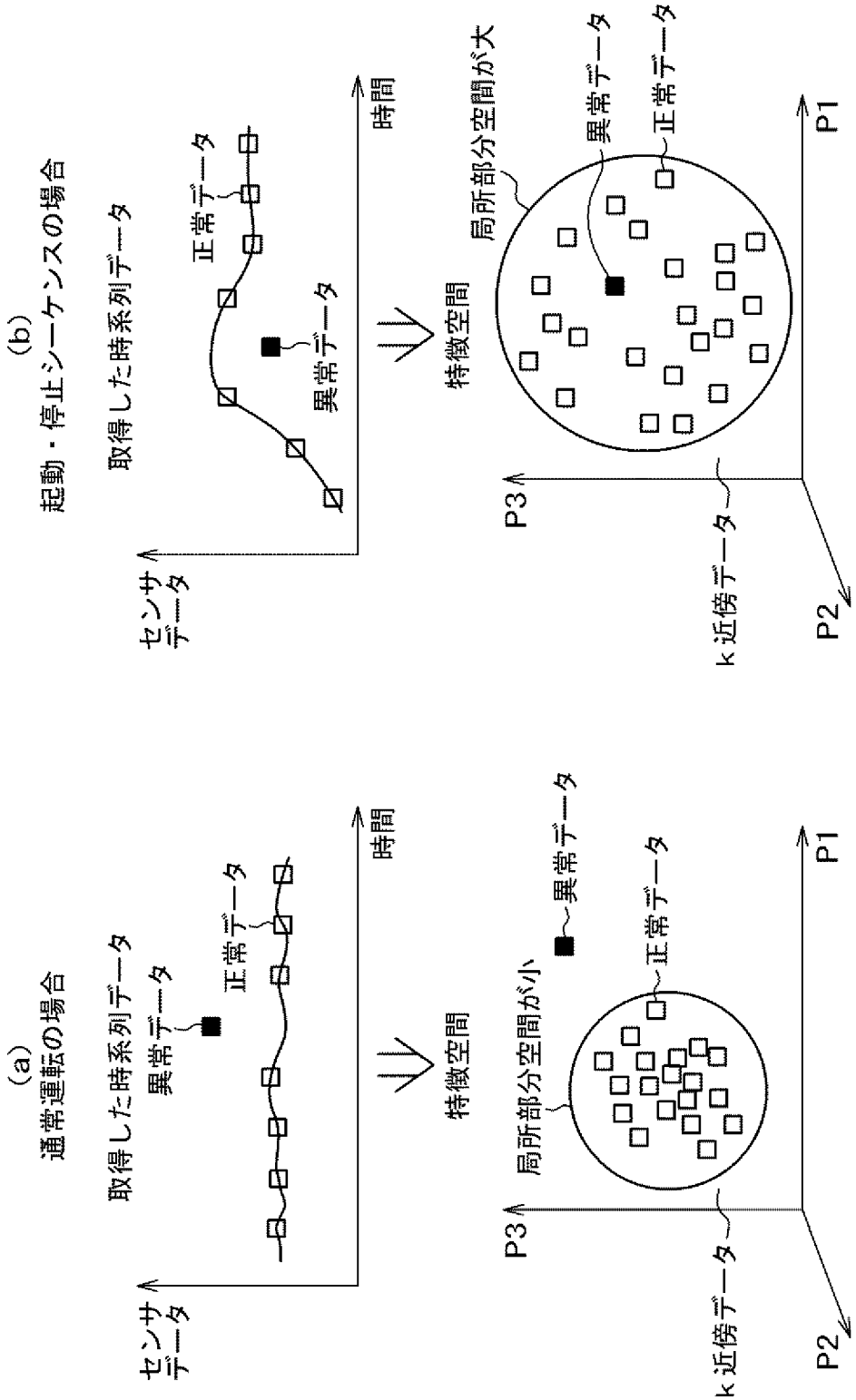
[図11B]

図１１Ｂ


1103
1104
1106
1107
表示
センサ値
統計確率分布
表示箇所
11062
11064
11061
11063
11065
センサモデルおよび推定計測曲線
(鎖線)センサモデル:μ(μ:平均)
(点線)センサモデル:μ±3σ(σ:標準偏差)
(実線)計測曲線
時間
観測データ
11072
11071
1
−3μ −2μ −μ 0 μ 2μ 3μ
統計確率分布
センサ番号:No.1
計測内容:温度
経過時間:200s
平均値(μ):500
標準偏差(σ):50
観測データ(推定値)
確率値:0.90
異常度:低
11073
センサ設定
[センサ種類]
10011
Sensor 1:温度
1101
表示設定
[表示データ日付]
11021
2009.01.01
[表示内容]
推定前&推定後計測曲線
110221
設定プロパティ
[確率分布表示]
あり
110231
110222
設定プロパティ
110232
1102

[図12]

図１２


(a)
通常運転の場合
取得した時系列データ
異常データ
正常データ
センサデータ
時間
特徴空間
局所部分空間が小
異常データ
正常データ
P3
k近傍データ
P1
P2
(b)
起動・停止シーケンスの場合
取得した時系列データ
正常データ
異常データ
センサデータ
時間
特徴空間
局所部分空間が大
異常データ
正常データ
P3
k近傍データ
P1
P2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/068531

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
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)
G05B23/02

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 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-70635 A (Hitachi, Ltd.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0027] to [0140]; fig. 1A to 19 & US 2012/0290879 A1 & WO 2011/024382 A1	1-10
A	JP 2012-89057 A (Hitachi Engineering & Services Co., Ltd.), 10 May 2012 (10.05.2012), paragraphs [0020] to [0091]; fig. 1 to 18 (Family: none)	1-10
A	JP 2011-81697 A (Hitachi, Ltd.), 21 April 2011 (21.04.2011), paragraphs [0018] to [0070]; fig. 1 to 13 & US 2012/0271587 A1 & WO 2011/043108 A1	1-10

☐ 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
11 September, 2013 (11.09.13)	24 September, 2013 (24.09.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０６８５３１

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	JP 2011-70635 A（株式会社日立製作所）2011.04.07, 段落【００２７】－【０１４０】, 図１Ａ－１９ & US 2012/0290879 A1 & WO 2011/024382 A1	１－１０
Ａ	JP 2012-89057 A（株式会社日立エンジニアリング・アンド・サービス）2012.05.10, 段落【００２０】－【００９１】, 図１－１８ （ファミリーなし）	１－１０

☑　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 １１．０９．２０１３	国際調査報告の発送日 ２４．０９．２０１３
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｕ　９５５６ 稲垣　浩司 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２４

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 2011-81697 A (株式会社日立製作所) 2011.04.21, 段落【００１８】－【００７０】, 図１－１３ & US 2012/0271587 A1 & WO 2011/043108 A1	１－１０