

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-49359

(P2010-49359A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 5 B 23/02 (2006.01)	G O 5 B 23/02 V	2 F O 7 6
G O 1 D 21/00 (2006.01)	G O 5 B 23/02 3 O 1 V	5 H 2 2 3
	G O 5 B 23/02 3 O 2 S	
	G O 5 B 23/02 3 O 2 V	
	G O 1 D 21/00 Q	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 34 頁)		

(21) 出願番号 特願2008-211088 (P2008-211088)
 (22) 出願日 平成20年8月19日 (2008.8.19)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100078765
 弁理士 波多野 久
 (74) 代理人 100078802
 弁理士 関口 俊三
 (74) 代理人 100077757
 弁理士 猿渡 章雄
 (74) 代理人 100130731
 弁理士 河村 修
 (74) 代理人 100136504
 弁理士 山田 毅彦

最終頁に続く

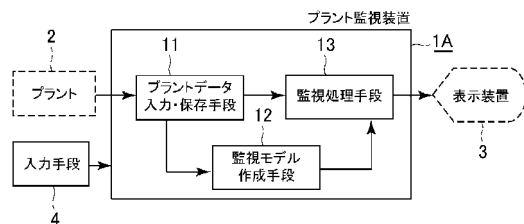
(54) 【発明の名称】 プラント監視装置およびプラント監視方法

(57) 【要約】

【課題】プラントの種々の異常に対して適用可能な汎用性の高いプラント監視装置及びプラント監視方法を提供する。

【解決手段】プラント監視装置1は、プラント2の測定データを時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段11と、監視モデルを作成する監視モデル作成手段12と、監視モデルを適用しプラント状態の正常／異常を判定する監視処理手段13を備え、監視モデル作成手段12は、出力誤差モデルを同定する出力誤差モデル同定部21と、出力誤差モデルを適用し算出した出力変数の推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価部22を備え、監視処理手段13は、出力変数の推定偏差を算出する出力推定偏差算出部25と、推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理部26と、推定偏差の分散値変化仮説の採択率に基づきプラント2の異常を監視する仮説採択率判定部27を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段と、

前記プラントデータ入力・保存手段で保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成手段と、

前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理手段と、を備えたプラント監視装置であって、

前記監視モデル作成手段は、前記時系列データを用いて出力誤差モデルを同定する出力誤差モデル同定部と、

前記出力誤差モデルを前記時系列データに適用して算出した前記出力変数の推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価部と、を具備し、

前記監視処理手段は、前記測定データに前記出力誤差モデルを適用して前記出力変数の推定偏差を算出する出力推定偏差算出部と、

前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理部と、

前記推定偏差の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定部と、

を具備することを特徴とするプラント監視装置。

【請求項 2】

プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段と、

前記プラントデータ入力・保存手段で保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成手段と、

前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理手段と、を備えたプラント監視装置であって、

前記監視モデル作成手段は前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の大きい複数の主成分に対する負荷行列を構成する主成分分析部と、

前記負荷行列を前記時系列データに適用して算出した推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価部と、を具備し、

前記監視処理手段は、前記測定データに前記負荷行列を適用して推定偏差を算出する出力推定偏差部と、

前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理部と、

前記推定偏差の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定部と、を具備することを特徴とするプラント監視装置。

【請求項 3】

プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段と、

前記プラントデータ入力・保存手段で保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成手段と、

前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理手段と、を備えたプラント監視装置であって、

前記監視モデル作成手段は前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の小さい複数の主成分に対する負荷行列を構成する主成分分析部と、

前記負荷行列を前記時系列データに適用して算出した主成分得点の統計的特性を評価する主成分得点特性評価部と、を具備し、

前記監視処理手段は、前記測定データに前記負荷行列を適用して主成分得点を算出する主成分得点算出部と、

前記主成分得点に逐次確率比検定を適用して前記主成分得点の分散値変化仮説を検定す

10

20

30

40

50

る主成分得点検定処理部と、

前記主成分得点の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定部と、を具備することを特徴とするプラント監視装置。

【請求項 4】

プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段と、

前記プラントデータ入力・保存手段で保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成手段と、

前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理手段と、を備えたプラント監視装置であって、

前記監視モデル作成手段は前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の大きな複数の主成分に対する第 1 の負荷行列を構成する第 1 の主成分分析部と、

前記主成分分析の結果から寄与率の小さな複数の主成分に対する第 2 の負荷行列を構成する第 2 の主成分分析部と、

前記第 1 の負荷行列を前記時系列データに適用して算出した推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価部と、

前記第 2 の負荷行列を前記時系列データに適用して算出した主成分得点の統計的特性を評価する主成分得点特性評価部と、を具備し、

前記監視処理手段は前記測定データに前記第 1 の負荷行列を適用して推定偏差を算出する推定偏差算出部と、

前記測定データに前記第 2 の負荷行列を適用して主成分得点を算出する主成分得点算出部と、

前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理部と、

前記主成分得点に逐次確率比検定を適用して前記主成分得点の分散値変化仮説を検定する主成分得点検定処理部と、

前記推定偏差の分散値変化仮説の採択率および主成分得点の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定部と、を具備することを特徴とするプラント監視装置。

【請求項 5】

前記入力変数の分散検定によりプラント状態を監視する入力異常監視処理手段と、を備えることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか 1 項記載のプラント監視装置。

【請求項 6】

10

20

30

【数 1】

前記入力異常監視処理手段は、予め与えられた時間幅 n 点内の入力変数 u の平均値を $\bar{u}$ として

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2 / \sigma_u^2$$

を算出する統計量算出部と、

与えられた誤検出率 α と、自由度 $n - 1$ のカイ 2 乗分布表より

$$P(\chi^2 \leq \chi_1^2) = \alpha/2, \quad P(\chi^2 \geq \chi_2^2) = \alpha/2$$

を満足する χ_1^2 、 χ_2^2 を求め、 $\chi^2 \leq \chi_1^2$ または $\chi^2 \geq \chi_2^2$ ならば分散値が変化したとする仮説を検定する仮説検定処理部と、

仮説検定処理部が検定した分散変化仮説の採択率を算定し、採択率が管理しきい値を超えた状態を異常と判定することによって異常を検出する仮説採択率判定部とを備えることを特徴とする請求項 5 記載のプラント監視装置。

【請求項 7】

プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力保存ステップと、

前記プラントデータ入力保存ステップで保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成ステップと、

前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理ステップと、を備えるプラント監視方法であって、

前記監視モデル作成ステップは、前記時系列データを用いて出力誤差モデルを同定する出力誤差モデル同定ステップと、

前記出力誤差モデルを前記時系列データに適用して算出した前記出力変数の推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価ステップと、を具備し、

前記出力監視処理ステップは、前記測定データに前記出力誤差モデルを適用して前記出力変数の推定偏差を算出する出力推定偏差算出ステップと、

前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理ステップと、

前記分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定ステップと、を具備することを特徴とするプラント監視方法。

【請求項 8】

プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力保存ステップと、

前記プラントデータ入力保存ステップで保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成ステップと、

前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理ステップと、を備えるプラント監視方法であって、

前記監視モデル作成ステップは前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の大きな複数の主成分に対する第 1 の負荷行列を構成する第 1 の主成分分析ステップと、

前記第 1 の負荷行列を前記時系列データに適用して算出した推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価ステップと、を具備し、

前記出力監視処理ステップは、前記測定データに前記負荷行列を適用して推定偏差を算出する出力推定偏差ステップと、

前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推

10

20

30

40

50

定偏差検定処理ステップと、

前記推定偏差の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する第1の仮説採択率判定ステップと、を具備することを特徴とするプラント監視方法。

【請求項9】

前記監視モデル作成ステップは前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の小さな複数の主成分に対する第2の負荷行列を構成する第2の主成分分析ステップと、

前記第2の負荷行列を前記時系列データに適用して算出した主成分得点の統計的特性を評価する主成分得点特性評価ステップとをさらに備え、

前記出力監視処理ステップは、前記測定データに前記第2の負荷行列を適用して主成分得点を算出する主成分得点算出ステップと、

前記主成分得点に逐次確率比検定を適用して前記主成分得点の分散値変化仮説を検定する主成分得点検定処理ステップと、

前記主成分得点の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する第2の仮説採択率判定ステップとをさらに備えたことを特徴とする請求項8記載のプラント監視方法。

【請求項10】

前記監視処理ステップは、前記監視モデルを前記時系列データに適用してプラント状態を監視する出力監視処理ステップと、前記入力変数の分散検定によりプラント状態を監視する入力異常監視処理ステップと、を備えることを特徴とする請求項7乃至請求項9の何れか1項記載のプラント監視方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラントの運転状態の変化を監視する監視装置および監視方法に係り、特に、種々の異常に対する汎用性をより高めたプラント監視装置およびプラント監視方法に関する。

【背景技術】

【0002】

原子力発電プラントあるいは火力発電プラント等の大規模プラントにおいては、多数のプラント信号を計算機に取り込み、監視画面にプラントデータを表示して監視することが行われている。プラント信号の数は数千点に及ぶため、全てのプラントデータを運転員が常時監視するのは困難であることから、主要なプラントデータについては予め設定された管理しきい値との比較による監視が計算機により行われている。タービンからの抽気蒸気で給水を加熱する原子力あるいは火力発電プラントの給・復水系の例を引くまでも無く、大規模プラントのプラント信号は相互に密接な関係をもって変化するため、運転員は関連するプラントデータのトレンドを表示して監視する他、相関図等を確認しながら監視を行っている。プラントに異常が発生し、プラント信号のレベルが管理しきい値を超えた場合には、警報が発報されて運転員による対応がとられるようになっている。

【0003】

しかしながら、異常の初期段階に現れる兆候を、多数のプラントデータの中から早期に検知し、運転条件の変化の影響と識別して異常と認識することは、運転員にとって非常に困難な作業となる。発電プラントのような大規模プラントではなく、複数の設備の運転状態を遠隔で集中監視する場合等においても、多数の信号のデータを少数の要員で監視する困難は同様である。

【0004】

このため、多数のプラントデータに対して統計的プロセス管理技術の分野で一般的に用いられる主成分分析を適用して、元のプラントデータの特徴を捉えた少数の統計量データに変換し、変換後の統計量データの時間トレンドあるいは統計量データ同士の相関特性に管理しきい値を設けて監視する技術が考案されている（例えば特許文献1～3参照）。

【0005】

また、前記変換された少数の統計量データの相関特性のパターンを正常時のパターンと比較することにより監視する技術が考案されている（特許文献 4，5 参照）。

【0006】

さらに、前記変換された少数の統計量データにウェーブレット変換を適用した結果に管理しきい値を設けて監視する技術が考案されている（特許文献 6 参照）。

【0007】

これとは別に、監視対象データと、プラントデータ間の関係を表わすモデルを用いて推定した当該データの推定値との偏差に対して主成分分析を適用し、得られた統計量データに監視しきい値を設けて監視する技術も考案されている（特許文献 7 参照）。あるいは、モデルによる推定偏差に対して統計的プロセス管理で行われている種々の管理チャートを作成し、これに管理しきい値を設けて監視する方法も考案されている（特許文献 8 参照）。

10

【特許文献 1】特許第 3 9 7 0 4 8 3 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 2 - 2 5 9 8 1 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 6 - 1 3 5 4 1 2 号公報

【特許文献 4】特許第 3 4 9 5 1 2 9 号公報

【特許文献 5】特許第 3 4 7 2 7 2 9 号公報

【特許文献 6】特開 2 0 0 8 - 5 9 2 7 0 号公報

【特許文献 7】特開 2 0 0 4 - 3 0 3 0 0 7 号公報

【特許文献 8】特開平 5 - 1 5 7 4 4 9 号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述の従来の主成分分析により変換された統計量データに直接管理しきい値を設定して監視する技術のうち、特許文献 1 に記載の技術においては、相互に関連した 3 つのプロセス状態量の変化から外乱の影響を判定するために、主成分分析を行って得られる 3 次元主成分空間を特定の主成分方向からの視点に回転させたデータに対して最小二乗法による近似曲線を作成し、その曲線からの距離を許容範囲と比較することで異常を判定しているが、特定の主成分方向から見た 2 次元平面において、1 つの状態量の影響を除去あるいは強調することが可能か否かは全て対象プロセスの特性に依存しており、広く一般のプロセスに適用できるものではないという問題があった。

30

【0009】

また、特許文献 2 に記載の技術は、後述する特許文献 7 においても指摘されているように、プラントの運転条件が変更された場合に、異常ではない状態を異常として検出する問題があった。そして、特許文献 3 に記載された技術においては、主成分分析により変換した統計量データのうち、Q 統計量のみを用いて監視を行っているが、プラントに生じる可能性のある種々の異常の中には、Q 統計量では検知されず、主成分得点あるいは T^2 統計量にのみ影響が現われるものがあることを考えると、汎用性に欠けるという問題があった。

【0010】

一方、前記主成分分析によって変換された少数の統計量データの相関特性のパターンを正常時のパターンと比較することにより監視する技術のうち特許文献 4 に記載された方法では累積寄与率が規定値の範囲内となる主成分を選択し、これらをパラメータとする直交座標系上で算出した被判定データと履歴データとの距離がしきい値を超える場合に異常と判定しているが、この方法では正常な状態から徐々に異常が進展するような状態を把握することができず、また一過性のノイズの影響等を受けやすいという問題があった。

40

【0011】

また、特許文献 5 に記載された技術では、前記特許文献 3 の場合とは逆に主成分得点のみを用いているため、汎用性に欠ける問題があった。

【0012】

50

主成分分析によって変換された少数の統計量データにウェーブレット変換を適用した結果に管理しきい値を設けて監視する特許文献 6、7 に記載の技術は何れも、前記特許文献 2 と同様にプラント運転条件の変化の影響を異常と判定する可能性が高いという問題があった。

【0013】

また、特許文献 6 に記載の技術では T^2 統計量あるいは Q 統計量のウェーブレット変換に管理しきい値を設けて、 T^2 統計量あるいは Q 統計量そのもの、あるいはそれらの寄与量に対して管理しきい値を設けているが、 T^2 統計量と Q 統計量は何れも二乗量であることから、仮に管理しきい値設定に用いるデータに含まれる異常データの割合が既知であったとしても、設定された管理しきい値のデータ依存性が高くなる問題があった。

10

【0014】

以上の従来技術で指摘されたプラント運転条件の変化の影響を受ける問題に対して、特許文献 7 に記載の技術では複数のプロセスデータを運転条件の変更を直接的に表わす外部変数とそれ以外の主変数に分け、外部変数の主変数への影響を最小二乗法で得た偏回帰係数により推定除去し、得られた推定偏差に対して主成分分析を適用して T^2 統計量あるいは Q 統計量に変換し監視する方法が開示されている。しかしながら、この方法では変換後の統計量に対する監視しきい値は統計量の分布特性を考慮することなく、例えば参照データの 99% が含まれる値（換言すると参照データの 1% が超える値）、というように試行錯誤的に決定していた。管理しきい値をこのように決定する方法は、例えば参照データに一瞬でも大きいノイズが入ると、参照データの 1% が超える値（管理しきい値と設定する値）が高い値となり、管理しきい値が高くなる、といったように、前記特許文献 6 の場合と同様に検出性能のデータ依存性が大きいという問題があった。

20

【0015】

特許文献 8 には主成分分析を用いない技術として、プロセス変数の観測値、または ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) モデルによる推定偏差に対して従来の統計的プロセス管理で行われている形式の制御チャート、例えば平均値、標準偏差、等のチャートを作成して、これを通常時に設定した管理しきい値と比較することにより監視を行う方法が開示されている。しかしながら、制御チャートの管理しきい値の設定は試行錯誤的であり、検出性能のデータ依存性が大きいという問題があった。また、例えば測定器の不具合によりプラントデータにドリフトを生じた場合にも、ARIMA モデルの自己回帰項の効果によって推定偏差にはその影響が現われず、従って種々の異常に対して汎用性のあるモデルとはなっていない問題があった。

30

【0016】

本発明はかかる従来の事情に対処してなされたものであり、プラントの運転状態が変化した場合にもそれが正常な変化であれば異常と判定することが無く、また監視指標に対する管理しきい値の設定に用いた参照データへの監視性能の依存性が少なく、さらにプラント特性の異常から測定器のドリフトまで種々の異常に対して適用可能な汎用性の高いプラント監視装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0017】

本発明に係るプラント監視装置は、プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段と、前記プラントデータ入力・保存手段で保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成手段と、前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理手段と、を備えたプラント監視装置であって、前記監視モデル作成手段は、前記時系列データを用いて出力誤差モデルを同定する出力誤差モデル同定部と、前記出力誤差モデルを前記時系列データに適用して算出した前記出力変数の推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価部と、を具備し、前記監視処理手段は、前記測定データに前記出力誤差モデルを適用して前記出力変数の推定偏差を算出す

50

る出力推定偏差算出部と、前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理部と、前記推定偏差の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定部と、を具備することを特徴とする。

【0018】

また、本発明に係るプラント監視装置は、プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段と、前記プラントデータ入力・保存手段で保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成手段と、前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理手段と、を備えたプラント監視装置であって、前記監視モデル作成手段は前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の大きな複数の主成分に対する負荷行列を構成する主成分分析部と、前記負荷行列を前記時系列データに適用して算出した推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価部と、を具備し、前記監視処理手段は、前記測定データに前記負荷行列を適用して推定偏差を算出する出力推定偏差部と、前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理部と、前記推定偏差の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定部と、を具備することを特徴とする。

10

【0019】

また、本発明に係るプラント監視装置は、プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段と、前記プラントデータ入力・保存手段で保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成手段と、前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理手段と、を備えたプラント監視装置であって、前記監視モデル作成手段は前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の小さな複数の主成分に対する負荷行列を構成する主成分分析部と、前記負荷行列を前記時系列データに適用して算出した主成分得点の統計的特性を評価する主成分得点特性評価部と、を具備し、前記監視処理手段は、前記測定データに前記負荷行列を適用して主成分得点を算出する主成分得点算出部と、前記主成分得点に逐次確率比検定を適用して前記主成分得点の分散値変化仮説を検定する主成分得点検定処理部と、前記主成分得点の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定部と、を具備することを特徴とする。

20

30

【0020】

また、本発明に係るプラント監視装置は、プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力・保存手段と、前記プラントデータ入力・保存手段で保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成手段と、前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理手段と、を備えたプラント監視装置であって、前記監視モデル作成手段は前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の大きな複数の主成分に対する第1の負荷行列を構成する第1の主成分分析部と、前記主成分分析の結果から寄与率の小さな複数の主成分に対する第2の負荷行列を構成する第2の主成分分析部と、前記第1の負荷行列を前記時系列データに適用して算出した推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価部と、前記第2の負荷行列を前記時系列データに適用して算出した主成分得点の統計的特性を評価する主成分得点特性評価部と、を具備し、前記監視処理手段は前記測定データに前記第1の負荷行列を適用して推定偏差を算出する推定偏差算出部と、前記測定データに前記第2の負荷行列を適用して主成分得点を算出する主成分得点算出部と、前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理部と、前記主成分得点に逐次確率比検定を適用して前記主成分得点の分散値変化仮説を検定する主成分得点検定処理部と、前記推定偏差の分散値変化仮説の採択率および主成分得点の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定部と、を具備することを特徴とする。

40

【0021】

50

また、本発明に係るプラント監視方法は、プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力保存ステップと、前記プラントデータ入力保存ステップで保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成ステップと、前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理ステップと、を備えるプラント監視方法であって、記監視モデル作成ステップは、前記時系列データを用いて出力誤差モデルを同定する出力誤差モデル同定ステップと、前記出力誤差モデルを前記時系列データに適用して算出した前記出力変数の推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価ステップと、を具備し、前記出力監視処理ステップは、前記測定データに前記出力誤差モデルを適用して前記出力変数の推定偏差を算出する出力推定偏差算出ステップと、前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理ステップと、前記分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する仮説採択率判定ステップと、を具備することを特徴とする。

10

【0022】

また、本発明に係るプラント監視方法は、プラントの入力変数および出力変数の測定データを入力し時系列データとして保存するプラントデータ入力保存ステップと、前記プラントデータ入力保存ステップで保存された時系列データに基づいて監視モデルを作成する監視モデル作成ステップと、前記監視モデルを前記測定データに適用してプラント状態の正常／異常を判定し、当該判定結果を出力する監視処理ステップと、を備えるプラント監視方法であって、前記監視モデル作成ステップは前記時系列データに主成分分析を適用して寄与率の大きな複数の主成分に対する第1の負荷行列を構成する第1の主成分分析ステップと、前記第1の負荷行列を前記時系列データに適用して算出した推定偏差の統計的特性を評価する推定偏差特性評価ステップと、を具備し、前記出力監視処理ステップは、前記測定データに前記負荷行列を適用して推定偏差を算出する出力推定偏差ステップと、前記推定偏差に逐次確率比検定を適用して前記推定偏差の分散値変化仮説を検定する推定偏差検定処理ステップと、前記推定偏差の分散値変化仮説の採択率に基づいてプラントの異常を監視する第1の仮説採択率判定ステップと、を具備することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明に係るプラント監視装置およびプラント監視方法によれば、プラントの運転条件の変化に起因してプラントの状態が変化した場合であっても、それが正常な変化であれば、異常と判定することが無い。すなわち、プラントの運転条件の変更に伴うプラント状態の変化を考慮した上でプラントの状態が正常か異常かを正しく判断して監視を行うことができる。

30

【0024】

また、監視指標に対する管理しきい値の設定の際には、統計的特性を考慮して設定しているため、参照データへの監視性能の依存性が少なくなり、監視結果の信頼性をより高めることができる。

【0025】

さらに、プラント特性の異常から測定器のドリフトまで種々の異常に対して適用することが可能となるので、従来のプラント監視装置およびプラント監視方法よりも、さらに汎用性を高めたプラント監視装置およびプラント監視方法を提供することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明に係るプラント監視装置およびプラント監視方法について、図面を参照して説明する。

【0027】

図1は、本発明に係るプラント監視装置の一例であるプラント監視装置1の基本構成を示した概略図である。

【0028】

50

図 1 に示されるプラント監視装置 1 は、監視対象となるプラント 2 からプラントの運転条件の変化の入力となる変数とその影響を受けて変化する出力変数の測定信号を入力し保存するプラントデータ入力・保存手段 1 1 と、監視実行に先立って監視モデルを作成する監視モデル作成手段 1 2 と、監視実行開始後にプラントデータ入力・保存手段 1 1 によって入力された入力変数データ及び出力変数データに監視モデル作成手段 1 2 で作成された監視モデルを適用して得られる出力変数データの推定偏差の統計的特性の変化を監視することにより異常を検出し、処理結果を外部へ出力する監視処理手段 1 3 とを具備して構成される。

【0029】

また、プラント監視装置 1 は、ユーザの要求をプラントデータ入力・保存手段 1 1、監視モデル作成手段 1 2 および監視処理手段 1 3 に与える入力手段 4 を具備しており、例えば後述する図 4 に示される参照データの設定（ステップ S 1）等の処理要求や設定範囲の情報等の処理実行に必要な情報を、当該処理実行手段に与える際に使用される。入力手段 4 は、例えばタッチスクリーンやマウスとキーボード等で構成する。

【0030】

プラントデータ入力・保存手段 1 1 は、監視対象となるプラントからプラントの運転条件の変化の入力となる変数とその影響を受けて変化する出力変数の測定信号をプラント監視装置 1 に入力する機能と、入力機能を用いて取り込んだ信号を測定結果として保存する機能とを有する。プラントデータ入力・保存手段 1 1 では、監視対象となるプラントからプラントの運転条件の変化の入力となる変数とその影響を受けて変化する出力変数の測定信号が連続的又は所定の周期毎に入力され、各変数の測定結果（時系列データ）は履歴データとして保存される。以降、入力変数と出力変数の双方を指す場合は入出力変数と記述する。

【0031】

監視モデル作成手段 1 2 は、プラント 2 の監視を実行する際に必要となる監視モデルを作成する機能および作成した監視モデルを保存する機能を有する。監視モデル作成手段 1 2 では、プラントデータ入力・保存手段 1 1 によって入力された入出力の変数の履歴データ（時系列データ）を使ってプラント 2 の監視実行に必要な監視モデルが作成され、保存される。上記監視モデル作成機能には、監視モデル作成時に入力手段 4 を介して必要なユーザ要求を受け付ける機能および当該ユーザ要求に従い監視モデルの作成に必要な処理を実行する機能も含まれる。

【0032】

監視処理手段 1 3 は、監視実行開始後にプラントデータ入力・保存手段 1 1 によって入力された入出力変数データについて監視モデル作成手段 1 2 に保存された監視モデルを適用して得られる出力変数データの推定偏差の統計的特性の変化を監視することによって、正常の範囲を脱した状態、すなわち、異常状態を検出する機能と、入力手段 4 を介して監視処理実行に必要な情報を受け付ける機能と、当該入力情報に従って処理を実行する機能を有する。監視処理手段 1 3 では、監視実行開始後にプラントデータ入力・保存手段 1 1 によって入力された入出力変数データに監視モデル作成手段 1 2 に保存された監視モデルを適用して、プラント 2 の異常の有無が検出される。

【0033】

プラント 2 の異常の有無の検出結果（監視処理結果）は、監視処理手段 1 3 からプラント監視装置 1 と接続された外部装置の一例である表示装置 3 へ送られ、表示装置 3 の表示部に表示される。ユーザは表示装置 3 の表示部に表示された監視処理結果を見ることでプラント 2 の異常の有無を視認することができる。

【0034】

次に、本発明の各実施の形態に係るプラント監視装置 1 A ～ 1 F について説明する。以下に説明するプラント監視装置 1 A ～ 1 F は、図 1 に示される監視モデル作成手段 1 2 および監視処理手段 1 3 の少なくとも何れかに特徴があり、それぞれのプラント監視装置 1 A ～ 1 F において監視モデル作成手段 1 2 および監視処理手段 1 3 の少なくとも何れかが

相違するが、その他の構成要素については各実施形態で共通である。そこで、以下の各実施の形態に係るプラント監視装置 1 A～1 Fおよびプラント監視方法の説明では、監視モデル作成手段 1 2 および監視処理手段 1 3 を中心に説明し、その他の構成要素については、適宜説明を簡略又は省略する。

【0035】

〔第 1 の実施の形態〕

本発明の第 1 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 A の構成は、図 1 において、プラント監視装置 1、監視モデル作成手段 1 2 および監視処理手段 1 3 を、それぞれ、プラント監視装置 1 A、監視モデル作成手段 1 2 A および監視処理手段 1 3 A と読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置 1 A は、プラントデータ入力・保存手段 1 1、監視モデル作成手段 1 2 A および監視処理手段 1 3 A を具備する。

10

【0036】

図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 A が具備する監視モデル作成手段 1 2 A の構成を示した概略図である。

【0037】

図 2 に示されるように、監視モデル作成手段 1 2 A は、プラント 2 の監視を実行する際に必要となる出力誤差モデル (Output error model) を同定する出力誤差モデル同定部 2 1 と、同定された出力誤差モデルにより生成される推定偏差の統計的特性を評価する第 1 の推定偏差特性評価部 2 2 とを備える。

【0038】

図 3 は、プラント監視装置 1 A に具備される監視処理手段 1 3 A の構成を示した概略図である。

20

【0039】

図 3 に示されるように、監視処理手段 1 3 A は、入出力変数データに前記監視モデル作成手段 1 2 A で作成された監視モデルを適用して出力変数の推定偏差を算出する出力推定偏差算出部 (以下、「第 1 の出力推定偏差算出部」と称する) 2 5 と、第 1 の出力推定偏差算出部 2 5 が算出した推定偏差に対して逐次確率比検定を適用して推定偏差の分散値が変化したか否かの仮説を検定する推定偏差検定処理部 (以下、「第 1 の推定偏差検定処理部」と称する) 2 6 と、逐次確率比検定の結果の分散変化仮説の採択率を算定し、採択率が管理しきい値を超えたことにより異常を検出する仮説採択率判定部 2 7 とを備える。

30

【0040】

プラント監視装置 1 A が実行する処理内容について概説すると、まず、プラントデータ入力・保存手段 1 1 は、監視対象となるプラント 2 の入力変数および出力変数の測定信号を取り込んで保存する (プラントデータ入力・保存ステップ)。ここで、プラントデータ入力・保存ステップにおいて、プラントデータ入力・保存手段 1 1 に保存される測定結果の時系列データが履歴データである。

【0041】

プラントデータ入力・保存ステップに続いて、監視モデル作成手段 1 2 A は、プラントデータ入力・保存手段 1 1 に保存される履歴データを使ってプラント 2 の監視実行に必要な監視モデルを作成し保存する (監視モデル作成・保存ステップ)。

40

【0042】

監視モデル作成・保存ステップの後、監視処理手段 1 3 A は、プラントデータ入力・保存手段 1 1 によって入力された入出力変数データに監視モデル作成手段 1 2 A に保存された監視モデルを適用してプラント 2 の異常の検出を試みる (監視処理ステップ)。監視処理手段 1 3 A がプラント 2 の異常の有無の検出を行った結果は、監視処理手段 1 3 A から表示装置 3 へ送られ (監視処理結果出力ステップ)、表示装置 3 の表示部に表示される (監視処理結果表示ステップ)。

【0043】

次に、監視モデル作成手段 1 2 A で実行される処理内容 (監視モデル作成・保存ステップ) および監視処理手段 1 3 A で実行される処理内容 (監視処理ステップ) について、よ

50

り詳細に説明する。

【0044】

図4は、監視モデル作成手段12Aで実行される処理内容（監視モデル作成・保存ステップ）を示した処理フロー図である。

【0045】

図4に示されるように、監視モデル作成・保存ステップは、参照データを設定するステップ（ステップS1）と、出力誤差モデルを同定するステップ（ステップS2）と、ステップS2で同定された出力誤差モデルによる推定偏差の特性評価を行うステップ（ステップS3）とを有する。

【0046】

10

監視モデル作成・保存ステップ開始直後のステップS1では、例えばプラント2の設計情報や入力変数と出力変数の因果関係等のプラント2の動的および静的特性に関する事前知識を基に、履歴データのうちでプラントの運転条件の変化を直接的に表わす入力変数 u と、その影響を受けて変化するプラントの出力変数 z を定義し、これらの集合を参照データとして設定するとともに、参照データを出力誤差モデル同定部21において使用するモデル作成用データと、第1の推定偏差特性評価部22において使用する特性評価用データに分割する。参照データの設定は、ユーザが入力手段4から入力して設定することによって行われ、当該参照データの設定情報は、入力手段4から出力誤差モデル同定部21および第1の推定偏差特性評価部22に与えられる。

【0047】

20

ステップS1に続いて、ステップS2では、出力誤差モデル同定部21が、モデル作成用データを用いて、以下の式（1）で定義される出力誤差モデルを同定する。

【数1】

$$z(k) = B(q)u(k - n_d) + e(k) \quad \cdots (1)$$

【0048】

式（1）において、 $B(q)$ は以下の式（2）で定義される伝達関数、 $e(k)$ は白色雑音、 k は時刻 t_k を表わす。

【0049】

30

【数2】

$$B(q) = 1 + b_1 q^{-1} + \cdots + b_{n_b} q^{-n_b} \quad \cdots (2)$$

【0050】

式（2）において、 q^{-1} は $q^{-1}u(k) \equiv u(k-1)$ のように定義される時間シフトオペレータである。このとき、次数 n_b と遅れ n_d を変えてモデルのパラメータを求めた中から、以下の式（3）で計算した最終予測誤差（FPE: Final prediction error）を最小とする次数と遅れ、およびパラメータの組を使用する。

40

【0051】

【数3】

$$FPE = \frac{N + n_b}{N - n_b} \cdot V \quad \cdots (3)$$

【0052】

上記式（3）において、 N はモデルの作成に用いた参照データの点数であり、 V は前記次数 n_b と遅れ n_d とパラメータ $[b_1, \cdots, b_{n_b}]$ を与えて計算した推定誤差の分散を表わす。

50

【0053】

このようにして出力誤差モデルが同定されると、ステップS2に続いて、ステップS3で、推定偏差の特性評価部22が、ステップS2で同定された出力誤差モデルを特性評価用データに適用して、入力変数 u の参照データから以下の式(4)で表わされる出力変数 z の推定値を算出する。

【0054】

【数4】

$$\hat{z}(k) = B(q)u(k - n_d) \quad \cdots (4)$$

そして、出力変数の推定偏差 d_z 、すなわち、測定値と推定値の差 $(z - \hat{z})$ について、

その統計的特性値である平均値 m_0 および分散値 σ_0^2 を算出する。これらの統計的特性値

は監視処理手段13の逐次確率比検定の処理に用いられる。

【0055】

ステップS3で出力変数の推定偏差 d_z の統計的特性値である平均および分散値が算出されると、監視モデル作成・保存ステップ(ステップS1～ステップS3)は、全処理ステップを完了して終了となる。

【0056】

図5は、監視処理手段13Aで実行される処理内容(監視処理ステップ)を示した処理フロー図である。

【0057】

図5に示されるように、監視処理ステップは、監視データを設定するステップ(ステップS11)と、出力誤差モデルによる推定偏差を算出するステップ(ステップS12)と、推定偏差 d_z の分散値の逐次確率比検定を行うステップ(ステップS13)と、仮説採択率を監視するステップ(ステップS14)とを有する。

【0058】

監視処理ステップ開始直後のステップS11では、監視実行開始後にプラントデータ入力・保存手段11によって入力されたプラントデータのうち、監視モデル作成手段12Aにおいて参照データを設定したのと同じ条件で監視に使用する入出力変数データ(以下、「監視データ」と称する。)を設定する。監視データの設定は、ユーザが入力手段4から入力して設定することによって行われ、当該監視データの設定情報は、入力手段4から第1の推定処理部25に与えられる。

【0059】

監視データの設定(ステップS11)が終わると、続くステップS12では、第1の推定処理部25が、ステップS11で設定された監視データに対して、監視モデル作成手段12Aで作成された出力誤差モデルを適用して、出力変数の推定偏差 d_z を算出する。

【0060】

出力変数の推定偏差の算出(ステップS12)が終わると、続くステップS13では、第1の推定偏差検定処理部26が、ステップS12で算出された推定偏差 d_z に対して逐次確率比検定(Sequential probability ratio test)を適用し、次のような方法で推定偏差の分散値が変化したか否かを判定する。

【0061】

より詳細には、推定偏差の時系列 $dZ_k = \{d_z(i), i = 1 \sim k\}$ が第1の推定偏差特性評価部22で求めた正常状態の特性と同じ特性を持つとする仮説 H_0 、正常状態に対して分散値が増加したとする仮説 H_1 、および正常状態に対して分散値が減少したとする仮説 H_2 の3つの間で、次式(5)で定義される対数尤度比を検定指標 $\lambda_{1,k}$ および $\lambda_{2,k}$ として算出し、これらの検定指標を予め与えた誤検出確率(False alarm rate) α と検出失敗確率(Miss alarm rate) β より後述する

10

20

30

40

50

式（７）で定まるしきい値 A、B とそれぞれ比較することにより前記仮説を検定する。

【 0 0 6 2 】

【数 5】

$$\lambda_{1k} = \ln \left[\frac{p(dZ_k | H_1)}{p(dZ_k | H_0)} \right], \quad \lambda_{2k} = \ln \left[\frac{p(dZ_k | H_2)}{p(dZ_k | H_0)} \right] \quad \cdots (5)$$

【 0 0 6 3 】

推定偏差 dZ が相互に独立な正規分布変数の場合、そしてこの仮定は監視モデルが妥当な場合にはほぼ成立し、上式（５）の $\lambda_{i,k}$ ($i = 1, 2$) は下記の逐次式（６）のよう変形される。

【 0 0 6 4 】

【数 6】

$$\lambda_{i,k} = \lambda_{i,k-1} + 0.5 \cdot \ln(\sigma_0^2 / \sigma_i^2) + 0.5 (1/\sigma_0^2 - 1/\sigma_i^2) (dz_k - m_0)^2 \quad \cdots (6)$$

m_0 、 σ_0^2 は推定偏差の特性評価部 22 で求めた正常時の平均値と分散値であり、 σ_i^2 は

仮説 H_i における変化後の分散値である。判定は次のように行う。

【 0 0 6 5 】

【数 7】

$\lambda_{i,k} \leq B$ であれば 仮説 H_0 を採択し、 $\lambda_{i,k} = 0$ とする

$\lambda_{i,k} \geq A$ であれば 仮説 H_i を採択し、 $\lambda_{i,k} = 0$ とする

$B < \lambda_{i,k} < A$ であれば 判断を保留し観測を継続する。

$$A = \ln \frac{1-\beta}{\alpha}, \quad B = \ln \frac{\beta}{1-\alpha} \quad \cdots (7)$$

【 0 0 6 6 】

推定偏差 dZ の分散値が変化したか否かの判定（ステップ S 1 3）が終わると、続くステップ S 1 4 では、仮説採択率判定部 27 が予め与えられた時間幅内における分散変化仮説 H_i ($i = 1, 2$) の採択率を算定し、算定した仮説採択率が管理しきい値を超えた場合に異常と判断することによって異常を検出する。

【 0 0 6 7 】

推定偏差 dZ が相互に独立な正規分布変数の場合、正常状態において一定の時間幅内での分散変化仮説の採択率は二項分布に従い、同時時間幅内での総採択回数と誤検出確率 α で決まる。ここでは分散変化仮説の採択率に対して二項分布の分散値も考慮して決まる正常時の誤判定率を管理しきい値として設定し、監視を行う。

【 0 0 6 8 】

仮説採択率を監視するステップ（ステップ S 1 4）が終わると、監視処理ステップ（ステップ S 1 1 ～ステップ S 1 4）は、全処理ステップを完了して終了となる。

【 0 0 6 9 】

図 6 は、第 1 のプラント監視装置 1 A の監視処理結果の一例を示す図であって、どの様にプラント 2 を監視するかを説明する説明図である。より詳細には、図 6 (a) ～ (e) の何れの図も横軸をステップ数としたグラフであって、それぞれ縦軸を、図 6 (a) では出力（測定値（実線）28、推定値（破線）29）とし、図 6 (b) では入力とし、図 6

10

20

30

40

50

(c)では推定偏差とし、図6(d)では検定指標とし、図6(e)では仮説採択率として表わしたものである。また、図7は図6(a)の900ステップから1100ステップの範囲を拡大して示した部分拡大図である。

【0070】

図6に示される監視結果は、1~999ステップまでは正常状態にあり、1000ステップ目以降でプラントの伝達ゲインが約20%低下した場合のデータに対する結果の一例である。

【0071】

図6(a)および図7に示される実線は測定値28であり、破線は図6(b)に示される入力変数を監視モデルに適用して式(4)で求めた推定値29である。図6(a)および図7を見ると測定値29を見ても1000ステップ目の前後で顕著な変化は見られないが、図6(c)に示されるように、推定偏差では1000ステップ辺りから大きな変化が現われており、図6(d)に示される検定指標によれば、分散増加仮説 H_1 に対する検定指標 $\lambda_{1,k}$ が同図中に破線で示されたしきい値Aを1000ステップ目以降で頻繁に超えている。ここで、前記誤検出確率 α および検出失敗確率 β はともに0.1%としている。

【0072】

図6(e)に示される仮説採択率は、400ステップの時間幅を与えて算出した分散増加仮説 H_1 の採択率であり、図6(e)によれば、仮説採択率でも同図に示された管理しきい値を1000点目以降で大きく超えており、異常が検出されている。

【0073】

本実施の形態によれば、プラントの運転条件が変化したために出力変数が変化した場合には監視モデルによる推定偏差には変化が現われないため、誤って異常と判定することはない。また、監視モデルに出力誤差モデルを用いているため、出力変数の測定信号にドリフトを生じた場合にも、推定偏差に変化が現われるため正しく検出することができ、これにより種々の異常の検出に対して適用可能である。

【0074】

さらに、監視指標に対する管理しきい値を統計的特性を考慮して設定しているため、参照データに対する依存性が小さい。逐次確率比検定の結果は、設定した誤検出率に対応して正常状態においても一定の割合で分散変化仮説が採択されるが、一定時間幅内での採択率に対して統計的特性を考慮した管理しきい値を設定しているため、一過性のノイズによる誤検出は発生せず、監視結果の信頼性が高まる。

【0075】

〔第2の実施の形態〕

本発明の第2の実施の形態に係るプラント監視装置およびプラント監視方法について説明する。尚、プラント監視装置1Bと同一の構成要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0076】

本発明の第2の実施の形態に係るプラント監視装置1Bの構成は、図1において、プラント監視装置1、監視モデル作成手段12および監視処理手段13を、それぞれ、プラント監視装置1B、監視モデル作成手段12Bおよび監視処理手段13Bと読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置1Bは、プラントデータ入力・保存手段11、監視モデル作成手段12Bおよび監視処理手段13Bを具備する。

【0077】

図8は、本発明の第2の実施の形態に係るプラント監視装置（以下、「第2の監視モデル作成手段」と称する。）1Bが具備する監視モデル作成手段12Bの構成を示した概略図である。

【0078】

図8に示されるように、第2の監視モデル作成手段12Bは、主成分分析を行い固有値の一番大きい方からの累積寄与率が予め設定した値以上となる個数 r 個までの主成分を選

10

20

30

40

50

択し対応する r 個の固有ベクトルを列に持つ負荷行列を監視モデルとして作成する第 1 の主成分分析部 3 1 と、第 1 の主成分分析部 3 1 が作成した監視モデルにより生成される推定偏差の特性を評価する第 2 の推定偏差特性評価部 3 2 とを備える。

【0079】

図 9 は、プラント監視装置 1 B に具備される監視処理手段 1 3 B（以下、「第 2 の監視処理手段」と称する。）の構成を示した概略図である。

【0080】

第 2 の監視処理手段 1 3 B は、入出力変数データに前記監視モデル作成手段 1 2 B で作成された監視モデルを適用して入出力変数に相当する監視変数の推定偏差を算出する第 2 の出力推定偏差算出部 3 5 と、前記推定偏差に対して逐次確率比検定を適用して推定偏差の分散値が変化したか否かの仮説を検定する第 2 の推定偏差検定処理部 3 6 と、前記逐次確率比検定の結果の分散変化仮説の採択率を算定し、採択率が管理しきい値を超えた状態を異常と判定することによって異常を検出する仮説採択率判定部 2 7 とを備える。

【0081】

プラント監視装置 1 B が実行する処理内容は、プラント監視装置 1 A で実行される処理内容に対して、作成され適用される監視モデルが異なるものの、本質的な処理ステップについては同様である。すなわち、プラント監視装置 1 B では、まず、プラントデータ入力・保存ステップが実行され、続いて、監視モデル作成・保存ステップが実行され、当該処理ステップでは、プラントデータ入力・保存手段 1 1 に保存される履歴データを使ってプラント 2 の監視実行に必要な監視モデルとなる負荷行列が第 2 の監視モデル作成手段 1 2 B によって作成され保存される。

【0082】

監視モデル作成・保存ステップに続いては、監視処理ステップが実行され、当該処理ステップでは、第 2 の監視処理手段 1 3 B によって、第 2 の監視モデル作成手段 1 2 B に保存された監視モデルを適用したプラント 2 の異常の検出がなされる。監視処理ステップ後は、監視処理結果出力ステップおよび監視処理結果表示ステップが実行され、第 2 の監視処理手段 1 3 B がプラント 2 の異常の有無の検出を行った結果が表示装置 3 の表示部に表示される。

【0083】

次に、第 2 の監視モデル作成手段 1 2 B で実行される処理内容（以下、「第 2 の監視モデル作成・保存ステップ」と称する。）および第 2 の監視処理手段 1 3 B で実行される処理内容（「第 2 の監視処理ステップ」と称する。）について、より詳細に説明する。

【0084】

図 10 は、第 2 の監視モデル作成手段 1 2 B で実行される第 2 の監視モデル作成・保存ステップを示した処理フロー図である。

【0085】

図 10 に示されるように、第 2 の監視モデル作成・保存ステップは、参照データを設定するステップ（ステップ S 2 1）と、主成分分析をするステップ（ステップ S 2 2）と、寄与率の大きな主成分に対する負荷行列を構成するステップ（ステップ S 2 3）と、ステップ S 2 3 で構成された負荷行列（監視モデル）を適用した場合における推定偏差を算出するステップ（ステップ S 2 4）と、ステップ S 2 4 で算出された推定偏差の特性評価を行うステップ（ステップ S 2 5）とを有する。

【0086】

第 2 の監視モデル作成・保存ステップは、開始直後のステップ S 2 1 では、プラント 2 の動的および静的特性に関する事前知識を基に、履歴データのうちでプラントの運転条件の変化を直接的に表わす変数およびその影響を受けて変化する変数を含む監視変数 x を定義し、これらの集合を参照データとして設定するとともに、参照データを第 1 の主成分分析部 3 1 において使用するモデル作成用データと、推定偏差の特性評価部 3 2 において使用する特性評価用データ X に分割する。参照データの設定は、ユーザが入力手段 4 から入力して設定することによって行われ、当該参照データの設定情報は、入力手段 4 から出力

第 1 の主成分分析部 3 1 および第 2 の推定偏差特性評価部 3 2 に与えられる。

【0087】

ステップ S 2 1 に続いて、ステップ S 2 2 では、第 1 の主成分分析部 3 1 が、モデル作成用データを用いて、主成分分析を行う。そして、ステップ S 2 3 では、第 1 の主成分分析部 3 1 が、固有値の一番大きい方からの累積寄与率、すなわち、順に固有値を加算した値が全固有値の総和に占める割合が予め設定した値以上となる個数 r 個までの主成分を選択し、対応する r 個の固有ベクトルを列に持つ負荷行列 A を構築する。ステップ S 2 3 で構築された負荷行列 A がプラント監視装置 1 B で適用される監視用モデルとなる。

【0088】

【数 8】

10

ステップ S 2 3 に続いて、ステップ S 2 4 では、第 2 の推定偏差特性評価部 3 2 が、ステップ S 2 3 で構築された負荷行列 A をステップ S 2 1 で設定した特性評価用データ X に

適用し、以下の式 (8) で与えられる、測定値 X と推定値 $\hat{X}$ との差である推定偏差 dX を算出する。

$$dX = X - \hat{X} = X \cdot (I - AA^T) \quad \cdots (8)$$

20

【0089】

ステップ S 2 4 に続いて、ステップ S 2 5 では、第 2 の推定偏差特性評価部 3 2 が、ステップ S 2 4 で算出された推定偏差の統計的特性値である平均値と分散値を算出する。これらの特性値は第 2 の監視処理手段 1 3 B の逐次確率比検定の処理に用いられる。ステップ S 2 5 で推定偏差 dX の統計的特性値である平均および分散値が算出されると、第 2 の監視モデル作成・保存ステップ (ステップ S 2 1 ~ ステップ S 2 5) は、全処理ステップを完了して終了となる。

【0090】

図 1 1 は、第 2 の監視処理手段 1 3 B で実行される第 2 の監視処理ステップを示した処理フロー図である。

30

【0091】

図 1 1 に示されるように、第 2 の監視処理ステップは、監視データを設定するステップ (ステップ S 3 1) と、負荷行列による推定偏差を算出するステップ (ステップ S 3 2) と、推定偏差 dX の分散値の逐次確率比検定を行うステップ (ステップ S 3 3) と、仮説採択率を監視するステップ (ステップ S 1 4) とを有する。

【0092】

監視処理ステップ開始直後のステップ S 3 1 では、監視実行開始後にプラントデータ入力・保存手段 1 1 により入力されたプラントデータのうち、前記監視モデル作成手段 2 において参照データを設定したのと同じ監視変数に対する監視データを設定する。監視データの設定は、ユーザが入力手段 4 から入力して設定することによって行われ、当該監視データの設定情報は、入力手段 4 から第 2 の推定処理部 3 5 に与えられる。

40

【0093】

監視データの設定 (ステップ S 3 1) が終わると、続くステップ S 3 2 では、第 2 の出力推定算出部 3 5 が、監視データに対して、第 2 の監視モデル作成手段 1 2 B によって作成された監視モデル (負荷行列) を適用して監視変数の推定偏差 dX を算出する。

【0094】

監視変数の推定偏差の算出 (ステップ S 3 2) が終わると、続くステップ S 3 3 では、第 2 の推定偏差検定処理部 3 6 が、ステップ S 3 2 で算出された推定偏差 dX に対して逐次確率比検定を適用し、推定偏差の分散値が変化したか否かを判定する。判定手法は、ステップ S 1 3 の場合と実質的に同様である。

50

【0095】

推定偏差 dX の分散値が変化したか否かの判定（ステップ S 3 3）が終わると、続くステップ S 1 4 では、仮説採択率判定部 2 7 が予め与えられた時間幅内における分散変化仮説 H_i （ $i = 1, 2$ ）の採択率を算定し、算定した仮説採択率が管理しきい値を超えた場合に異常と判断することによって異常を検出する。仮説採択率を監視するステップ（ステップ S 1 4）が終わると、第 2 の監視処理ステップ（ステップ S 3 1 ～ステップ S 1 4）は、全処理ステップを完了して終了となる。

【0096】

図 1 2 は、第 2 のプラント監視装置 1 B が、どの様にプラント 2 を監視するかを説明する説明図であって、第 1 のプラント監視装置 1 A の監視処理結果の一例を示した図 6 に相当する図である。

10

【0097】

より詳細には、図 1 2（a）～（e）の何れの図も横軸をステップ数としたグラフであって、それぞれ縦軸を、図 1 2（a）では、プラント 2 の運転条件の変化の影響を受けて変化する出力相当の変数 z とし、図 1 2（b）ではプラント 2 の運転条件の変化を直接表わす入力相当の変数 u とし、図 1 2（c）では推定偏差とし、図 1 2（d）では検定指標とし、図 1 2（e）では仮説採択率として表わしたものである。

【0098】

図 1 2 に示される例では監視変数 x として

【数 9】

20

$$x(t) = [z(t-1) \quad u(t-1) \quad z(t)] \cdots (9)$$

と異なる時間の測定値を与え、主成分分析によって得られる 3 つの主成分のうち、寄与率の大きな 2 つの主成分に対応する固有ベクトルより負荷行列を構成している。

【0099】

図 1 2 で示される例の場合、2 つの主成分の累積寄与率は 99% 以上となった。図 1 2（c）乃至（e）においても、プラント 2 の出力変数に相当する変数 z の推定偏差 $d z$ には異常が発生した 1000 ステップ目以降で大きな変化が現われている。特に図 1 2（d）に示される推定偏差 $d z$ の分散増加仮説に対する検定指標は 1000 ステップ目以降で非常に大きな値を示している。図 1 2（e）に示される仮説採択率は、400 ステップの時間幅を与えて算出した分散増加仮説の採択率であり、同図中に破線で示された管理しきい値を 1000 ステップ目以降で大きく超えており、これにより異常が検出されている。

30

【0100】

本実施の形態によれば、プラントの運転条件が変化したために出力変数が変化した場合には監視モデルによる推定が良好に行われるために推定偏差には変化が現われず、従って誤って異常と判定することはない。

【0101】

また、監視変数をプラントの入出力変数に相当する変数より構成することにより、出力変数相当の変数の測定信号にドリフトを生じた場合には推定偏差に変化が現われるため、正しく異常として検出することができる。このように種々の異常に対して適用が可能である。

40

【0102】

さらに、監視指標に対する管理しきい値を統計的特性を考慮して設定しているため、参照データに対する異常検出性能の依存性が小さい。また、逐次確率比検定の結果から一定時間幅内での採択率を求め、その統計的特性を考慮した管理しきい値を設定して監視しているために、一過性のノイズによる誤検出は発生せず、監視結果の信頼性が高い。このように、本実施の形態においても、第 1 の実施の形態と同様の効果を奏し得る。

【0103】

50

〔第 3 の実施の形態〕

本発明の第 3 の実施の形態に係るプラント監視装置およびプラント監視方法について説明する。尚、プラント監視装置 1 A、1 B と同一の構成要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0104】

本発明の第 3 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 C の構成は、図 1 において、プラント監視装置 1、監視モデル作成手段 1 2 および監視処理手段 1 3 を、それぞれ、プラント監視装置 1 C、監視モデル作成手段 1 2 C および監視処理手段 1 3 C と読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置 1 C は、プラントデータ入力・保存手段 1 1、監視モデル作成手段 1 2 C および監視処理手段 1 3 C を具備する。

10

【0105】

図 1 3 は、本発明の第 3 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 C が具備する監視モデル作成手段（以下、「第 3 の監視モデル作成手段」と称する。）1 2 C の構成を示した概略図である。

【0106】

図 1 3 に示されるように、監視モデル作成手段 1 2 C は、主成分分析を行い固有値の一番小さい方からの累積寄与率が予め設定した値以下となる個数 s 個までの主成分を選択し、対応する s 個の固有ベクトルを列に持つ負荷行列を監視モデルとして作成する第 2 の主成分分析部 4 1 と、第 2 の主成分分析部 4 1 が作成した監視モデルにより生成される主成分得点の特性評価を行う主成分得点特性評価部 4 2 を備える。

20

【0107】

図 1 4 は、プラント監視装置 1 C に具備される監視処理手段 1 3 C（以下、「第 3 の監視処理手段」と称する。）の構成を示した概略図である。

【0108】

監視処理手段 1 3 C は、監視変数のデータに監視モデル作成手段 1 2 C で作成された監視モデルを適用して主成分得点を算出する主成分得点算出部 4 5 と、主成分得点算出部 4 5 が算出した主成分得点に対して逐次確率比検定を適用して前記主成分得点の分散値が変化したか否かの仮説を検定する主成分得点検定処理部 4 6 と、前記逐次確率比検定の結果の分散変化仮説の採択率を算定し、採択率が管理しきい値を超えた状態を異常と判定することによって異常を検出する仮説採択率判定部 2 7 とを備える。

30

【0109】

プラント監視装置 1 C が実行する処理内容は、プラント監視装置 1 B で実行される処理内容に対して、作成され適用される監視モデルが異なるものの、本質的な処理ステップについては同様である。すなわち、プラント監視装置 1 C では、まず、プラントデータ入力・保存ステップが実行され、続いて、監視モデル作成・保存ステップが実行され、当該処理ステップでは、プラントデータ入力・保存手段 1 1 に保存される履歴データを使ってプラント 2 の監視実行に必要な監視モデルとなる負荷行列が第 3 の監視モデル作成手段 1 2 C によって作成され保存される。

【0110】

監視モデル作成・保存ステップに続いては、監視処理ステップが実行され、当該処理ステップでは、第 3 の監視処理手段 1 3 C によって、第 3 の監視モデル作成手段 1 2 C に保存された監視モデルを適用したプラント 2 の異常の検出がなされる。監視処理ステップ後は、監視処理結果出力ステップおよび監視処理結果表示ステップが実行され、第 3 の監視処理手段 1 3 C がプラント 2 の異常の有無の検出を行った結果が表示装置 3 の表示部に表示される。

40

【0111】

次に、第 3 の監視モデル作成手段 1 2 C で実行される処理内容（以下、「第 3 の監視モデル作成・保存ステップ」と称する。）および第 3 の監視処理手段 1 3 C で実行される処理内容（「第 3 の監視処理ステップ」と称する。）について、より詳細に説明する。

【0112】

50

図 15 は、第 3 の監視モデル作成手段 12C で実行される第 3 の監視モデル作成・保存ステップを示した処理フロー図である。

【0113】

図 15 に示されるように、第 3 の監視モデル作成・保存ステップは、参照データを設定するステップ（ステップ S21）と、主成分分析をするステップ（ステップ S22）と寄与率の小さな主成分に対する負荷行列を構成するステップ（ステップ S43）と、ステップ S43 で構成された負荷行列（監視モデル）を適用した場合における主成分得点を算出するステップ（ステップ S44）と、ステップ S44 で算出された主成分得点の特性評価を行うステップ（ステップ S45）とを有する。

【0114】

第 3 の監視モデル作成・保存ステップでは、まず、第 2 の監視モデル作成・保存ステップと同様に、ステップ S21 およびステップ S22 が実行される。ステップ S22 の主成分分析が終わると、続くステップ S43 で、第 2 の主成分分析部 41 が、ステップ S22 で行われた主成分分析の結果に基づき、固有値の一番小さい方からの累積寄与率が予め設定した値以下となる個数 s 個までの主成分を選択し、対応する s 個の固有ベクトルを列に持つ負荷行列 A を構成する。ステップ S43 で構築された負荷行列 A がプラント監視装置 1C で適用される監視用モデルとなる。

【0115】

ステップ S43 に続いて、ステップ S44 では、主成分得点検定処理部 46 が、ステップ S43 で構築された負荷行列 A をステップ S21 で設定した特性評価用データ X に適用し、以下の式（10）で与えられる主成分得点 T を算出する。

【数 10】

$$T = X \cdot A \quad \cdots (10)$$

【0116】

ステップ S44 に続いて、ステップ S45 では、主成分得点検定処理部 46 が、ステップ S44 で算出された主成分得点 T の統計的特性値である平均値と分散値を算出する。これらの特性値は第 3 の監視処理手段 13C の逐次確率比検定の処理に用いられる。

【0117】

ステップ S45 で主成分得点 T の統計的特性値である平均および分散値が算出されると、第 3 の監視モデル作成・保存ステップ（ステップ S21 ～ステップ S45）は、全処理ステップを完了して終了となる。

【0118】

図 16 は、第 3 の監視処理手段 13C で実行される第 3 の監視処理ステップを示した処理フロー図である。

【0119】

図 16 に示されるように、第 3 の監視処理ステップは、監視データを設定するステップ（ステップ S31）と、負荷行列による主成分得点を算出するステップ（ステップ S52）と、主成分得点分散値の逐次確率比検定を行うステップ（ステップ S53）と、仮説採択率を監視するステップ（ステップ S14）とを有する。

【0120】

第 3 の監視処理ステップでは、まず、第 2 の監視処理ステップと同様に、ステップ S31 が実行される。監視データの設定（ステップ S31）が終わると、続くステップ S52 では、主成分得点算出部 45 が、監視データに対して前記監視モデル作成手段 12C で作成された負荷行列を適用して主成分得点を算出する。

【0121】

負荷行列による主成分得点の算出（ステップ S52）が終わると、続くステップ S53 では、主成分得点検定処理部 46 が、ステップ S52 で算出された主成分得点に対して逐次確率比検定を適用し、主成分得点の分散値が変化したか否かを判定する。主成分得点の分散値が変化したか否かの判定（ステップ S53）が終わると、続いてステップ S14 が

10

20

30

40

50

実行され、ステップ S 1 4 が終わると、第 3 の監視処理ステップ（ステップ S 3 1 ～ステップ S 1 4）は、全処理ステップを完了して終了となる。

【0122】

第 2 のプラント監視装置 1 B が正常時の変数間の相関関係では説明の付けられない、新たな成分が異常の影響により発生したことを検出するのに対し、第 3 のプラント監視装置 1 C は、正常時にはほとんど認められないほど小さかった相関成分が異常の発生によって増大したことを検出するものといえる。

【0123】

図 1 7 は、第 3 のプラント監視装置 1 C が、どの様にプラント 2 を監視するかを説明する説明図であって、第 1 のプラント監視装置 1 A の監視処理結果の一例を示した図 6 や第 2 のプラント監視装置 1 B の監視処理結果の一例を示した図 1 2 に相当する図である。

10

【0124】

より詳細には、図 1 7 (a) ～ (e) の何れの図も横軸をステップ数としたグラフであって、それぞれ縦軸を、図 1 7 (a) では、プラント 2 の運転条件の変化の影響を受けて変化する出力相当の変数 z とし、図 1 7 (b) ではプラント 2 の運転条件の変化を直接表わす入力相当の変数 u とし、図 1 7 (c) では主成分得点とし、図 1 7 (d) では検定指標とし、図 1 7 (e) では仮説採択率として表わしたものである。

【0125】

尚、監視変数 x は図 1 2 の場合と同様に式 (9) により構成した例であって、最小固有値に対応する固有ベクトルより負荷行列を構成している。図 1 2 で示される例の場合には、2 つの主成分の累積寄与率は 99% 以上となったが、図 1 7 に示される例では、累積寄与率は 1% 以下のため、図 1 7 (a) および図 1 7 (b) に示される推定値 2.9 は、測定値 2.8 とは大きく異なる（乖離している）。

20

【0126】

図 1 7 (c) に示される主成分得点 T には異常が発生した 1000 ステップ目以降で大きな変化が現われており、図 1 7 (d) に示される主成分得点の分散増加仮説に対する検定指標は 1000 ステップ目以降で非常に大きな値を示している。また、図 1 7 (e) に示される仮説採択率は、400 ステップの時間幅を与えて算出した分散増加仮説の採択率であり、同図中に破線で示された管理しきい値を 1000 ステップ目以降で大きく超えており、これにより異常が検出されている。

30

【0127】

本実施の形態によれば、監視変数をプラントの入出力変数に相当する変数によって構成することで、出力変数相当の変数の測定信号にドリフトを生じた場合にも推定偏差に変化が現われるため、正しく検出することができ、種々の異常に対して適用可能である。

【0128】

また、監視指標に対する管理しきい値を統計的特性を考慮して設定しているため、参照データに対する依存性が小さい。さらに、逐次確率比検定の結果から一定時間幅内での採択率を求め、その統計的特性を考慮した管理しきい値を設定して監視しているために、一過性のノイズによる誤検出は発生せず、監視結果の信頼性が高い。このように、本実施の形態においても、第 1 の実施の形態と同様の効果を奏し得る。

40

【0129】

[第 4 の実施の形態]

本発明の第 4 の実施の形態に係るプラント監視装置およびプラント監視方法について説明する。尚、プラント監視装置 1 A, 1 B, 1 C と同一の構成要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0130】

本発明の第 4 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 D の構成は、図 1 において、プラント監視装置 1、監視モデル作成手段 1 2 および監視処理手段 1 3 を、それぞれ、プラント監視装置 1 D、監視モデル作成手段 1 2 D および監視処理手段 1 3 D と読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置 1 D は、プラントデータ入力・保存手段 1 1、監視

50

モデル作成手段 1 2 D および監視処理手段 1 3 D を具備する。

【0 1 3 1】

図 1 8 は、本発明の第 4 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 D が具備する監視モデル作成手段（以下、「第 4 の監視モデル作成手段」と称する。）1 2 D の構成を示した概略図である。

【0 1 3 2】

図 1 8 に示されるように、第 4 の監視モデル作成手段 1 2 D は、第 1 の主成分分析部 3 1 と第 2 の主成分分析部 4 1 とを有して構成された主成分分析部 5 1 と、主成分分析部 5 1 が作成した監視モデルにより生成される推定偏差および主成分得点から成る統計量データ特性評価 5 2 とを備える。

10

【0 1 3 3】

統計量データ特性評価 5 2 は、第 2 の推定偏差特性評価部 3 2 および主成分得点特性評価部 4 2 が持つ機能を有しており、第 1 の主成分分析部 3 1 が作成した監視モデルにより生成される監視変数の推定偏差の特性評価については第 2 の推定偏差特性評価部 3 2 の機能を、第 2 の主成分分析部 4 1 が作成した監視モデルにより生成される主成分得点の特性評価については主成分得点特性評価部 4 2 の機能を用いて特性評価を行う。

【0 1 3 4】

図 1 9 は、プラント監視装置 1 D に具備される監視処理手段 1 3 D（以下、「第 4 の監視処理手段」と称する。）の構成を示した概略図である。

【0 1 3 5】

20

図 1 9 に示されるように、第 4 の監視処理手段 1 3 D は、入出力変数データに監視モデル作成手段 1 2 D で作成された監視モデルである負荷行列を適用して入出力変数の推定偏差および主成分得点を算出する統計量データ算出部 5 5 と、統計量データ算出部 5 5 で算出された推定偏差および主成分得点から成る統計量データに対して逐次確率比検定を適用して当該統計量データの分散値が変化したか否かの仮説を検定する統計量データ検定処理部 5 6 と、前記逐次確率比検定の結果の分散変化仮説の採択率を算定し、採択率が管理しきい値を超えた状態を異常と判定することによって異常を検出する仮説採択率判定部 2 7 とを備える。

【0 1 3 6】

統計量データ算出部 5 5 は、第 2 の出力推定偏差算出部 3 5 および主成分得点算出部 4 5 が持つ機能を有し、第 1 の主成分分析部 3 1 が作成した監視モデルを適用しての推定偏差の算出については第 2 の出力推定偏差算出部 3 5 の機能を、第 2 の主成分分析部 4 1 が作成した監視モデルを適用しての主成分得点の算出については、主成分得点算出部 4 5 の機能を用いて計算を行う。

30

【0 1 3 7】

統計量データ検定処理部 5 6 は、第 2 の推定偏差検定処理部 3 6 および主成分得点検定処理部 4 6 が持つ機能を有し、算出された推定偏差の検定については第 2 の推定偏差検定処理部 3 6 の機能を、算出された主成分得点の検定については主成分得点検定処理部 4 6 の機能を用いて計算を行う。

【0 1 3 8】

40

プラント監視装置 1 D が実行する処理内容は、他のプラント監視装置 1 A、1 B、1 C 等で実行される処理内容と同様に、まず、プラントデータ入力・保存手段 1 1 によるプラントデータ入力・保存ステップが実行され、続いて、第 4 の監視モデル作成手段 1 2 D による監視モデル作成・保存ステップが実行され、続いて、第 4 の監視処理手段 1 3 D による監視処理ステップが実行される。そして、監視処理ステップ後は、監視処理結果出力ステップおよび監視処理結果表示ステップが実行され、第 4 の監視処理手段 1 3 D がプラント 2 の異常の有無の検出を行った結果が表示装置 3 の表示部に表示される。

【0 1 3 9】

また、プラント監視装置 1 D が実行する処理内容は、プラント監視装置 1 B、1 C で実行される処理内容に対して、それぞれの一部の処理ステップを組み合わせたステップと考

50

えることができる。すなわち、第４の監視モデル作成手段１２Ｄで実行される処理内容（以下、「第４の監視モデル作成・保存ステップ」と称する。）では、まず、主成分分析部５１によって参照データを設定するステップＳ２１、主成分分析をするステップＳ２２、寄与率の大きな主成分に対する負荷行列を構成するステップＳ２３、寄与率の小さな主成分に対する負荷行列を構成するステップＳ４３が実行される。続いて、統計量データの特
性評価として統計量データ特性評価部５２によって、ステップＳ２３で構成された負荷行
列（監視モデル）を適用した場合における推定偏差を算出するステップＳ２４、ステップ
Ｓ２４で算出された推定偏差の特性評価を行うステップＳ２５、ステップＳ４３で構成さ
れた負荷行列（監視モデル）を適用した場合における主成分得点を算出するステップＳ４
４、ステップＳ４４で算出された主成分得点の特性評価を行うステップＳ４５が実行され
る。 10

【０１４０】

主成分分析部５１および統計量データ特性評価部５２が一連の処理ステップを完了すると、第４の監視モデル作成・保存ステップは終了する。換言すれば、第４の監視モデル作成・保存ステップは、第２の監視モデル作成・保存ステップと第３の監視モデル作成・保存ステップとを備え、第２の監視モデル作成・保存ステップおよび第３の監視モデル作成・保存ステップを別個に処理する処理ステップである。

【０１４１】

第４の監視処理手段１３Ｄで実行される処理内容（「第４の監視処理ステップ」と称する。）では、まず、統計量データ算出部５５によって、監視データを設定するステップＳ
３１、負荷行列による推定偏差を算出するステップＳ３２および負荷行列による主成分得
点の算出をするステップＳ５２が実行される。続いて、統計量データ検定処理部５６によ
って推定偏差 d_X の分散値の逐次確率比検定を行うステップＳ３３、主成分得点分散値の
逐次確率比検定を行うステップＳ５３が実行される。続いて、仮説採択率判定部２７が統
計量データ検定処理部５６でなされた統計量データに対する逐次確率比検定の結果の分散
変化仮説の採択率を算定し、算定した仮説採択率が管理しきい値を超えた場合に異常と判
断することによって異常を検出する。仮説採択率を監視するステップ（ステップＳ１４）
が終わると、第４の監視処理ステップは、全処理ステップを完了して終了となる。 20

【０１４２】

上述したように本実施の形態によれば、第１乃至第３の実施の形態で説明したプラント
監視装置１Ａ，１Ｂ，１Ｃおよび各プラント監視方法と同様の効果を奏する他、正常時
の変数間の相関関係では説明の付けられない新たな成分が発生するような広い範囲の異常と
、正常時にも存在する弱い相関成分が増大するようなタイプの異常の何れにも適用可能な
汎用性の高い監視が可能になる。 30

【０１４３】

〔第５の実施の形態〕

本発明の第５の実施の形態に係るプラント監視装置およびプラント監視方法について説
明する。尚、プラント監視装置１Ａ，１Ｂ，１Ｃ，１Ｄと同一の構成要素には同一の符号
を付し、重複する説明は省略する。

【０１４４】

本発明の第５の実施の形態に係るプラント監視装置１Ｅの構成は、図１において、プラ
ント監視装置１、監視モデル作成手段１２および監視処理手段１３を、それぞれ、プラ
ント監視装置１Ｅ、監視モデル作成手段１２Ｅおよび監視処理手段１３Ｅと読み替えた構
成である。すなわち、プラント監視装置１Ｅは、プラントデータ入力・保存手段１１、監視
モデル作成手段１２Ｅおよび監視処理手段１３Ｅを具備する。 40

【０１４５】

図２０は、本発明の第５の実施の形態に係るプラント監視装置１Ｅの概略を示しており
、特にプラント監視装置１Ｅが具備する監視モデル作成手段（以下、「第５の監視モデル
作成手段」と称する。）１２Ｅの構成を詳細に示した概略図である。

【０１４６】

図 20 に示されるように、第 5 の監視モデル作成手段 12 E は、出力誤差モデル同定部 21 および第 1 の推定偏差特性評価部 22 に加え、プラント 2 の運転状態の変化を直接的に引き起こす入力変数特性を評価する入力変数特性評価部 58 をさらに備えたものである。すなわち、第 5 の監視モデル作成手段 12 E は、第 1 の監視モデル作成手段 12 A に、入力変数特性評価部 58 をさらに備えて構成される。

【0147】

図 21 は、プラント監視装置 1 E の概略を示しており、特にプラント監視装置 1 E が具備する監視処理手段 13 E（以下、「第 5 の監視処理手段」と称する。）の構成を詳細に示した概略図である。

【0148】

図 21 に示されるように、第 5 の監視処理手段 13 E は、第 1 の監視処理手段 13 A と、入力変数特性の異常の有無について監視する入力異常監視処理手段 60 を備える。

【数 11】

入力異常監視処理手段 60 は、予め与えられた時間幅 n 点内の入力変数 u の平均値を $\bar{u}$ として以下の数式 (11) で表わされる統計量

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2 / \sigma_u^2 \quad \cdots (11)$$

を算出する統計量算出部 61 と、与えられた誤検出率 α と、自由度 $n - 1$ のカイ 2 乗分布表より

$$P(\chi^2 \leq \chi_1^2) = \alpha/2, \quad P(\chi^2 \geq \chi_2^2) = \alpha/2 \quad \cdots (12)$$

を満足する χ_1^2 、 χ_2^2 を求め、 $\chi^2 \leq \chi_1^2$ または $\chi^2 \geq \chi_2^2$ ならば分散値が変化したとする仮説を検定する仮説検定処理部 62 と、仮説検定処理部 62 が検定した分散変化仮説の採択率を算定し、採択率が管理しきい値を超えた状態を異常と判定することによって異常を検出する仮説採択率判定部 27 とを備える。

【0149】

プラント監視装置 1 E が実行する処理内容は、他のプラント監視装置 1 A、1 B、1 C、1 D 等で実行される処理内容と同様に、まず、プラントデータ入力・保存手段 11 によるプラントデータ入力・保存ステップが実行され、続いて、第 5 の監視モデル作成手段 12 E による監視モデル作成・保存ステップが実行され、続いて、第 5 の監視処理手段 13 E による監視処理ステップが実行される。そして、監視処理ステップ後は、監視処理結果出力ステップおよび監視処理結果表示ステップが実行され、第 5 の監視処理手段 13 E がプラント 2 の異常の有無の検出を行った結果が表示装置 3 の表示部に表示される。

【0150】

【数 12】

第 5 の監視モデル作成手段 12 E による監視モデル作成・保存ステップにおいて、出力誤差モデル同定部 21 および第 1 の推定偏差特性評価部 22 が行う処理内容については、第 1 の実施の形態で説明した通りである。入力変数特性評価部 58 は、正常運転状態における参照データから、予め与えられた時間幅内での前記入力変数の分散値の平均値 σ_u^2 を算出する。

【0151】

第5の監視処理手段13Eによる監視処理ステップのうち、第1の監視処理手段13Aが行う処理内容については、第1の実施の形態で説明した通りである。プラント監視装置1Eでは、プラント2の入力変数の測定値から出力誤差モデルによりプラント2の出力変数の値を推定し、出力変数の測定値と推定値との偏差を監視することにより、入力変数の変化では説明の付けられない出力変数の変化を監視する。つまり、第1の監視処理手段13Aでは、入出力変数の変化が出力誤差モデルに従っている限りは、入力変数がどのような変化をしても異常は検出されない。

【0152】

これに対して、入力異常監視処理手段60では、予め与えられた時間幅内における入力変数の分散値が正常状態における分散値と同じか否かを分散検定により監視する。分散検定は次のように行う。

【数13】

まず、統計量算出部61が上述した数式(11)で表わされる統計量を算出する。続いて、仮説検定処理部62が上述した数式(12)を満たす χ_1^2 、 χ_2^2 を求め、 $\chi^2 \leq \chi_1^2$ または $\chi^2 \geq \chi_2^2$ ならば分散値が変化したとする仮説を検定する。続いて、仮説採択率判定部27が、仮説検定処理部62で検定された分散変化仮説の採択率を算定し、採択率が管理しきい値を超えているか否かを判定することによって異常を検出する。管理しきい値は第1の実施の形態において説明したのと同様に設定する。

【0153】

図22は、第5のプラント監視装置1Eの入力異常監視処理結果の一例を示した図であって、入力変数の分散値が変化した場合のデータに適用した例を示している。

【0154】

図22(a)が入力変数の測定値を示すグラフ、図22(b)が式(11)で算出される分散監視指標を示すグラフ、図22(c)が前記の分散変化仮説の採択率、すなわち異常検出率である。図22(c)では式(12)のnを200ステップ、異常検出率を算出する時間幅を400ステップとしている。図22によれば、異常が発生した1000ステップ目以降で異常検出率が大きく変化を始めており、破線で示された管理しきい値を超えた時点で異常と検出されている。

【0155】

上述したように、本実施の形態によれば第1の実施の形態と同様の効果を奏する他、第1の実施の形態では検出できないプラントの入力変数の異常な変化も検出することができる。

【0156】

〔第6の実施の形態〕

本発明の第6の実施の形態に係るプラント監視装置およびプラント監視方法について説明する。尚、プラント監視装置1A、1B、1C、1D、1Eと同一の構成要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0157】

本発明の第6の実施の形態に係るプラント監視装置1Fの構成は、図1において、プラント監視装置1、監視モデル作成手段12および監視処理手段13を、それぞれ、プラント監視装置1F、監視モデル作成手段12Fおよび監視処理手段13Fと読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置1Fは、プラントデータ入力・保存手段11、監視モデル作成手段12Fおよび監視処理手段13Fを具備する。

【0158】

図23は、本発明の第6の実施の形態に係るプラント監視装置1Fと、プラント監視装置1Fが具備する監視モデル作成手段(以下、「第6の監視モデル作成手段」と称する。)12Fおよび監視処理手段13F(以下、「第6の監視処理手段」と称する。)の構成

を示した概略図である。

【0159】

第6の監視モデル作成手段12Fは、図23に示されるように、主成分分析部51と、統計量データ特性評価部52と、入力変数特性評価部58を備えて構成される。また、第6の監視処理手段13Fは、第4の監視処理手段13Dと、入力異常監視処理手段60とを備えて構成される。

【0160】

プラント監視装置1Fが実行する処理内容は、他のプラント監視装置1A, 1B, 1C, 1D, 1E等で実行される処理内容と同様に、まず、プラントデータ入力・保存手段11によるプラントデータ入力・保存ステップが実行され、続いて、第6の監視モデル作成手段12Fによる監視モデル作成・保存ステップ（以下、「第6の監視モデル作成・保存ステップ」と称する。）、続いて、第6の監視処理手段13Fによる監視処理ステップ（「第6の監視処理ステップ」と称する。）が実行される。

【0161】

第6の監視処理ステップが実行された後は、監視処理結果出力ステップおよび監視処理結果表示ステップが実行され、第6の監視処理手段13Fがプラント2の異常の有無の検出を行った結果が表示装置3の表示部に表示される。

【0162】

第6の監視モデル作成・保存ステップのうち、主成分分析手段51および統計量データ特性評価部52が実行する処理内容は、第4の監視モデル作成・保存ステップと同様に実行される処理内容である。また、入力変数特性評価部58が実行する処理内容は、第5の監視モデル作成手段12Eによる監視モデル作成・保存ステップと同様に実行される処理内容である。

【0163】

一方、第6の監視処理ステップのうち、第4の監視処理手段13Dが実行する処理内容については、第4の監視処理ステップと同様に実行される処理内容であり、入力異常監視処理手段60が実行する処理内容については、第5の監視処理ステップで説明したように、予め与えられた時間幅内における入力変数の分散値が正常状態における分散値と同じか否かを分散検定により監視する。

【0164】

上述したように、本実施の形態によれば第4の実施の形態と同様の効果を奏する他、第4の実施の形態では検出できないプラントの入力変数の異常な変化も検出することができる。

【0165】

また、上述した第2の実施の形態および第3の実施の形態においては、主成分分析の対象として、プラントの入力変数 u と出力変数 z の異なる時間の測定値より式(9)のように構成した監視変数 x を用いたが、入出力関係が必ずしも明確ではないプラントにおいては全てを出力変数 z とみなして、以下の式(13)又は(14)で示されるように、監視変数を構成してもよい。

[数14]

$$x(t) = z(t) \quad \cdots (13)$$

又は

$$x(t) = [z(t-1) \quad z(t)] \quad \cdots (14)$$

【0166】

さらに、プラント2の動特性に比べてプラントデータの入力時間間隔が短いような場合には、以下の式(15)で示されるように、より長い区間のデータで監視変数を構成してもよい。

[数15]

$$x(t) = [z(t-h) \quad \cdots \quad z(t-1) \quad z(t)] \quad \cdots (15)$$

【0167】

尚、本発明は上記の各実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化しても良い。例えば、図1に示すプラント監視装置1の例では、プラント監視装置1と表示装置3とは独立した装置として示されているが、一体的な装置として構成される場合もある。すなわち、プラント監視装置1は、表示装置3又はこれと同等の機能を有する表示手段を具備していても良い。

【0168】

また、上記の各実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成したり、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除したりすることによって本発明を構成しても良い。

【0169】

さらに、上述した各実施形態において記載した手法は、コンピュータに実行させることのできるプログラムとして、例えば磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリなどの記憶媒体に書き込んで各種装置に適用したり、通信媒体により伝送して各種装置に適用することも可能である。本装置を実現するコンピュータは、記憶媒体に記録されたプログラムを読み込み、このプログラムによって動作が制御されることにより、上述した処理を実行する。

【図面の簡単な説明】

【0170】

【図1】本発明に係るプラント監視装置の基本構成を示した概略図。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視モデル作成手段の概略図。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視処理手段の概略図。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視モデル作成手段が実行する処理内容を示した処理フロー図。

【図5】本発明の第1の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視処理手段が実行する処理内容を示した処理フロー図。

【図6】本発明の第1の実施の形態に係るプラント監視装置の監視処理結果の一例を示した図であって、(a)は縦軸を出力(測定値, 推定値), 横軸をステップ数としたグラフ、(b)は縦軸を入力, 横軸をステップ数としたグラフ、(c)は縦軸を推定偏差, 横軸をステップ数としたグラフ、(d)は縦軸を検定指標, 横軸をステップ数としたグラフ、(e)は縦軸を仮説採択率, 横軸をステップ数としたグラフ。

【図7】図6(a)のグラフにおいて900ステップから1100ステップの範囲を拡大して示した部分拡大図。

【図8】本発明の第2の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視モデル作成手段の概略図。

【図9】本発明の第2の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視処理手段の概略図。

【図10】本発明の第2の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視モデル作成手段が実行する処理内容を示した処理フロー図。

【図11】本発明の第2の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視処理手段が実行する処理内容を示した処理フロー図。

【図12】本発明の第2の実施の形態に係るプラント監視装置の監視処理結果の一例を示した図であって、(a)は縦軸を出力(測定値, 推定値), 横軸をステップ数としたグラフ、(b)は縦軸を入力, 横軸をステップ数としたグラフ、(c)は縦軸を推定偏差, 横軸をステップ数としたグラフ、(d)は縦軸を検定指標, 横軸をステップ数としたグラフ、(e)は縦軸を仮説採択率, 横軸をステップ数としたグラフ。

【図13】本発明の第3の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視モデル作成手段の概略図。

【図14】本発明の第3の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視処理手段

10

20

30

40

50

の概略図。

【図 1 5】本発明の第 3 の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視モデル作成手段が実行する処理内容を示した処理フロー図。

【図 1 6】本発明の第 3 の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視処理手段が実行する処理内容を示した処理フロー図。

【図 1 7】本発明の第 3 の実施の形態に係るプラント監視装置の監視処理結果の一例を示した図であって、(a) は縦軸を出力 (測定値, 推定値), 横軸をステップ数としたグラフ、(b) は縦軸を入力 (測定値, 推定値), 横軸をステップ数としたグラフ、(c) は縦軸を推定偏差, 横軸をステップ数としたグラフ、(d) は縦軸を検定指標, 横軸をステップ数としたグラフ、(e) は縦軸を仮説採択率, 横軸をステップ数としたグラフ。

10

【図 1 8】本発明の第 4 の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視モデル作成手段の概略図。

【図 1 9】本発明の第 4 の実施の形態に係るプラント監視装置に具備される監視処理手段の概略図。

【図 2 0】本発明の第 5 の実施の形態に係るプラント監視装置と、プラント監視装置に具備される監視モデル作成手段の概略図。

【図 2 1】本発明の第 5 の実施の形態に係るプラント監視装置と、プラント監視装置に具備される監視処理手段の概略図。

【図 2 2】本発明の第 5 の実施の形態に係るプラント監視装置の入力異常監視処理結果の一例を示した図であって、(a) は縦軸を入力 (測定値, 推定値), 横軸をステップ数としたグラフ、(b) は縦軸を分散監視指標, 横軸をステップ数としたグラフ、(e) は縦軸を異常検出率, 横軸をステップ数としたグラフ。

20

【図 2 3】本発明の第 6 の実施の形態に係るプラント監視装置と、プラント監視装置に具備される監視モデル作成手段および監視処理手段の概略図。

【符号の説明】

【0 1 7 1】

1 (1 A ~ 1 F) プラント監視装置

2 プラント

3 表示装置

4 入力手段

30

1 1 プラントデータ入力・保存手段

1 2 (1 2 A ~ 1 2 F) 監視モデル作成手段

1 3 (1 3 A ~ 1 3 F) 監視処理手段

2 1 出力誤差モデル同定部

2 2 第 1 の推定偏差特性評価部

2 5 第 1 の出力推定偏差算出部

2 6 第 1 の推定偏差検定処理部

2 7 仮説採択率判定部

3 1 第 1 の主成分分析部

3 2 第 2 の推定偏差特性評価部

40

3 5 第 2 の出力推定偏差算出部

3 6 第 2 の推定偏差検定処理部

4 1 第 2 の主成分分析部

4 2 主成分得点特性評価部

4 5 主成分得点算出部

4 6 主成分得点検定処理部

5 1 主成分分析部

5 2 統計量データ特性評価部

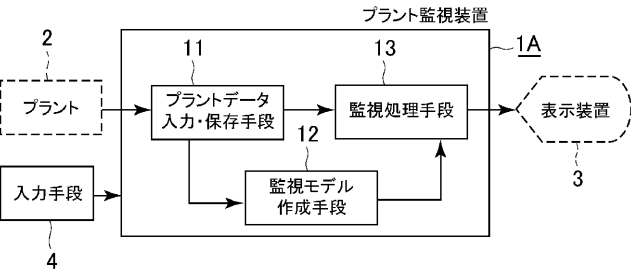
5 5 統計量データ算出部

5 6 統計量データ検定処理部

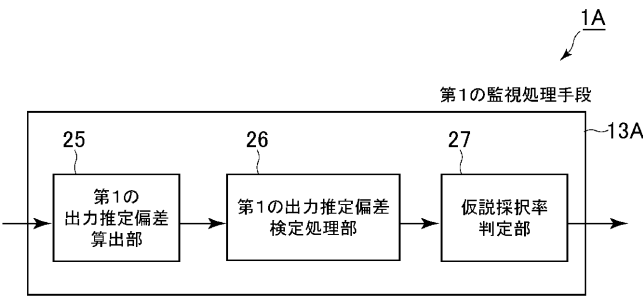
50

- 5 8 入力変数特性評価部
- 6 0 入力異常監視処理手段
- 6 1 統計量算出部
- 6 2 仮説検定処理部

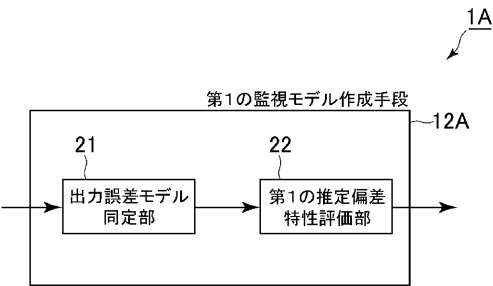
【 図 1 】



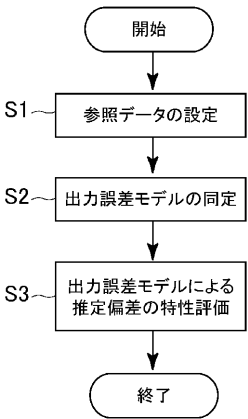
【 図 3 】



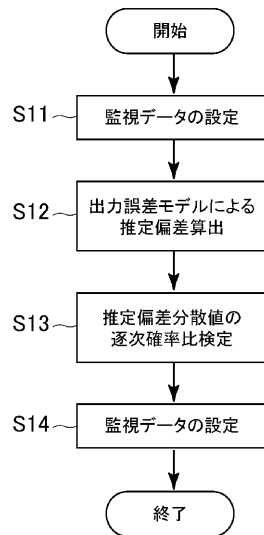
【 図 2 】



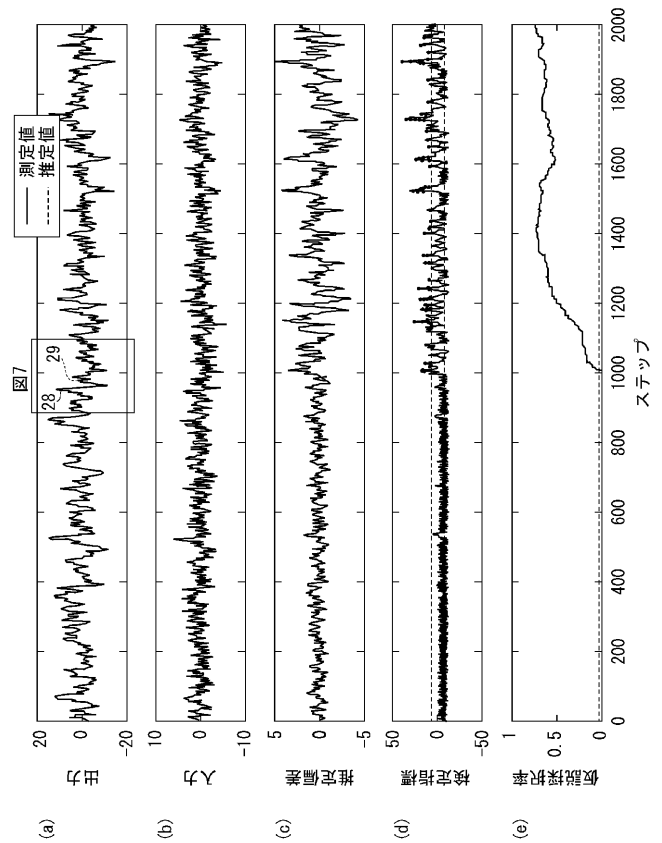
【 図 4 】



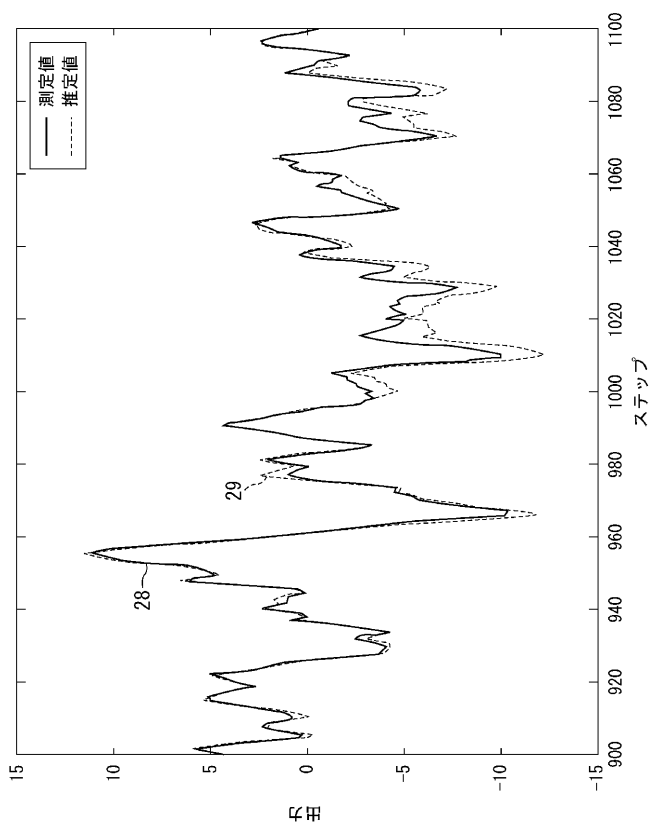
【図 5】



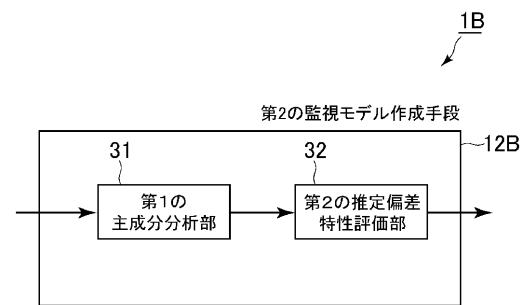
【図 6】



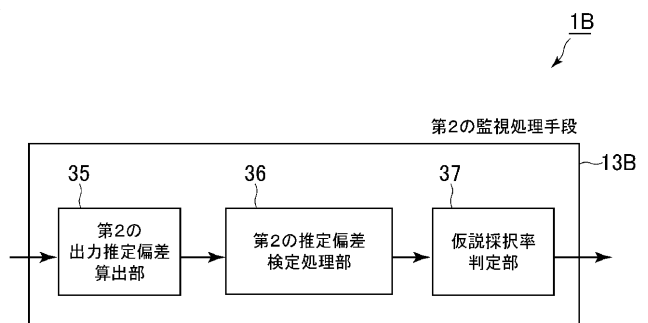
【図 7】



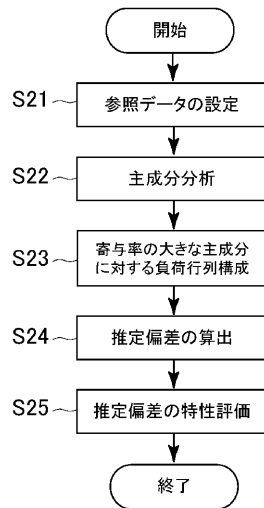
【図 8】



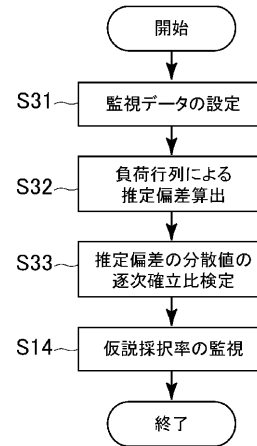
【図 9】



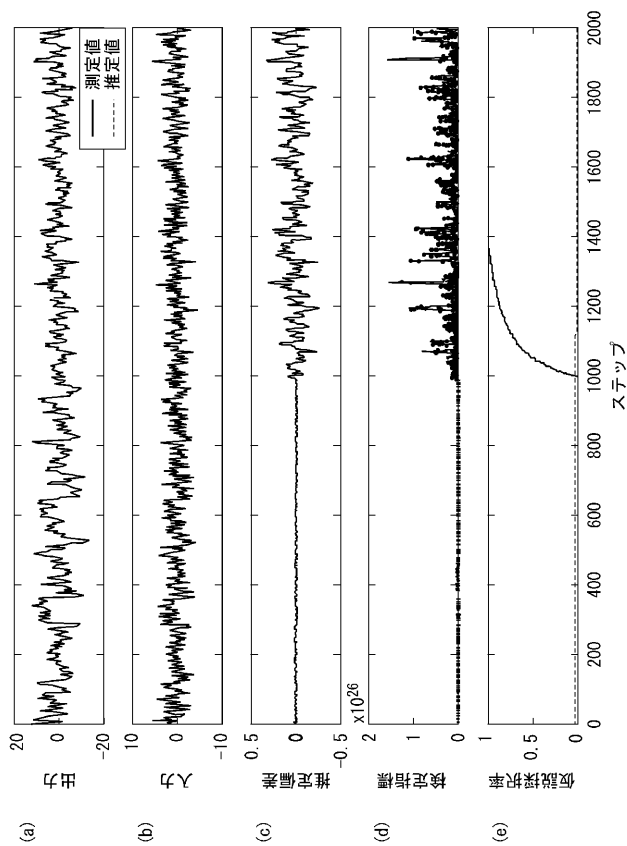
【図 10】



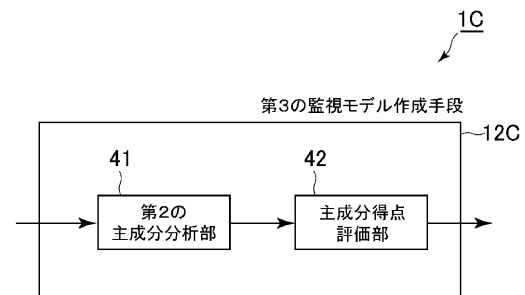
【図 11】



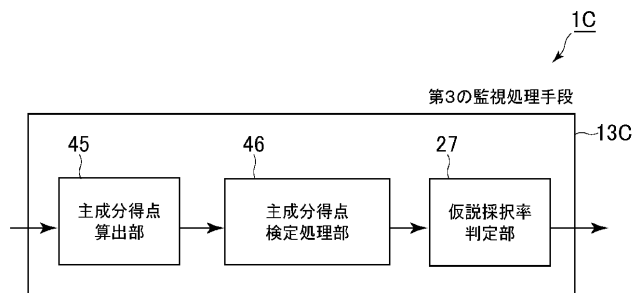
【図 12】



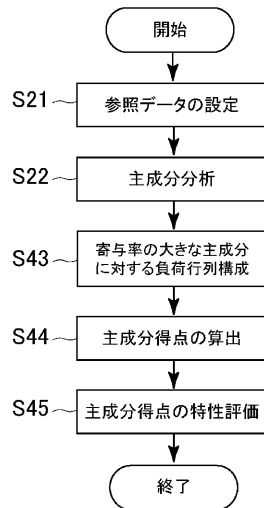
【図 13】



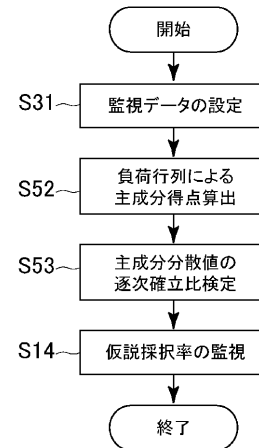
【図 14】



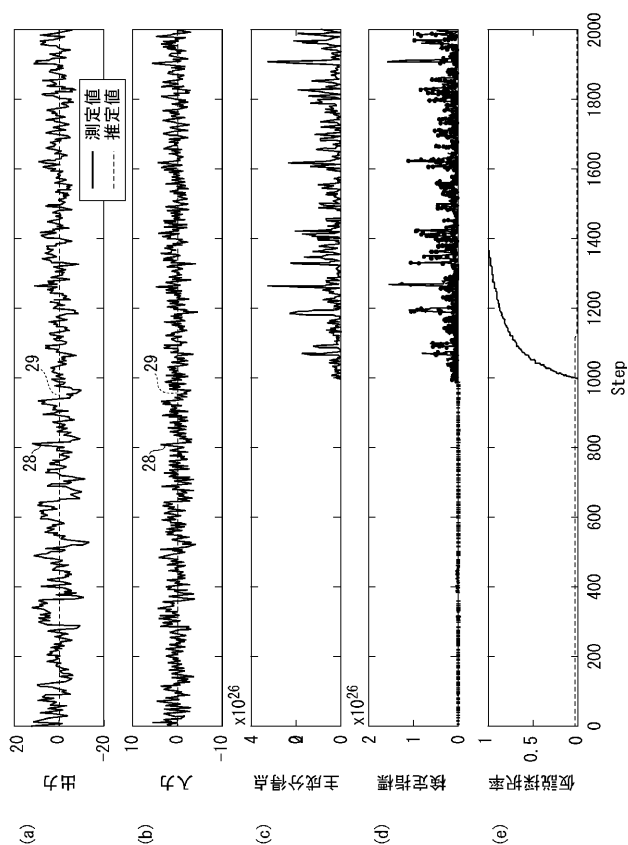
【図 15】



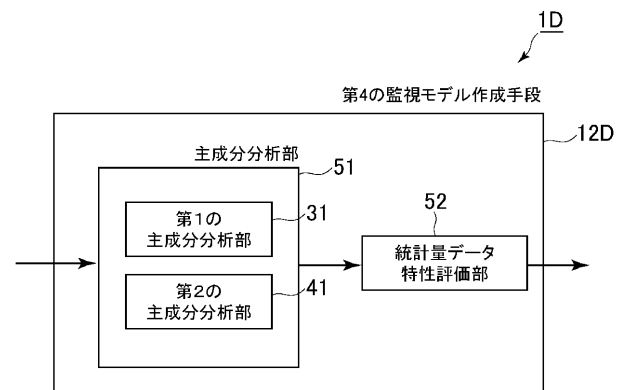
【図 16】



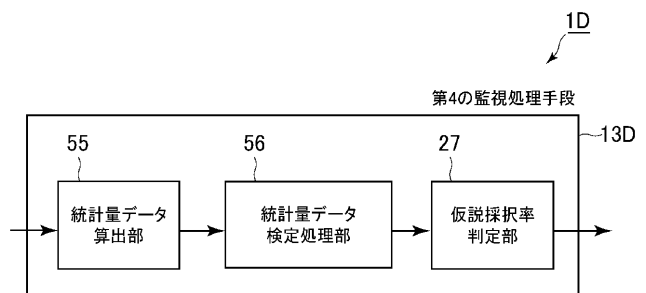
【図 17】



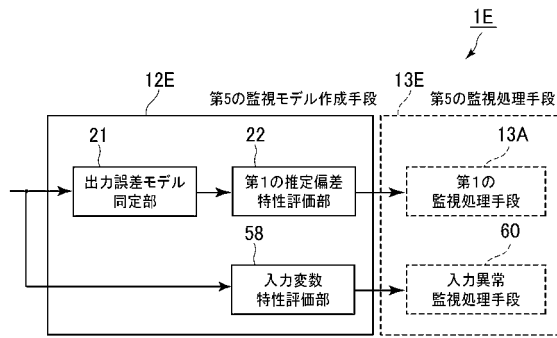
【図 18】



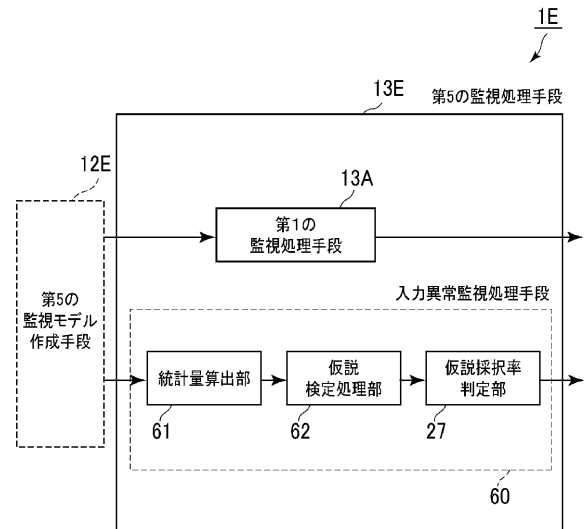
【図 19】



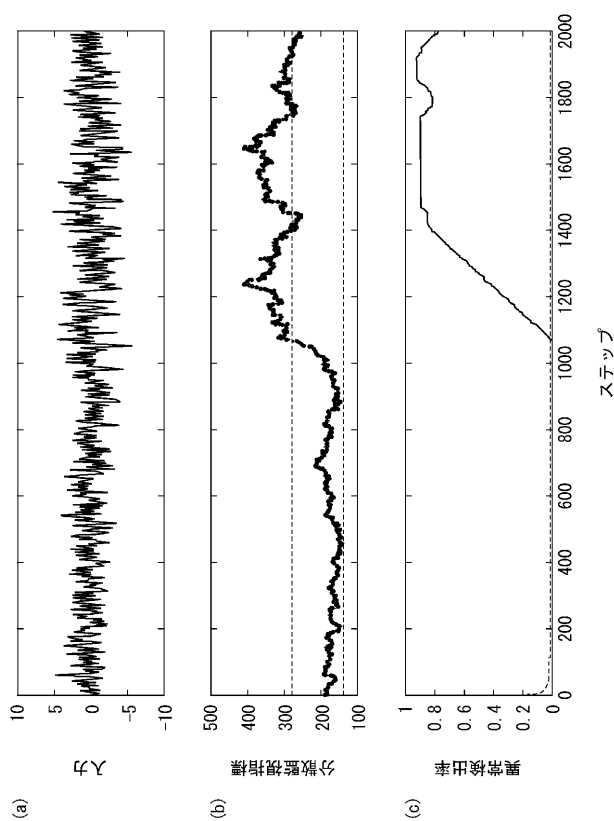
【図 20】



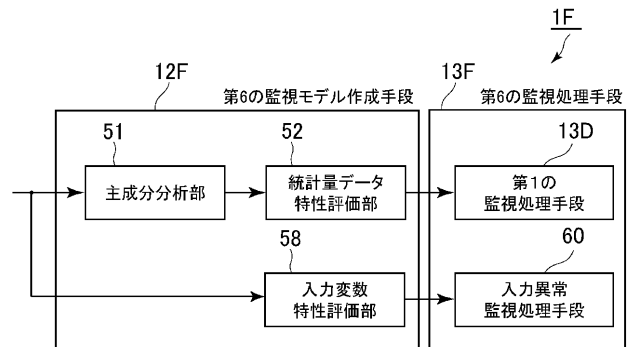
【図 21】



【図 22】



【図 23】



フロントページの続き

- (72)発明者 玉置 哲男
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 アイテル技術サービス株式会社内
- (72)発明者 廣瀬 行徳
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- (72)発明者 林 俊文
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- (72)発明者 榎本 光広
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- F ターム(参考) 2F076 BA14 BA17 BE04 BE06 BE08 BE09 BE12 BE16
5H223 AA03 BB01 CC08 DD03 EE30 FF05