

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6223936号
(P6223936)

(45) 発行日 平成29年11月1日(2017.11.1)

(24) 登録日 平成29年10月13日(2017.10.13)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 5 B 23/02 (2006.01)

G 0 5 B 23/02 3 0 2 Y

請求項の数 17 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2014-186015 (P2014-186015)
 (22) 出願日 平成26年9月12日(2014.9.12)
 (65) 公開番号 特開2016-58010 (P2016-58010A)
 (43) 公開日 平成28年4月21日(2016.4.21)
 審査請求日 平成28年11月7日(2016.11.7)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
 (74) 代理人 110001689
 青稜特許業務法人
 (72) 発明者 渋谷 久恵
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
 式会社日立製作所内

審査官 黒田 暁子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異常傾向検出方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

設備の異常傾向を検出する方法であって、設備に取り付けられた複数のセンサから時系列的に出力された複数のセンサ信号を処理して前記複数のセンサ信号についてそれぞれ時刻毎に特徴ベクトルを作成し、前記作成した特徴ベクトルに基づいて異常測度を算出し、前記算出した異常測度の時系列変化に基づき前記時刻毎に異常測度上昇傾向を判定し、前記判定した結果から異常測度上昇傾向が連続する異常測度上昇区間を検出し、前記複数のセンサの中から前記異常測度への寄与量の時系列変化に基づいて前記検出した異常測度上昇区間において前記異常測度上昇に寄与したセンサを特定し、前記特定したセンサの前記異常測度上昇区間における寄与量の傾きと前記異常測度上昇区間の長さに基づいて前記異常測度上昇区間における異常測度上昇傾向の有無を判定することを特徴とする異常傾向検出方法。

【請求項 2】

前記異常測度は、前記特徴ベクトルの中から予め指定された正常状態を学習するための学習期間における学習データを用いて作成した正常モデルからの各時刻の前記特徴ベクトルの距離に基づいて算出することを特徴とする請求項 1 記載の異常傾向検出方法。

【請求項 3】

前記特徴ベクトルの作成時に、前記センサ信号を平滑化し、前記平滑化したセンサ信号を用いて前記特徴ベクトルを作成することを特徴とする請求項 1 記載の異常傾向検出方法。

10

20

【請求項 4】

前記異常測度の算出時に、前記正常モデルからの距離に基づいて算出された異常測度を平滑化することを特徴とする請求項 2 記載の異常傾向検出方法。

【請求項 5】

前記判定する時刻毎の異常測度上昇傾向を、予め定めた周期に基づき、注目時刻および注目時刻の 1 ないし予め指定された数周期前および注目時刻の 1 ないし予め指定された数周期後の異常測度間の差分に基づいて判定することを特徴とする請求項 1 記載の異常傾向検出方法。

【請求項 6】

前記判定する時刻毎の異常測度上昇傾向を、注目時刻の前後に予め設定した区間からランダムに 1 点ずつ取り出して異常測度が上昇しているかどうかチェックする処理を多数回繰り返し、上昇している割合が予め決められたしきい値以上である場合に、その時刻は異常測度上昇傾向があると判定することを特徴とする請求項 1 記載の異常傾向検出方法。

【請求項 7】

前記異常測度上昇区間の検出時に、予め指定された許容期間より短い中断期間を連続とみなしながら、異常測度上昇傾向が連続する区間を検出することを特徴とする請求項 1 記載の異常傾向検出方法。

【請求項 8】

前記センサを特定することを、前記異常測度上昇区間において、全てのセンサについて、それぞれのセンサの時刻毎に前記特徴ベクトルと前記正常モデルからの距離の計測の起点となるベクトルの差のベクトルの要素のうち該それぞれのセンサから抽出したものの絶対値和または二乗和または最新時刻のデータとして定義された差分データを算出し、

前記差分データの前記異常測度上昇区間における傾きを算出し、前記傾きが最大となるセンサを前記センサとして特定することにより行うことを特徴とする請求項 2 記載の異常傾向検出方法。

【請求項 9】

前記センサを特定することを、前記異常測度上昇区間において、全てのセンサについて、それぞれのセンサの前記時刻毎に前記特徴ベクトルの要素のうち前記それぞれのセンサから抽出したものの中の最新時刻のデータを抽出し、前記抽出したデータの前記異常測度上昇区間における傾きを算出し、前記傾きの絶対値が最大となるセンサを前記センサとして特定することを特徴とする請求項 1 記載の異常傾向検出方法。

【請求項 10】

前記特徴ベクトルを作成する工程から前記異常測度上昇傾向の有無を判定する工程までを、予め設定された時間間隔ごとに繰り返して実行することを特徴とする請求項 1 記載の異常傾向検出方法。

【請求項 11】

設備または装置に装着された複数のセンサから時系列的に出力されるセンサ信号に基づいて前記設備または装置の異常傾向を検出する異常傾向検出システムであって、前記時系列的に出力されるセンサ信号を蓄積する生データ蓄積手段と、前記生データ蓄積手段に蓄積された前記時系列的に出力されたセンサ信号から各時刻の特徴ベクトルを作成する特徴ベクトル作成手段と、前記特徴ベクトル作成手段により作成した各時刻の特徴ベクトルに基づいて異常測度を算出する異常測度算出手段と、前記異常測度算出手段で算出した異常測度の時系列変化に基づいて各時刻の異常測度上昇傾向を判定する異常測度上昇傾向判定手段と、前記異常測度上昇傾向判定手段で判定した異常測度上昇傾向において前記異常測度上昇傾向が連続する区間を検出する異常測度上昇区間検出手段と、前記複数のセンサの異常測度への寄与量の時系列変化に基づいて前記検出した異常測度上昇区間において前記異常測度上昇に寄与したセンサを特定する関連センサ特定手段と、前記関連センサ特定手段で特定したセンサの前記異常測度上昇区間における寄与量の傾きと前記異常測度上昇区間の長さに基づいて前記異常測度上昇区間における異常測度上昇傾向の有無を判定する傾向有無判定手段とを備えたことを特徴とする異常傾向検出システム。

【請求項 1 2】

前記異常測度算出手段は、前記特徴ベクトルの中から予め指定された正常状態を学習するための学習期間における学習データを用いて正常モデルを作成し、前記作成した正常モデルからの各時刻の前記特徴ベクトルの距離に基づいて前記異常測度を算出することを特徴とする請求項 1 1 記載の異常傾向検出システム。

【請求項 1 3】

前記特徴ベクトルの作成手段は、前記センサ信号を平滑化し、前記平滑化したセンサ信号を用いて前記特徴ベクトルを作成することを特徴とする請求項 1 2 記載の異常傾向検出システム。

【請求項 1 4】

前記異常測度算出手段は、前記正常モデルからの距離に基づいて算出された異常測度を平滑化する異常測度平滑化手段をさらに含むことを特徴とする請求項 1 2 記載の異常傾向検出システム。

【請求項 1 5】

前記異常測度上昇傾向判定手段は、予め定めた周期に基づき、注目時刻および注目時刻の 1 ないし予め指定された数周期前および注目時刻の 1 ないし予め指定された数周期後の異常測度間の差分を算出し、前記算出した差分に基づいて上昇傾向の有無を判定することを特徴とする請求項 1 1 記載の異常傾向検出システム。

【請求項 1 6】

前記異常測度上昇傾向判定手段は、注目時刻の前後に予め設定した区間からランダムに 1 点ずつ取り出して異常測度が上昇しているかどうかをチェックすることを多数回繰り返して上昇している場合をカウントし、上昇回数の割合が予め決められたしきい値以上である場合にその時刻は異常測度上昇傾向があると判定することを特徴とする請求項 1 1 記載の異常傾向検出システム。

【請求項 1 7】

前記異常測度上昇区間検出手段において、予め指定された許容期間より短い中断期間を連続とみなしながら、異常測度上昇傾向が連続する区間を検出することを特徴とする請求項 1 1 記載の異常傾向検出システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、プラントや設備などに取り付けられた各種のセンサから出力される多次元時系列データをもとにセンサ出力信号の異常の度合いが徐々に上昇することを検知する異常傾向検出方法およびそのシステムに関する。

【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異常検知は、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。

【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、機器・部品レベルでも、搭載電池の劣化・寿命など、上記のような予防保全を必要とする設備は枚挙に暇がない。

【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を判断することが行われている。特開 2011 70635 号公報（特許文献 1）には、過去の正常データから作成されたモデルとの比較によって算出される異常

10

20

30

40

50

測度に基づいて異常の有無を検知する異常検知方法において、正常モデルを局所部分空間法によって作成することが開示されている。この方法では、異常測度の大きさによって異常の有無を精度よく判定可能である。しかし、異常の有無だけではなく、異常の程度が徐々に悪化していること、すなわち異常測度の上昇傾向を検知したいというニーズがある。さらに、検知した異常測度の上昇に関連するセンサを特定する必要がある。

【0005】

このようなニーズに関連して、特開2009 115481号公報（特許文献2）には、センサ信号の蓄積データから上昇傾向または下降傾向の傾きを予め設定した基準値と比較することにより設備の劣化状態を判定する監視診断システムが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011 70635号公報

【特許文献2】特開2009 115481号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1記載の方法では、異常測度の大きさによって異常の有無を判定することが可能であるが、異常測度上昇傾向の検知については記載がない。また、特許文献2記載の方法では、センサ毎に上昇または下降の傾向を検出可能であるが、センサ毎に傾きを算出し予め設定した基準値と比較する必要がある。傾きは回帰分析によって算出するが、算出区間によって変化するため、適切な区間を設定することは困難であり、センサ毎に適切な基準値を設定することも一般的には困難であるという問題がある。特に多数のセンサを扱う場合は、より困難になる。また、センサ毎の上昇または下降の傾向を検出することは、時系列グラフの目視によって可能であるが、人あるいは日によって基準が変わってしまうという問題があり、また、センサ数が多い場合は実施困難となる。

【0008】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、多次元時系列センサ信号を用いた設備状態監視において、異常測度の上昇傾向を検知しその関連センサを特定する方法およびシステムであって、判定の過程に人が介入することがなく、かつ煩雑な基準設定が不要である方法およびシステムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明では、設備の異常傾向を検出する方法において、設備に取り付けられた複数のセンサから時系列的に出力される複数のセンサ信号を処理して複数のセンサ信号についてそれぞれ時刻毎に特徴ベクトルを作成し、この作成した特徴ベクトルに基づいて異常測度を算出し、この算出した異常測度の時系列変化に基づき時刻毎に異常測度上昇傾向を判定し、判定した結果から異常測度上昇傾向が連続する異常測度上昇区間を検出し、複数のセンサの中から検出した異常測度上昇区間において異常測度上昇に寄与したセンサを特定し、この特定したセンサの異常測度上昇区間における寄与量の傾きと異常測度上昇区間の長さに基づいて異常測度上昇区間における異常測度上昇傾向の有無を判定するようにした。

【0010】

あるいは、上記異常検知方法において、異常測度算出方法を、学習データを用いて正常モデル作成し、各時刻の特徴ベクトルの正常モデルからの距離に基づいて算出するようにした。

【0011】

また、上記目的を達成するために、本発明では、設備に装着された複数のセンサから時系列的に出力される複数のセンサ信号に基づいて設備の異常傾向を検出するシステムを、時系列的に出力されるセンサ信号を蓄積する生データ蓄積手段と、この生データ蓄積手段

10

20

30

40

50

に蓄積された時系列的に出力されたセンサ信号から各時刻ごとの特徴ベクトルを作成する特徴ベクトル作成手段と、この特徴ベクトル作成手段により作成した各時刻の特徴ベクトルに基づいて異常測度を算出する異常測度算出手段と、この異常測度算出手段で算出した異常測度の時系列変化に基づいて各時刻の異常測度上昇傾向を判定する異常測度上昇傾向判定手段と、この異常測度上昇傾向判定手段で判定した異常測度上昇傾向において異常測度上昇傾向が連続する区間を検出する異常測度上昇区間検出手段と、複数のセンサの中から検出した異常測度上昇区間において前記異常測度上昇に寄与したセンサを特定する関連センサ特定手段と、この関連センサ特定手段で特定したセンサの異常測度上昇区間における寄与量の傾きと区間の長さに基づいて異常測度上昇区間における異常測度上昇傾向の有無を判定する傾向有無判定手段を備えて構成した。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、複数のセンサ信号を用いた設備状態監視において、複数のセンサ信号に基づいて算出された異常測度の上昇傾向を検出するため、センサ毎に区間設定して上昇または下降の傾きを算出する必要がなく、センサ毎に基準設定して算出した傾きと比較する必要がない。すなわち、本発明によれば、異常測度上昇傾向の連続する区間を検出し、区間毎に関連センサを特定して傾向の有無を判定することが可能となり、異常測度上昇傾向検知とその関連センサ特定を少ない計算機負荷で実現することができるようになった。

【0013】

以上の手法を適用したシステムにより、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、工場の生産設備、そして機器・部品レベルでは、搭載電池の劣化・寿命など、あるいは脳波や心電図など人を対象としたセンシングデータにおいて、対象の異常の有無のみでなく、異常の程度が徐々に悪化するといった傾向を早期に検出することが可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1A】本発明の実施例1における異常傾向検出システムの概略の構成を示すブロック図である。

【図1B】本発明の実施例1における異常傾向検出システムを用いた処理の流れを示すフロー図である。

30

【図2】本発明の実施例1におけるセンサ信号の例を示す信号リストの表である。

【図3】本発明の実施例1における特徴ベクトル作成の処理の流れを示すフロー図である。

【図4】本発明の実施例1における異常測度算出の処理の流れを示すフロー図である。

【図5】局所部分空間法を説明する図である。

【図6】本発明の実施例1における異常測度の時系列データのグラフから異常測度上昇傾向の有無を判定する方法を説明する図である。

【図7】本発明の実施例1における異常測度上昇区間の関連センサ特定の処理の流れを示すフロー図である。

40

【図8A】本発明の実施例1における特徴ベクトルと起点ベクトルの1個の要素の時系列グラフの例である。

【図8B】本発明の実施例1における時系列データの最小二乗近似直線の傾きを説明する区間内の時刻毎の差分データの変化を示すグラフである。

【図9】本発明の実施例1におけるレシピ設定のためのGUIの1例を表す表示画面の正面図である。

【図10A】本発明の実施例1及び2における結果表示画面の例で複数の時系列データを表示した画面の正面図である。

【図10B】本発明の実施例1及び2における結果表示画面の例で複数の時系列データを拡大表示した画面の正面図である。

50

【図 1 0 C】本発明の実施例 1 及び 2 における結果表示画面の例で異常測度上昇区間の情報の詳細を表示した画面の正面図である。

【図 1 1】本発明の実施例 2 におけるレシピ設定のための G U I の一例を表す表示画面の正面図である。

【図 1 2】本発明の実施例 2 における異常傾向検出システムを用いた処理の流れを示すフロー図である。

【図 1 3】本発明の実施例 2 における評価結果を示すための G U I の一例を表す表示画面の正面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

10

本発明は、設備に取り付けられた複数のセンサから時系列的に出力される複数のセンサ信号を処理して複数のセンサ信号についてそれぞれ時刻毎に特徴ベクトルを作成し、この作成した特徴ベクトルに基づいて異常測度を算出し、この算出した異常測度の時系列変化に基づき時刻毎に異常測度上昇傾向を判定し、判定した結果から異常測度上昇傾向が連続する異常測度上昇区間を検出し、複数のセンサの中から検出した異常測度上昇区間において異常測度上昇に寄与したセンサを特定し、この特定したセンサの異常測度上昇区間における寄与量の傾きと異常測度上昇区間の長さに基づいて異常測度上昇区間における異常測度上昇傾向の有無を判定するようにした設備の異常傾向を検出する方法及びそのシステムに関するものである。

以下に、図を用いて本発明の実施例を説明する。

20

【実施例 1】

【 0 0 1 6 】

以下、図面を用いて本発明の内容を詳細に説明する。

図 1 A に、本発明の異常傾向検出方法を実現する異常傾向検出システム 1 0 0 の一構成例を示す。

【 0 0 1 7 】

異常傾向検出システム 1 0 0 は、設備 1 0 1 から出力されるセンサ信号 1 0 2 を処理するデータ解析部 1 2 0 と、G U I (Graphic User Interface) を表示する画面を備えた入出力部 1 1 0、データを記憶する記憶部 1 1 1 を備えて構成される。

【 0 0 1 8 】

30

データ解析部 1 2 0 は、センサ信号 1 0 2 を蓄積するセンサ信号蓄積部 1 0 3、このセンサ信号蓄積部 1 0 3 に蓄積されたセンサ信号 1 0 2 をもとに特徴ベクトルを作成する特徴ベクトル作成部 1 0 4、特徴ベクトルに基づいて異常測度を算出する異常測度算出部 1 0 5、異常測度の時系列変化に基づき時刻毎に異常測度上昇傾向を判定する異常測度上昇傾向判定部 1 0 6、異常測度上昇傾向が連続する区間を検出する異常測度上昇区間検出部 1 0 7、各センサの異常測度への寄与量の時系列変化に基づき各区間の関連センサを特定する関連センサ特定部 1 0 8、関連センサの寄与量の傾きと区間長さに基づいてその区間の異常測度上昇傾向の有無を判定する傾向有無判定部 1 0 9 を備えている。

【 0 0 1 9 】

40

本実施例では、図 1 A に示したシステムを用いて、図 1 B に示すような処理フローにより設備の異常傾向を検出する。すなわち、まず、センサ信号蓄積部 1 0 3 に蓄積された設備 1 0 1 から出力されたセンサ信号 1 0 2 を特徴ベクトル作成部 1 0 4 に入力し (S 1 2 1)、特徴ベクトル作成部 1 0 4 において特徴ベクトルを作成し (S 1 2 2)、異常測度算出部 1 0 5 において異常測度を算出し (S 1 2 3)、異常測度上昇傾向判定部 1 0 6 において時刻毎に異常測度上昇傾向を判定し (S 1 2 4)、異常測度上昇区間検出部 1 0 7 において異常測度上昇傾向が連続する区間を検出し (S 1 2 5)、関連センサ特定部 1 0 8 において区間毎に関連センサを特定し (S 1 2 6)、傾向有無判定部 1 0 9 において区間毎に異常測度上昇傾向の有無の最終判定を行い (S 1 2 7)、入出力部 1 1 0 から判定の結果を出力する (S 1 2 8)。

以下に、各ステップの詳細について説明する。

50

【 0 0 2 0 】

状態監視の対象とする設備 1 0 1 は、例えばガスタービンや蒸気タービン、化学プラント、水プラントなどの設備やプラントである。設備 1 0 1 は、その状態を表すセンサ信号 1 0 2 を出力する。センサ信号 1 0 2 はセンサ信号蓄積部 1 0 3 に蓄積されている。センサ信号 1 0 2 をリスト化して表形式に表した例を図 2 に示す。センサ信号 1 0 2 は一定間隔毎に取得される多次元時系列信号であり、それをリスト化した表は、図 2 に示すように、日時の欄 2 0 1 と設備 1 0 1 に設けられた複数のセンサ値のデータの欄 2 0 2 からなる。センサの種類は、数百から数千とい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信号の場合もある。

10

【 0 0 2 1 】

本システムでは、センサ信号蓄積部 1 0 3 に蓄積されたセンサ信号を用いて処理を行うことを前提とする。図示はしていないが、正常状態を学習するための「学習期間」と傾向検出の対象とする「評価期間」をそれぞれ予め設定しておき、S 1 2 1 において、センサ信号蓄積部 1 0 3 から学習期間および評価期間に含まれるセンサ信号を取り出す。

【 0 0 2 2 】

センサ信号蓄積部 1 0 3 から取り出されたセンサ信号を用い、特徴ベクトル作成部 1 0 4 において、特徴ベクトル作成を行う。特徴ベクトル作成部 1 0 4 における処理の流れ (S 1 2 2 の詳細な処理の流れ) を、図 3 を用いて説明する。

20

【 0 0 2 3 】

始めに、センサ信号蓄積部 1 0 3 から取り出したセンサ信号 1 0 2 を入力し (S 3 0 1)、センサ毎に正準化する (S 3 0 2)。正準化は、例えば、学習データの平均 μ と標準偏差 σ を用いて、 $(\text{元の信号値} - \mu) / \sigma$ の計算式により、平均を 0、分散を 1 となるように変換する。評価データに対しても同じ平均と標準偏差を用いて同じ計算式により変換を行う。あるいは、各センサ信号の最大値と最小値を用いて最大が 1、最小が 0 となるように変換する。あるいは、最大値と最小値の代わりに予め設定した上限値と下限値を用いてもよい。センサ信号の正準化は、単位およびスケールの異なるセンサ信号を同時に扱うための処理である。

【 0 0 2 4 】

次に、センサ毎に平滑化を行う (S 3 0 3)。具体的には、ある時刻のデータはその時刻を含みそれより前のウィンドウ幅分のデータの平均とする。ウィンドウ幅はパラメータであり、平均を計算するデータ数のことである。センサ信号の平滑化は、数値の細かいアップダウンにとらわれずにマクロ的な視点で判断することを目的に行う。

30

【 0 0 2 5 】

次に、時刻毎に特徴ベクトルの作成を行う (S 3 0 4)。ある時刻の特徴ベクトルは、その時刻を含みそれより前から予め決められた次数のセンサ信号を抽出し、全センサについて一つにまとめたものである。その際、連続したデータではなく、平滑化のウィンドウが重ならずに接する間隔のデータを抽出する。また、時刻毎ではなく予め決められたサンプリング間隔毎に行ってもよい。これはデータを間引くことに相当し、本質的な処理ではないが、計算時間を短縮する効果が得られる。平滑化を行っているのでウィンドウの重なりがある分、間引いても情報の喪失は少ない。

40

【 0 0 2 6 】

S 1 2 2 で特徴ベクトル作成部 1 0 4 において作成された特徴ベクトルに基づき、S 1 2 3 で異常測度算出部 1 0 5 において、特徴ベクトル毎に異常測度を算出する。異常測度算出部 1 0 5 における処理の流れ (S 1 2 3 における処理の詳細) を、図 4 を用いて説明する。

【 0 0 2 7 】

始めに、学習期間のセンサ信号から作成された特徴ベクトルを学習データとする。ただし、学習データから、予め指定された条件に当てはまる特徴ベクトルを除外してもよい (

50

S 4 0 1)。条件の指定は、日時に対するもの、特定のセンサ信号の大きさや変化率に対するもの、特定の２種以上のセンサ信号間の演算結果に対するものなどが考えられる。また、図示していないが、設備から出力される設備の運転開始や運転終了等に関するイベント信号を用いて特定のイベントあるいは２種以上のイベントの組合せの有無や所定の区間での回数、間隔などを算出し、その算出結果に対する条件を指定してもよい。

【 0 0 2 8 】

次に、全ての特徴ベクトルについて以下のステップ S 4 0 3 ~ S 4 0 5 の処理を行う (S 4 0 2)。１個の特徴ベクトルに注目し、正常モデル作成部 1 0 6 において、注目した特徴ベクトル (注目ベクトル) と同じ区間を除く学習データを用いて、正常モデルを作成する (S 4 0 3)。なお、ここでの区間は例えば１日など予め決められた長さで分割したものが考えられるが、予め定義されていればどのような分割でもよい。また、注目ベクトルが評価期間に含まれるのであれば、除外される区間はなく、すべての学習データを用いる。

10

【 0 0 2 9 】

次に、注目ベクトルと正常モデルの距離に基づいて異常測度を算出する (S 4 0 4)。ここで、距離の計測に用いた起点ベクトルを記録しておく (S 4 0 5)。全ての特徴ベクトルについて処理が終了していればループを抜け、算出された異常測度の平滑化を行う (S 4 0 7)。具体的にはある時刻の異常測度として、その時刻の前後の予め決められた個数分の異常測度の平均を算出する。この処理により、異常測度上昇傾向の検知を容易にすることができる。

20

【 0 0 3 0 】

S 4 0 3 における正常モデルの作成手法としては、局所部分空間法 (LSC: Local Sub-space Classifier) や投影距離法 (PDM: Projection Distance Method) が考えられる。

【 0 0 3 1 】

局所部分空間法は、注目ベクトル q の k -近傍ベクトルを用いて $k - 1$ 次元のアフィン部分空間を作成する方法である。図 5 に $k = 3$ の場合の例を示す。図 5 に示すように、異常測度は図に示す投影距離で表されるため、注目ベクトル q に最も近いアフィン部分空間上の点 $X b$ を求めればよい。この点は注目ベクトル q からアフィン部分空間に下した垂線の足であり、ステップ S 4 0 5 における起点ベクトルである。評価データ q とその k -近傍ベクトル x_i ($i = 1, \dots, k$)、ステップから算出することができる、 q を k 個並べた行列 Q と x_i を並べた行列 X から

30

【 0 0 3 2 】

【数 1】

$$C = (Q - X)^T (Q - X) \quad \dots \dots \dots \text{(数 1)}$$

により相関行列 C を求め、

【 0 0 3 3 】

【数 2】

$$b = \frac{C^{-1} I_n}{I_n^T C^{-1} I_n} \quad \dots \dots \dots \text{(数 2)}$$

40

により b を計算する。 b は、 x_i の重み付けを表す係数ベクトルである。

【 0 0 3 4 】

異常測度 d は q と $X b$ の間の距離であるから次式で表される。

【 0 0 3 5 】

【数 3】

$$d = \|Xb - q\| \quad \dots \dots \dots (数 3)$$

【0036】

なお、図 5 では $k = 3$ の場合を説明したが、特徴ベクトルの次元数より十分小さければいくつでもよい。 $k = 1$ の場合は、最近傍法と等価の処理になる。

【0037】

投影距離法は、選択された特徴ベクトルに対し独自の原点をもつ部分空間すなわちアフィン部分空間（分散最大の空間）を作成する方法である。なんらかの方法で注目ベクトル
10 に対応する複数の特徴ベクトルを選択し、以下の方法でアフィン部分空間を算出する。

【0038】

まず、選択された特徴ベクトルの平均 μ と共分散行列 Σ を求め、次に Σ の固有値問題を解いて値の大きい方から予め指定した r 個の固有値に対応する固有ベクトルを並べた行列 U をアフィン部分空間の正規直交基底とする。 r は特徴ベクトルの次元より小さくかつ
選択データ数より小さい数とする。あるいは r を固定した数とせず、固有値の大きい方から累積した寄与率が予め指定した割合を超えたときの値としてもよい。

【0039】

異常測度は、注目ベクトルのアフィン部分空間への投影距離とする。局所部分空間法と同様にアフィン部分空間に下した垂線の足の位置を算出することができ、これを $S405$
20 における起点ベクトルとして記録する。ここで、複数の特徴ベクトルの選択方法としては、予め指定した数十から数百の数の特徴ベクトルを注目ベクトルから近い順に選択する方法が考えられる。また、学習対象の特徴ベクトルを予めクラスタリングしておき、注目ベクトルに最も近いクラスタに含まれる特徴ベクトルを選択するようにしてもよい。

【0040】

この他、注目ベクトル q の k -近傍ベクトルの平均ベクトルまでの距離を異常測度とする局所平均距離法や、ガウシアンプロセス、マハラノビス距離法、クラスタリング法などを用いてもよい。

【0041】

次に、算出された異常測度の時系列変化に基づき、 $S124$ において、異常測度上昇傾向判定部 106 で時刻毎に異常測度上昇傾向を判定する。この $S124$ における異常測度
30 上昇傾向を判定する方法の一実施例を、図 6 を用いて説明する。

【0042】

図 6 は算出した異常測度の時系列データの一部を切り出して表示したグラフである。図 6 の横軸は時刻、縦軸は異常測度を表す。予め定めた周期に基づき、注目時刻の異常測度から 1 周期前、2 周期前の異常測度を引いた値をそれぞれ y_0 、 y_1 、1 周期後、2 周期後の異常測度から基準となる時刻の異常測度を引いた値をそれぞれ y_2 、 y_3 としたとき、 $(y_0 > 0 \parallel y_1 > 0) \&\& (y_2 > 0 \parallel y_3 > 0)$ または $y_1 + y_3 > th$ が成り立つ場合、その時刻は異常測度
40 上昇傾向があると判断する。ここで、 th は予め設定されたしきい値である。また、周期は、設備の運転サイクルに合わせて設定されるパラメータである。たとえば、1 日の決まった時刻に起動され、決まった時刻に停止される装置の場合 1 日とする。

【0043】

ここで、上記判定ロジックは予め決められた別のものでもよい。また 1 周期前と 1 周期後の異常測度のみを用いてもよいし、3 周期以上離れた異常測度を用いてもよい。この処理の狙いは、同じ状態であると期待される時刻どうしを比較することにより、状態の変化に起因する変化をキャンセルして異常測度の上昇傾向を判定することにある。

【0044】

異常測度上昇傾向を判定する方法の別の実施例では、注目時刻の前後に予め設定した区間からランダムに 1 点ずつ取り出して異常測度が上昇しているかどうかチェックする処理を多数繰り返し、上昇している割合が予め決められたしきい値以上である場合に、その時
50

刻は異常測度上昇傾向があると判断する。

【 0 0 4 5 】

次に、S 1 2 5 における処理として、各時刻の異常測度上昇傾向の有無に基づき、異常測度上昇区間検出部 1 0 7 において、異常測度上昇傾向が連続する区間を検出する。その際、許容間隙（異常測度上昇傾向の連続性に中断する区間が発生した場合に、その中断区間を無視して異常測度上昇傾向が連続しているとみなすことができる中断時間（期間）または中断するサンプリング個数）をパラメータとして与えておき、異常測度上昇傾向の中断が許容間隙より短い（少ない）場合は連続した区間として検出する。

【 0 0 4 6 】

異常測度上昇区間検出部 1 0 7 における処理の別の実施例では、各時刻の異常測度上昇傾向の有無と後述する方法で判定される異常の有無に基づき、異常ありかつ異常測度上昇傾向ありの状態が連続する区間を検出する。上記と同様、中断が許容間隙より短い（少ない）場合は連続した区間として検出する。

【 0 0 4 7 】

各時刻の異常の有無の判定は、異常測度算出部 1 0 5 における処理の後に行う。まず、学習データの異常測度に基づき、学習データを異常と判定しないしきい値を設定する。つまり、学習データの異常測度の最大値をしきい値とする。あるいは、学習データの異常測度を昇順にソートし、予め指定した 1 に近い比率に到達する値をしきい値とする。この場合は、学習データの大部分を異常と判定しないしきい値が設定される。次に、異常測度と算出したしきい値の比較を時刻毎に行い、異常測度がしきい値を超える場合、その時刻は異常ありと判定する。

【 0 0 4 8 】

次に、S 1 2 6 における関連センサを特定する処理として、検出された異常測度上昇区間について、関連センサ特定部 1 0 8 において、関連センサを特定する。関連センサ特定部 1 0 8 における処理の詳細な流れを、図 7 を用いて説明する。

【 0 0 4 9 】

関連センサ特定の処理は全区間について行う（S 7 0 1）。始めに、区間内データのインデクスを取得する（S 7 0 2）。これは全ての特徴ベクトルと S 4 0 5 で記録した起点ベクトルを参照可能とするためのものであり、同時刻のデータを対応付け可能であれば、形式は問わない。

【 0 0 5 0 】

次に、全てのセンサについて以下の処理を行う（S 7 0 3）。まず、区間内の時刻毎の差分データを算出する（S 7 0 4）。

【 0 0 5 1 】

図 8 A に、特徴ベクトルと起点ベクトルの 1 個の要素の時系列グラフの例を示す。横軸は時刻、縦軸は要素の値を表す。太線 8 0 1 が特徴ベクトルの要素、細線 8 0 2 が起点ベクトルの要素を表す。

【 0 0 5 2 】

ここで、算出した区間内の時刻毎の差分データは、図 8 B に示すように、起点ベクトルの要素 8 0 2 と特徴ベクトルの要素 8 0 1 の差の絶対値（ $(802) - (801)$ ）の時系列データとして得られる。

【 0 0 5 3 】

この差分データの時系列データから、横軸を時間、縦軸を差分として傾きを算出する（S 7 0 5）。傾きとは、例えば時系列データの最小二乗近似直線の傾きのことである。すなわち、図 8 B に示したように、ある期間 t における最小二乗近似直線の変化量を x とするとき、 x / t を傾きとして定義する。この傾きは、図 8 A に示した 1 個の要素の異常測度の時系列変化の程度を表すとみることができる。すなわち、この傾きが大きいほど異常測度の時系列変化に寄与していることになる。以後、この傾きを寄与量の傾きと記載する。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

差分データは、その時刻の特徴ベクトルと起点ベクトルの差のベクトルの要素のうち、ステップS 3 0 4において処理対象のセンサから抽出したものをを用いて算出する。例えばそれらの絶対値の和、二乗和などを差分データと定義する。あるいはそれらの中の一番新しい時刻のデータとしてもよい。差分データは異常測度に対する寄与が大きいほど値が大きくなる。

【0055】

全てのセンサについて処理が終了したら、傾きが最大となるセンサ（変化量の割合が最も大きいセンサ）を探索し、そのセンサを関連センサとする。関連センサ番号とその傾きを記録する（S 7 0 6）。区間長さも記録しておく（S 7 0 7）。

【0056】

関連センサ特定処理の別の実施例について説明する。ステップS 7 0 1からS 7 0 3までは上記と同様である。ステップS 7 0 4に対応するステップにおいて、差分データのかわりに、区間内の特徴ベクトルからステップS 3 0 4において処理対象のセンサから抽出した中の一番新しい時刻のデータを抽出する。ここで得られるのは、図8Aに黒線801で示す時系列データである。ステップS 7 0 5に対応するステップにおいて、ステップS 7 0 4に対応するステップで得られたデータの傾きを算出する。

【0057】

ステップS 7 0 6に対応するステップでは、傾きの絶対値が最大となるセンサを探索し、そのセンサを関連センサとする。ステップS 7 0 7に対応するステップでは、上記に説明したステップS 7 0 7の場合と同様の処理とする。

【0058】

上記いずれかの処理により、異常測度が上昇していることに寄与するセンサを特定することができる。

【0059】

次に、S 1 2 7における異常測度上昇傾向の有無を最終判定する処理として、関連センサ特定部108で区間毎に関連センサを特定後、傾向有無判定部109において、各区間の異常測度上昇傾向の有無の最終判定を行う。具体的には、ステップS 7 0 6で記録した傾きとステップS 7 0 7で記録した区間長さに対するルールを予め決めておき、そのルールに従って判定する。ルールは例えば、「傾き > TH1かつ区間長さ > TH2ならば上昇傾向ありとする」というようなしきい値と不等号で表される条件式の論理演算、すなわち「かつ」や「または」による結合である。また、このようなルールが複数あってもよい。

【0060】

最後に、S 1 2 8において、入出力部110から判定の結果を出力するが、この出力に仕方については、以下のGUIの説明で詳細を述べる。

【0061】

上記に示したように、本実施例では、異常の程度が徐々に悪化していることを検知したいというニーズに対し、正常データの学習に基づいて算出された異常測度を用いて、異常測度の上昇傾向を検出するため、個々のセンサの時系列信号について下降または上昇傾向の傾きを算出しなくても異常測度の上昇を検知することができる。

【0062】

関連センサ特定については、異常測度が上昇している区間を検出し、区間毎に異常測度に対する各センサの寄与の傾きを算出し、傾き最大のものを関連センサとするため、傾きを算出する区間を適切に調整するという実行困難な手続きを回避できる。また、関連センサが自動で特定されるため、関連しない大多数のセンサ信号を人が確認する必要がなくなる。

【0063】

なお、本実施例は蓄積されたセンサ信号を対象としたものであるが、対象に合わせた適切な間隔で定期的に処理を実行すれば、準リアルタイムな解析が可能となり、早期に異常測度が上昇する傾向を検知することが可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

以上の方法を実現するシステムの G U I の実施例を説明する。

【 0 0 6 5 】

評価対象および処理パラメータ設定のための G U I の例を、図 9 に示す。以下の説明ではこの設定のことを単にレシピ設定と呼ぶことにする。また、過去のセンサ信号 1 0 2 は設備 I D および時刻と対応付けられてセンサ信号蓄積部 1 0 3 にデータベースとして保存されているものとする。入出力部 1 1 0 の画面上に表示される G U I のレシピ設定画面 9 0 1 では、対象装置、学習期間、評価期間、使用センサ、特徴ベクトル作成パラメータ、正常モデルパラメータ、傾向判定パラメータ、最終判定パラメータを入力する。設備 I D 入力ウィンドウ 9 0 2 には、対象とする設備の I D を入力する。

10

【 0 0 6 6 】

設備リスト表示ボタン 9 0 3 押下により図示はしていないがデータベースに保存されているデータの装置 I D のリストが表示されるので、リストから選択入力する。学習期間入力ウィンドウ 9 0 4 には、学習データを抽出したい期間の開始日と終了日を入力する。評価期間入力ウィンドウ 9 0 5 には、異常測度上昇傾向検出の対象とする期間の開始日と終了日を入力する。センサ選択ウィンドウ 9 0 6 には、使用するセンサを入力する。リスト表示ボタン 9 0 7 のクリックにより図示はしていないが対象設備のセンサリストが表示されるので、リストから複数選択入力する。

【 0 0 6 7 】

特徴ベクトル作成パラメータ入力ウィンドウ 9 0 8 には、特徴ベクトル作成部 1 0 4 における処理で用いるパラメータを設定する。ここで設定するパラメータは、ステップ S 3 0 3 の平滑化で使用するウィンドウ幅、ステップ S 3 0 4 の特徴ベクトル作成で使用する次数とサンプリング間隔である。

20

【 0 0 6 8 】

正常モデルパラメータ入力ウィンドウ 9 0 9 には、正常モデル作成において使用するパラメータを入力する。図は正常モデルとして局所部分空間を採用した場合の例であり、モデル作成に使う近傍ベクトル数と正則化パラメータを入力する。正則化パラメータは、数式 2 において相関行列 C の逆行列が求められないことを防ぐため、対角成分に加算する小さい数である。

【 0 0 6 9 】

傾向判定パラメータ入力ウィンドウ 9 1 0 には、異常測度上昇傾向判定部 1 0 6 における処理で用いる周期と、異常測度上昇区間検出部 1 0 7 における処理で用いる許容間隙を設定する。単位は時間である例を示したが、秒、分、日など時間を表すどの単位でもよいし、データ個数という意味で「個」でもよい。

30

【 0 0 7 0 】

最終判定パラメータ入力ウィンドウ 9 1 1 には、傾向有無判定部 1 0 9 における処理で用いるルールを設定する。この例では、複数の入力部を用意し、チェックボックスにチェックが入れられたルールを用いることとしている。各段の左側には区間長に対するしきい値、右側には傾きに対するしきい値を入力する。チェックの入れられた段のいずれかの条件を満たせば、上昇傾向ありと判定するものとする。レシピ名入力ウィンドウ 9 1 2 には、入力された情報および処理結果に対応付けるユニークな名前を入力する。以上の情報を入力後、実行ボタン 9 1 3 の押下により、上述の異常測度上昇傾向検出を実行する。

40

【 0 0 7 1 】

処理実行後は、レシピ設定画面 9 0 1 上で入力された装置 I D、学習期間、評価期間、使用センサ情報、各パラメータと評価結果を仮のデータフォルダに保存しておく。評価結果として保存するのは、学習期間と評価期間の特徴ベクトルデータ、ステップ S 4 0 5 で記録した起点ベクトルデータ、異常測度データ、異常測度上昇傾向判定部 1 0 6 で得られる異常測度上昇傾向判定結果データの時系列データと、異常測度上昇区間検出部 1 0 7 における処理以降で得られる異常測度上昇区間の情報である。異常測度上昇区間の情報は、区間開始および終了の時刻、区間の長さ、各センサの差分データの傾き、その最大値、関

50

連センサ名、最終判定結果を含む。

【 0 0 7 2 】

そして、処理結果が入出力部 1 1 0 でユーザに示される。そのための G U I の例を図 1 0 A および図 1 0 B および図 1 0 C に示す。各画面の上部に表示されたタブを選択することにより、結果表示画面 1 0 0 1 と結果拡大表示画面 1 0 0 2 と異常測度上昇区間情報表示画面 1 0 0 3 を切り換えることができる。

【 0 0 7 3 】

図 1 0 A には、結果の全体を表示する結果表示画面 1 0 0 1 を示す。結果表示画面 1 0 0 1 には、指定された全期間の異常測度、異常測度上昇傾向判定結果とセンサ信号の時系列グラフと検出された異常測度上昇区間を表示する。

10

【 0 0 7 4 】

期間表示ウィンドウ 1 0 0 4 には、指定された学習期間および評価期間が表示される。関連センサ名表示ウィンドウ 1 0 0 5 には、指定区間の関連センサ名を関連センサ名表示部 1 0 0 5 1 に表示する。最初は、区間番号 1 の関連センサ名が表示され、矢印のクリックまたは区間番号を区間番号表示部 1 0 0 5 2 に直接入力することにより切り替わるものとする。異常測度表示ウィンドウ 1 0 0 6 には、指定された学習期間および評価期間の異常測度と異常測度上昇傾向判定結果（傾向）が表示される。また、学習に使用した日に丸印が表示される。

【 0 0 7 5 】

異常測度上昇区間表示ウィンドウ 1 0 0 7 には、異常測度上昇区間が矩形で表示される。黒の矩形 1 0 0 7 1 は最終判定結果が上昇傾向ありの区間、白の矩形 1 0 0 7 2 は上昇傾向なしの区間を表す。

20

【 0 0 7 6 】

センサ信号表示ウィンドウ 1 0 0 8 には、指定された期間の指定されたセンサの信号値が表示される。実線 1 0 0 8 1 は特徴ベクトル、破線 1 0 0 8 2 は起点ベクトルの指定されたセンサに対応する要素を表す。センサ信号表示ウィンドウ 1 0 0 8 に表示するセンサの指定は、センサ名選択ウィンドウ 1 0 0 9 への入力によって行う。ただし、ユーザが指定する前は、センサ名選択ウィンドウ 1 0 0 9 には関連センサ名表示ウィンドウ 1 0 0 5 の関連センサ名表示部 1 0 0 5 1 に表示されている関連センサが選択されている。

【 0 0 7 7 】

30

関連センサ名表示ウィンドウ 1 0 0 5 において区間番号表示部 1 0 0 5 2 で区間番号が切り替えられた場合は、選択センサが合わせて変更され、センサ信号表示ウィンドウ 1 0 0 8 も選択センサのグラフに再描画される。カーソル 1 0 1 0 は、拡大表示の時の起点を表し、マウス操作により移動できる。表示日数指定ウィンドウ 1 0 1 1 には、この画面では使用しないが、結果拡大表示画面 1 0 0 2 での、拡大表示の起点から終点までの日数が表示される。この画面で入力することもできる。日付表示ウィンドウ 1 0 1 2 には、カーソル位置の日付が表示される。終了ボタン 1 0 1 3 押下により結果表示画面 1 0 0 1、結果拡大表示画面 1 0 0 2、異常測度上昇区間情報表示画面 1 0 0 3 とともに消去し終了する。

【 0 0 7 8 】

図 1 0 B には、結果拡大表示画面 1 0 0 2 を示す。結果拡大表示画面 1 0 0 2 には、結果表示画面 1 0 0 1 において、カーソル 1 0 1 0 で示されて日付表示ウィンドウ 1 0 1 2 に表示された日付を起点として、表示日数指定ウィンドウ 1 0 1 1 で指定された日数の異常測度、異常測度上昇傾向判定結果とセンサ信号の時系列グラフを表示する。期間表示ウィンドウ 1 0 0 4 には、結果表示画面 1 0 0 1 と同じ情報が表示される。関連センサ名表示ウィンドウ 1 0 0 5 にも、結果表示画面 1 0 0 1 と同じ情報が表示される。この画面で区間番号表示部 1 0 0 5 2 で区間番号を切り替えてもよい。

40

【 0 0 7 9 】

異常測度表示ウィンドウ 1 0 0 6 および異常測度上昇区間表示ウィンドウ 1 0 0 7 およびセンサ信号表示ウィンドウ 1 0 0 8 には、結果表示画面 1 0 0 1 と同様の情報が、拡大表示される。表示日数指定ウィンドウ 1 0 1 1 で、拡大表示の起点から終点までの日数を

50

指定する。日付表示ウィンドウ 1 0 1 2 には、拡大表示の起点の日付が表示されている。

【 0 0 8 0 】

スクロールバー 1 0 1 4 で表示の起点を変更することも可能であり、この変更はカーソル 1 0 1 0 の位置と日付表示ウィンドウ 1 0 1 2 の表示に反映される。スクロールバー表示領域 1 0 1 5 の全体の長さは結果表示画面 1 0 0 1 に表示されている全期間に相当する。また、スクロールバー 1 0 1 4 の長さは表示日数指定ウィンドウ 1 0 1 1 で指定された日数に相当し、スクロールバー 1 0 1 4 の左端部が拡大表示の起点に対応する。終了ボタン 1 0 1 3 押下により終了する。

【 0 0 8 1 】

図 1 0 C には、異常測度上昇区間情報表示画面 1 0 0 3 の例を示す。異常測度上昇区間情報表示画面 1 0 0 3 には、異常測度上昇区間情報を表示する。期間表示ウィンドウ 1 0 0 4 には、結果表示画面 1 0 0 1 と同じ情報が表示される。関連センサ名表示ウィンドウ 1 0 0 5 にも、結果表示画面 1 0 0 1 と同じ情報が表示される。この画面で区間番号表示部 1 0 0 5 2 で区間番号を切り替えてもよい。区間情報一覧表示ウィンドウ 1 0 1 6 には区間の開始および終了の時刻、区間長さ、傾きの最大値、関連センサ名、最終判定結果の一覧を表示する。最終判定結果は上昇傾向ありを でなしを無印で表す。

10

【 0 0 8 2 】

傾きグラフ表示ウィンドウ 1 0 1 7 には、関連センサ名表示ウィンドウ 1 0 0 5 の区間番号表示部 1 0 0 5 2 で指定された区間について、各センサの差分データの傾きの棒グラフを表示する。区間情報詳細表示ウィンドウ 1 0 1 8 には、区間番号表示部 1 0 0 5 2 で指定されたものと同じ区間の開始および終了の時刻、区間長さ、傾きの最大値、関連センサ名、最終判定結果を表示する。終了ボタン 1 0 1 3 押下により終了する。

20

【 0 0 8 3 】

図 1 0 A ~ C に示すいずれかの画面で、終了ボタン 1 0 1 3 押下により異常測度上昇傾向検出結果の確認が終了したら、図 9 に示すレシピ設定画面 9 0 1 の表示に戻る。この画面上で表示ボタン 9 1 4 の押下により、記憶部 1 1 1 の仮のデータフォルダに保存してあったデータを読み出し、再度図 1 0 A ~ C の画面を表示させることができる。登録ボタン 9 1 5 の押下により、仮のデータフォルダに保存してあったデータを、レシピ名入力ウィンドウ 9 1 2 に入力されたレシピ名に対応付けて、記憶部 1 1 1 に保存する。

【 0 0 8 4 】

終了ボタン 9 1 6 の押下により、仮のデータフォルダに保存してあったデータを削除し、レシピ設定画面を消去する。記憶部 1 1 1 に一旦保存したレシピは、図示はしないが、指定により再度呼び出してレシピ設定画面 9 0 1 を開くことが可能である。記憶部 1 1 1 に保存していたデータは、仮のデータフォルダにコピーされる。表示ボタン 9 1 4 の押下により図 1 0 A ~ C の画面を表示させることができる。また、条件を変更して、実行することも可能である。レシピ名を変更し、登録ボタン 9 1 5 の押下により、仮のデータフォルダの中のデータは新しいレシピ名と対応づけて記憶部 1 1 1 に保存される。

30

【実施例 2】

【 0 0 8 5 】

以上に説明した通り、実施例 1 においては、図 9 に示す G U I によれば、1 つの装置、1 組のパラメータセットで 1 回の評価を実施し、結果を表示し、保存することができる。実施例 2 においては、1 つの装置、1 組のパラメータセットで定期的に評価を実施するための G U I の例を、図 1 1 に示す。

40

【 0 0 8 6 】

本実施例におけるレシピ設定画面 1 1 0 1 では、対象装置、学習期間、評価期間、使用センサ、特徴ベクトル作成パラメータ、正常モデルパラメータ、傾向判定パラメータ、最終判定パラメータを入力する。設備 I D 入力ウィンドウ 1 1 0 2、学習期間入力ウィンドウ 1 1 0 4 には、実施例 1 において図 9 を用いて説明したレシピ設定画面 9 0 1 の場合と同様に、G U I と同様に対象装置、学習期間の情報を入力する。

【 0 0 8 7 】

50

設備ID入力ウィンドウ1102では設備リスト表示ボタン1103の押下げによりデータベース（図示せず）に保存されているデータの装置IDのリストが表示されるので、そのリストから選択入力する。学習期間入力ウィンドウ1104で設定する学習期間の終了日は現時刻より後にならないように制限をかける。評価期間入力ウィンドウ1105には、異常測度上昇傾向検出の対象とする期間の開始日時11051と評価実行の間隔11052を入力する。

【0088】

センサ選択ウィンドウ1106、特徴ベクトル作成パラメータ入力ウィンドウ1108、正常モデルパラメータ入力ウィンドウ1109、傾向判定パラメータ入力ウィンドウ1110、最終判定パラメータ入力ウィンドウ1111には、図9で説明したレシピ設定画面901の場合と同様の情報を入力する。センサ選択ウィンドウ1106では、リスト表示ボタン1107の押下げによりデータベース（図示せず）に保存されている対象設備のセンサリストが表示されるので、そのリストから複数選択入力する。

【0089】

レシピ名入力ウィンドウ1112には、入力された情報および処理結果に対応付けるユニークな名前を入力する。テストボタン1113の押下により、テストを行う。まず、評価期間入力ウィンドウ1105に入力された開始日時から対象装置のセンサ信号を取得済みの最新時刻までを仮の評価期間として、実施例1で説明したような異常測度上昇傾向検出を実行する。

【0090】

処理実行後は、入力された装置ID、学習期間、評価期間、使用センサ情報、各パラメータと仮の評価期間と評価結果を記憶部111の仮のデータフォルダに保存し、図10Aに示す結果表示画面1001を表示する。図10A～Cに示す画面により確認ができたなら、終了ボタン1013押下により終了し、レシピ設定画面1101に戻る。表示ボタン1114の押下により、記憶部111の仮のデータフォルダに保存してあったデータを読み出し、再度図10A～Cの画面を表示させることができる。

【0091】

登録ボタン1115の押下により、記憶部111の仮のデータフォルダに保存してあったデータを、レシピ名入力ウィンドウ1112に入力されたレシピ名に対応付けて、記憶部111に保存する。また、次回実行日時を保存する。

【0092】

次回実行日時は、評価期間入力ウィンドウ1105の開始日時11051に入力された開始日時から実行間隔11052に入力された実行間隔の整数倍経過した時刻で、テストにて評価した期間より後の最初の時刻とする。終了ボタン1116の押下により、記憶部111の仮のデータフォルダに保存してあったデータを削除し、レシピ設定画面1101を消去する。

【0093】

レシピ設定後は、システムが対象装置のセンサ信号を取得済みの最新時刻を常に監視し、それがレシピと対応付けて保存してあった次回実行日時を超えたら、開始日時から次回実行日時までを評価期間として、異常測度上昇傾向検出を実行し、レシピ名と対応付けて処理結果と評価期間を保存する。次回実行日時に実行間隔を足して次回実行日時を更新する。

【0094】

本実施例における定期的に評価を実施する処理のフローを図12に示す。

まず、図11に示したGUI画面1101上で評価開始日時11051を設定し（S1201）、実行間隔の欄11052に実行間隔を入力して設定する（S1202）。次に、設定した実行間隔ごとに、以下の処理を実行する（S1203）。まず、実施例1で図1Bを用いて説明した場合と同様に、センサ信号蓄積部103に蓄積された設備101から出力されたセンサ信号102を特徴ベクトル作成部104に入力し（S1204）、特徴ベクトル作成部104において特徴ベクトルを作成し（S1205）、異常測度算出部

105において異常測度を算出し(S 1 2 0 6)、異常測度上昇傾向判定部106において時刻毎に異常測度上昇傾向を判定し(S 1 2 0 7)、異常測度上昇区間検出部107において異常測度上昇傾向が連続する区間を検出し(S 1 2 0 8)、関連センサ特定部108において区間毎に関連センサを特定し(S 1 2 0 9)、傾向有無判定部109において区間毎に異常測度上昇傾向の有無の最終判定を行い(S 1 2 1 0)、入出力部110から判定の結果を出力する(S 1 2 1 1)。

【0095】

以上により定期的に異常測度上昇傾向検出が実行される。評価結果をユーザに示すためのGUIの例を、図13に示す。

【0096】

図13は、定期的な評価結果の表示対象を指定するGUIの例である。表示対象指定画面1301から表示対象の設備およびレシピを指定する。始めに、装置ID選択ウィンドウ1302により装置IDを選択する。次に、レシピ名選択ウィンドウ1303により、装置IDを対象としたレシピのリストから表示対象のレシピを選択する。

【0097】

表示ボタン1304押下により、記憶部110にレシピ名と対応付けて保存された最新の処理結果と評価期間を仮のデータフォルダにコピーし、その情報に基づいて図10Aに示す結果表示画面1001を表示する。タブの切り替えにより、図10Bに示した結果拡大表示画面1002または図10Cに示した異常測度上昇区間情報表示画面1003を表示させることも可能である。終了ボタン1013押下により仮のデータフォルダのデータを削除して、画面を消去する。表示対象指定画面1301において、終了ボタン1305押下により、画面を消去する。

【符号の説明】

【0098】

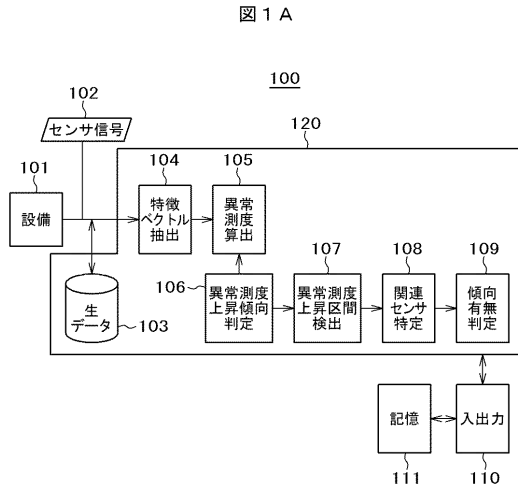
101・・・設備 102・・・センサ信号 103・・・センサ信号蓄積部
 104・・・特徴ベクトル作成部 105・・・異常測度算出部 106・・・異常測度上昇傾向判定部
 107・・・異常測度上昇区間検出部 108・・・関連センサ特定部 109・・・傾向有無判定部
 110・・・入出力部 111・・・記憶部
 901・・・レシピ設定画面 1001・・・結果表示画面 1002・・・結果拡大表示画面
 1003・・・異常測度上昇区間情報表示画面 1101・・・レシピ設定画面
 1201・・・表示対象指定画面。

10

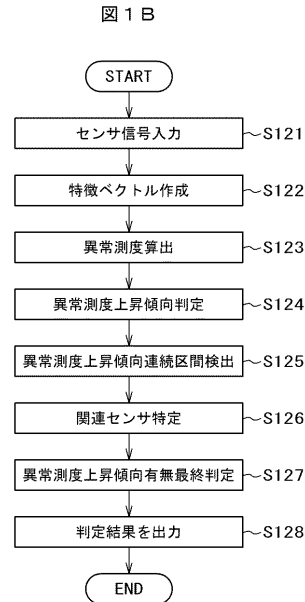
20

30

【図 1 A】



【図 1 B】



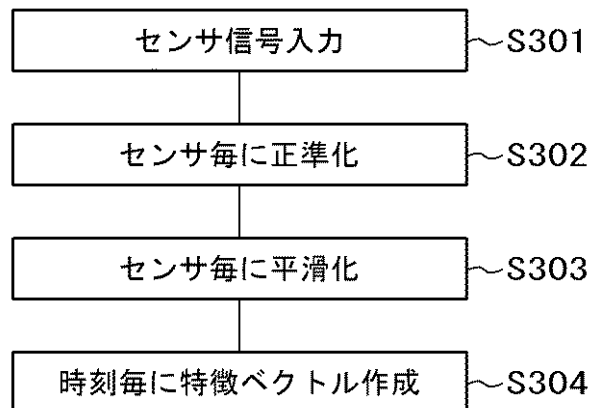
【図 2】

図 2

| 201 日時 | 202 | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | センサ 1 | センサ 2 | センサ 3 | センサ 4 | センサ 5 | |
| 2007.01.01 0:00:00 | 27935 | 478 | 179.9 | 14.6 | 1.18 | ... |
| 2007.01.01 0:00:30 | 27935 | 478 | 179.8 | 14.6 | 1.17 | ... |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ... |

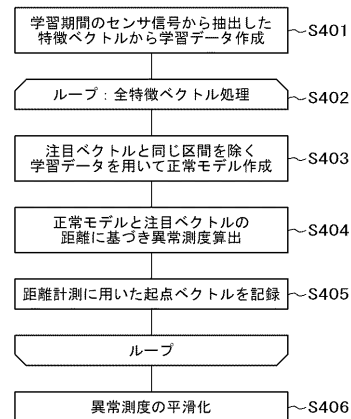
【図 3】

図 3



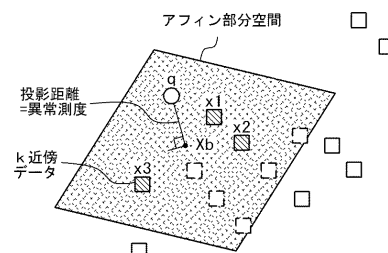
【図 4】

図 4



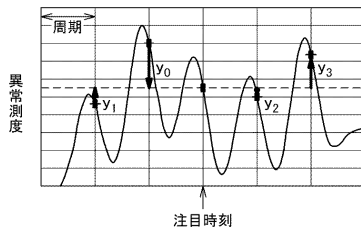
【図 5】

図 5



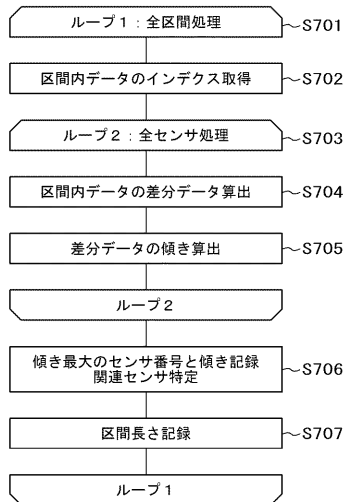
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



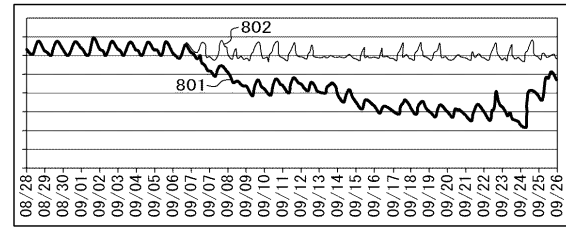
【図 9】

図 9

| | | | |
|--------------------|-------------------------|--|---------------|
| 901 評価対象/パラメータ設定情報 | | 909 正常モデルパラメータ | |
| 902 設備ID | C555-1 ~ 903 | 近傍数 | 10 |
| 904 学習期間 | 2009.08.31 ~ 2009.09.05 | 正則化パラメータ | 1e-4 |
| 905 評価期間 | 2009.09.06 ~ 2009.09.26 | 910 傾向判定パラメータ | |
| 906 センサ選択 | 1, 2, 3, 5, 6 ~ 907 | 周期 | 24 時間 |
| 908 特徴ベクトル作成パラメータ | ウィンドウ幅 | 200 | 911 最終判定パラメータ |
| | 次数 | 5 | |
| | サンプリング間隔 | 10 | |
| | レシビ名 | AAA | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> 3 日以上かつ傾き 0.01 以上 | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> 5 日以上かつ傾き 0.001 以上 | |
| | | <input type="checkbox"/> 日以上かつ傾き 以上 | |
| | | 実行 | 表示 |
| | | 登録 | 終了 |

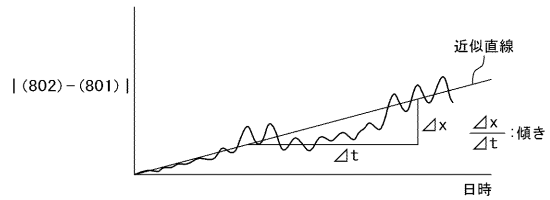
【図 8 A】

図 8 A



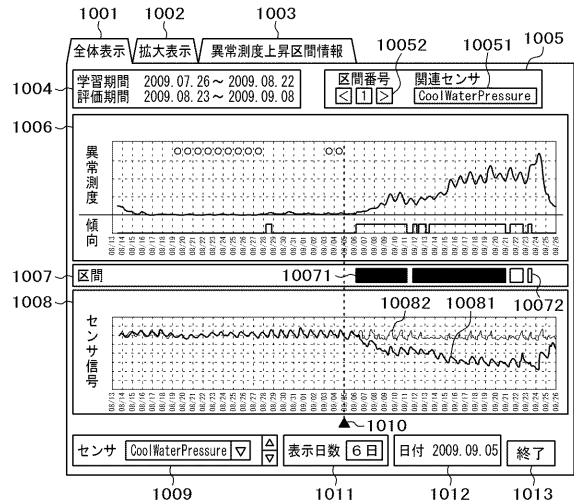
【図 8 B】

図 8 B



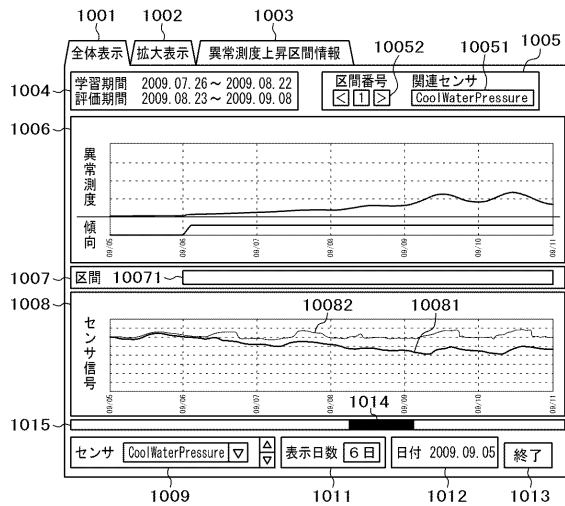
【図 10 A】

図 10 A



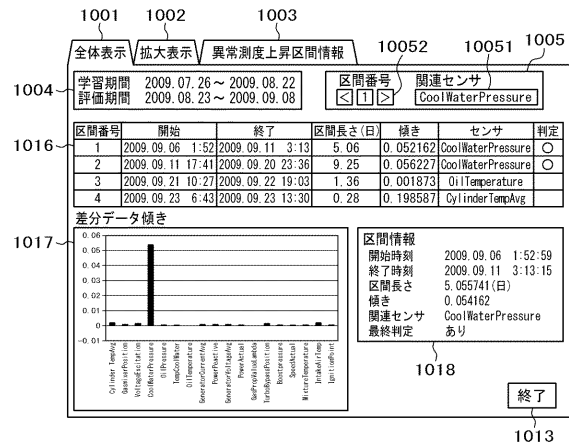
【図 10B】

図 10B



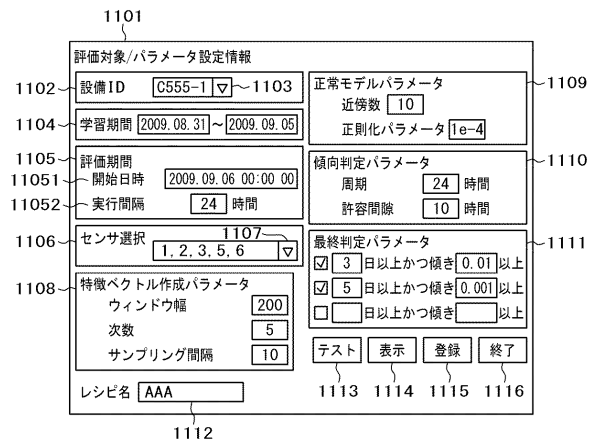
【図 10C】

図 10C



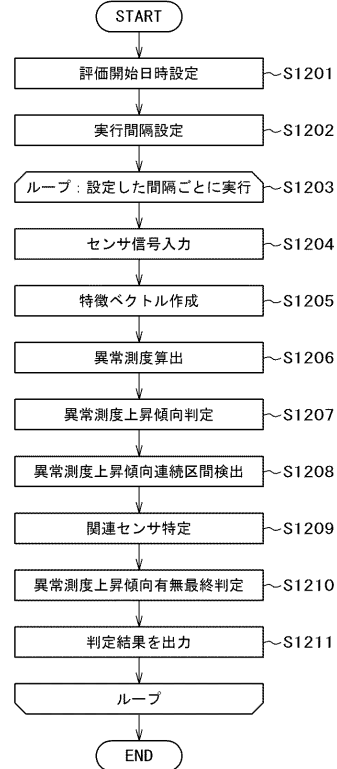
【図 11】

図 11



【図 12】

図 12



【図 13】

図 13

表示対象指定

設備 ID

C555-1

▼

~1302

レシビ名

AAA

▼

~1303

1304

表示

終了

~1305

~1301

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2014-142697(JP,A)
特開平02-210597(JP,A)
特開2001-338363(JP,A)
特開2011-070635(JP,A)
特開2010-211440(JP,A)
特開2009-115481(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05B 23/02