

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4922265号
(P4922265)

(45) 発行日 平成24年4月25日(2012.4.25)

(24) 登録日 平成24年2月10日(2012.2.10)

(51) Int.Cl.	F I
G05B 23/02 (2006.01)	G05B 23/02 V
G01D 21/00 (2006.01)	G05B 23/02 301V
	G05B 23/02 302S
	G05B 23/02 302V
	G01D 21/00 Q

請求項の数 10 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2008-211088 (P2008-211088)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成20年8月19日(2008.8.19)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2010-49359 (P2010-49359A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年3月4日(2010.3.4)	(74) 代理人	110001380
審査請求日	平成22年12月14日(2010.12.14)		特許業務法人東京国際特許事務所
		(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

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) 【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、

10

20

30

40

50

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】

【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

10

20

30

40

50

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）。

10

【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）。

20

【特許文献1】特許第3970483号公報

【特許文献2】特開2002-25981号公報

【特許文献3】特開2006-135412号公報

【特許文献4】特許第3495129号公報

【特許文献5】特許第3472729号公報

【特許文献6】特開2008-59270号公報

30

【特許文献7】特開2004-303007号公報

【特許文献8】特開平5-157449号公報

【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。

40

【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

50

【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。

【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。

10

【0012】

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。

20

【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%を超える値)、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%を超える値(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。

30

【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。

40

【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

50

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】

【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。

10

【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。

20

【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。

30

40

【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

50

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。

10

【0021】

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。

20

【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。

30

【発明の効果】

40

【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。

【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。

50

【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。

【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。

10

【0028】

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11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12と、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12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13とを具備して構成される。

20

【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11、監視モデル作成手段12および監視処理手段13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S1)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11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11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。

30

【0031】

監視モデル作成手段12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12では、プラントデータ入力・保存手段11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。

40

【0032】

監視処理手段13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入出力変数データについて監視モデル作成手段12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13では、監視実行開始後にプラントデータ入力・保存手段11

50

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。

【 0 0 3 3 】

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。

【 0 0 3 4 】

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。

【 0 0 3 5 】

[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。

【 0 0 3 6 】

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。

【 0 0 3 7 】

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。

【 0 0 3 8 】

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。

【 0 0 3 9 】

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。

【 0 0 4 0 】

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。

【 0 0 4 1 】

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

10

20

30

40

50

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）。

【 0 0 4 2 】

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）。

【 0 0 4 3 】

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、より詳細に説明する。

【 0 0 4 4 】

図 4 は、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）を示した処理フロー図である。

【 0 0 4 5 】

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 S 1）と、出力誤差モデルを同定するステップ（ステップ S 2）と、ステップ S 2 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 S 3）とを有する。

【 0 0 4 6 】

監視モデル作成・保存ステップ開始直後のステップ S 1 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 2 1 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 2 2 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 2 1 および第 1 の推定偏差特性評価部 2 2 に与えられる。

【 0 0 4 7 】

ステップ S 1 に続いて、ステップ S 2 では、出力誤差モデル同定部 2 1 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】

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

【 0 0 4 8 】

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。

【 0 0 4 9 】

【数 2】

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

【 0 0 5 0 】

式（2）において、 q^{-1} は $q^{-1} u(k) = u(k - 1)$ 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 pred

10

20

30

40

50

iction 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。

【 0 0 5 1 】

【 数 3 】

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

【 0 0 5 2 】

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 $[b_1, \dots, b_{n_b}]$ を与えて計算した推定誤差の分散を表わす。

10

【 0 0 5 3 】

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。

【 0 0 5 4 】

【 数 4 】

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

20

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。

【 0 0 5 5 】

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。

30

【 0 0 5 6 】

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。

【 0 0 5 7 】

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。

【 0 0 5 8 】

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。

40

【 0 0 5 9 】

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。

【 0 0 6 0 】

50

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）と検出失敗確率（Miss-alarm rate）より後述する式（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。

【0062】

【数5】

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

【0063】

推定偏差 d_z 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）のように変形される。

【0064】

【数6】

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

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。

【0065】

【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。

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

【0066】

推定偏差 d_z の分散値が変化したか否かの判定（ステップS13）が終わると、続くステップS14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。

【0067】

推定偏差 d_z 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、同時間幅内での総採択回数と誤検出確率で

10

20

30

40

50

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）2 8 , 推定値（破線）2 9）とし、図 6 (b) では入力とし、図 6 (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 9 0 0 ステップから 1 1 0 0 ステップの範囲を拡大して示した部分拡大図である。

【 0 0 7 0 】

図 6 に示される監視結果は、1 ~ 9 9 9 ステップまでは正常状態にあり、1 0 0 0 ステップ目以降でプラントの伝達ゲインが約 2 0 % 低下した場合のデータに対する結果の一例である。

【 0 0 7 1 】

図 6 (a) および図 7 に示される実線は測定値 2 8 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 2 9 である。図 6 (a) および図 7 を見ると測定値 2 9 を見ても 1 0 0 0 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 1 0 0 0 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 $\hat{t}_{1,k}$ が同図中に破線で示されたしきい値 A を 1 0 0 0 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 および検出失敗確率はともに 0 . 1 % としている。

【 0 0 7 2 】

図 6 (e) に示される仮説採択率は、4 0 0 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 1 0 0 0 点目以降で大きく超えており、異常が検出されている。

【 0 0 7 3 】

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。

【 0 0 7 4 】

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。

【 0 0 7 5 】

[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 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。

【 0 0 7 6 】

本発明の第 2 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 B 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

10

20

30

40

50

ト監視装置 1 B、監視モデル作成手段 1 2 B および監視処理手段 1 3 B と読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置 1 B 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 B および監視処理手段 1 3 B を具備する。

【 0 0 7 7 】

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。）1 B が具備する監視モデル作成手段 1 2 B の構成を示した概略図である。

【 0 0 7 8 】

図 8 に示されるように、第 2 の監視モデル作成手段 1 2 B 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。

【 0 0 7 9 】

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。

【 0 0 8 0 】

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。

【 0 0 8 1 】

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。

【 0 0 8 2 】

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。

【 0 0 8 3 】

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。

【 0 0 8 4 】

図 1 0 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。

【 0 0 8 5 】

図 1 0 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

10

20

30

40

50

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。

10

【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】

20

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。

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

【0089】

30

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。

【0091】

40

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。

50

【0093】

監視データの設定(ステップS31)が終わると、続くステップS32では、第2の出力推定算出部35が、監視データに対して、第2の監視モデル作成手段12B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S32)が終わると、続くステップS33では、第2の推定偏差検定処理部36が、ステップS32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S13の場合と実質的に同様である。

【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S33)が終わると、続くステップS14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。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2の監視処理ステップ(ステップS31~ステップS14)は、全処理ステップを完了して終了となる。

【0096】

図12は、第2のプラント監視装置1Bが、どのようにプラント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1A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。

【0097】

より詳細には、図12(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12(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12(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12(c)では推定偏差とし、図12(d)では検定指標とし、図12(e)では仮説採択率として表わしたものである。

【0098】

図12に示される例では監視変数xとして

【数9】

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

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12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12(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dz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12(d)に示される推定偏差dz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12(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。

【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、

10

20

30

40

50

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。

【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】

[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1A、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。

【0104】

本発明の第3の実施の形態に係るプラント監視装置1C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1C、監視モデル作成手段12Cおよび監視処理手段13Cと読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置1Cは、プラントデータ入力・保存手段11、監視モデル作成手段12Cおよび監視処理手段13Cを具備する。

【0105】

図13は、本発明の第3の実施の形態に係るプラント監視装置1C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。)12Cの構成を示した概略図である。

【0106】

図13に示されるように、監視モデル作成手段12C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41と、第2の主成分分析部41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42を備える。

【0107】

図14は、プラント監視装置1Cに具備される監視処理手段13C(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13Cは、監視変数のデータに監視モデル作成手段12C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45と、主成分得点算出部45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46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27とを備える。

【0109】

プラント監視装置1Cが実行する処理内容は、プラント監視装置1B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1C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11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12C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13Cによって、第3の監視モデル作成手段12Cに保

10

20

30

40

50

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13C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。

【0111】

次に、第3の監視モデル作成手段12C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13C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】

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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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】

50

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が実行され、ステップS14が終わると、第3の監視処理ステップ(ステップS31~ステップS14)は、全処理ステップを完了して終了となる。

10

【0122】

第2のプラント監視装置1B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1C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17は、第3のプラント監視装置1Cが、どのようにプラント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1A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1Bの監視処理結果の一例を示した図12に相当する図である。

20

【0124】

より詳細には、図17(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17(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17(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17(c)では主成分得点とし、図17(d)では検定指標とし、図17(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12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12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17に示される例では、累積寄与率は1%以下のため、図17(a)および図17(b)に示される推定値29は、測定値28とは大きく異なる(乖離している)。

30

【0126】

図17(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17(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17(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。

【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。

40

【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。

【0129】

50

[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。

【 0 1 3 0 】

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。

10

【 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。

【 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。

20

【 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 】

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。

30

【 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。

40

【 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 】

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

50

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えることができる。すなわち、第 4 の監視モデル作成手段 1 2 D 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 5 1 によって参照データを設定するステップ S 2 1、主成分分析をするステップ S 2 2、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 S 2 3、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 S 4 3 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 5 2 によって、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 S 2 4、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 S 2 5、ステップ S 4 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主成分得点を算出するステップ S 4 4、ステップ S 4 4 で算出された主成分得点の特性評価を行うステップ S 4 5 が実行される。

【 0 1 4 0 】

主成分分析部 5 1 および統計量データ特性評価部 5 2 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。

【 0 1 4 1 】

第 4 の監視処理手段 1 3 D 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 5 5 によって、監視データを設定するステップ S 3 1、負荷行列による推定偏差を算出するステップ S 3 2 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 S 5 2 が実行される。続いて、統計量データ検定処理部 5 6 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 S 3 3、主成分得点分散値の逐次確率比検定を行うステップ S 5 3 が実行される。続いて、仮説採択率判定部 2 7 が統計量データ検定処理部 5 6 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 S 1 4）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。

【 0 1 4 2 】

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 1 A , 1 B , 1 C 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。

【 0 1 4 3 】

[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 1 A , 1 B , 1 C , 1 D 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。

【 0 1 4 4 】

本発明の第 5 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 E 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 E、監視モデル作成手段 1 2 E および監視処理手段 1 3 E と読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置 1 E 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 E および監視処理手段 1 3 E を具備する。

【 0 1 4 5 】

図 2 0 は、本発明の第 5 の実施の形態に係るプラント監視装置 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。）1 2 E の構成を詳細に示した概略図である。

【 0 1 4 6 】

図 2 0 に示されるように、第 5 の監視モデル作成手段 1 2 E は、出力誤差モデル同定部 2 1 および第 1 の推定偏差特性評価部 2 2 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 5 8 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 1 2 E は、第 1 の監視モデル作成手段 1 2 A に、入力変数特性評価部 5 8 をさらに備えて構成される。

【 0 1 4 7 】

図 2 1 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 1 3 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。

【 0 1 4 8 】

図 2 1 に示されるように、第 5 の監視処理手段 1 3 E は、第 1 の監視処理手段 1 3 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 6 0 を備える。

【数 1 1】

入力異常監視処理手段 6 0 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} とし以下の数式 (1 1) 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 6 1 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 6 2 と、仮説検定処理部 6 2 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 2 7 とを備える。

【 0 1 4 9 】

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 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 5 の監視モデル作成手段 1 2 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 1 3 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 1 3 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。

【 0 1 5 0 】

10

20

30

40

【数 1 2】

第 5 の監視モデル作成手段 1 2 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 2 1 および第 1 の推定偏差特性評価部 2 2 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 5 8 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。

【0 1 5 1】

10

第 5 の監視処理手段 1 3 E による監視処理ステップのうち、第 1 の監視処理手段 1 3 A 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 1 E 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 1 3 A 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。

【0 1 5 2】

これに対して、入力異常監視処理手段 6 0 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。

20

【数 1 3】

まず、統計量算出部 6 1 が上述した数式 (1 1) で表わされる統計量を算出する。続いて、仮説検定処理部 6 2 が上述した数式 (1 2) 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 2 7 が、仮説検定処理部 6 2 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。

30

【0 1 5 3】

図 2 2 は、第 5 のプラント監視装置 1 E 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。

【0 1 5 4】

図 2 2 (a) が入力変数の測定値を示すグラフ、図 2 2 (b) が式 (1 1) で算出される分散監視指標を示すグラフ、図 2 2 (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 2 2 (c) では式 (1 2) の n を 2 0 0 ステップ、異常検出率を算出する時間幅を 4 0 0 ステップとしている。図 2 2 によれば、異常が発生した 1 0 0 0 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。

40

【0 1 5 5】

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、適用範囲をより拡大することができる。

【0 1 5 6】

[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 1 A , 1 B , 1 C , 1 D , 1 E 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。

【0 1 5 7】

50

本発明の第 6 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 F 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 F、監視モデル作成手段 1 2 F および監視処理手段 1 3 F と読み替えた構成である。すなわち、プラント監視装置 1 F 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 F および監視処理手段 1 3 F を具備する。

【 0 1 5 8 】

図 2 3 は、本発明の第 6 の実施の形態に係るプラント監視装置 1 F と、プラント監視装置 1 F 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。）1 2 F および監視処理手段 1 3 F（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。

10

【 0 1 5 9 】

第 6 の監視モデル作成手段 1 2 F は、図 2 3 に示されるように、主成分分析部 5 1 と、統計量データ特性評価部 5 2 と、入力変数特性評価部 5 8 を備えて構成される。また、第 6 の監視処理手段 1 3 F は、第 4 の監視処理手段 1 3 D と、入力異常監視処理手段 6 0 とを備えて構成される。

【 0 1 6 0 】

プラント監視装置 1 F 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、1 E 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 6 の監視モデル作成手段 1 2 F 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 1 3 F 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。

20

【 0 1 6 1 】

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 1 3 F 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 6 2 】

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 5 1 および統計量データ特性評価部 5 2 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 5 8 が実行する処理内容は、第 5 の監視モデル作成手段 1 2 E 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。

30

【 0 1 6 3 】

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 1 3 D 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 6 0 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。

【 0 1 6 4 】

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、適用範囲をより拡大することができる。

40

【 0 1 6 5 】

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 (1 3) 又は (1 4) で示されるように、監視変数を構成してもよい。

[数 1 4]

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

50

又は

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

【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]

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

【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

10

20

30

40

50

が実行する処理内容を示した処理フロー図。

【図 1 2】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 1 3】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 1 4】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。

【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。

【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

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

3 5 第 2 の出力推定偏差算出部

10

20

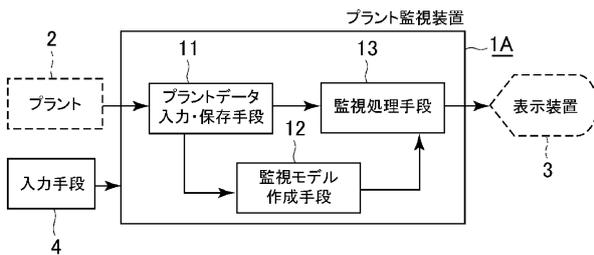
30

40

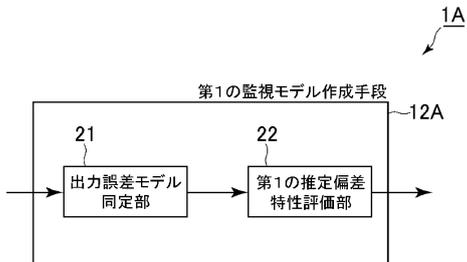
50

- 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
- 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

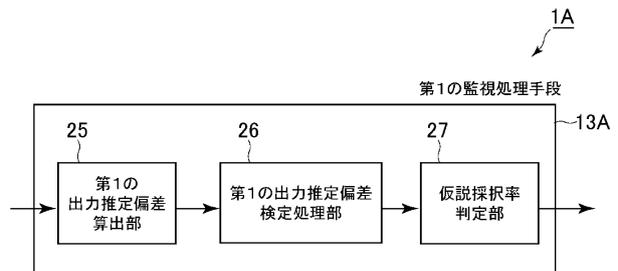
【図1】



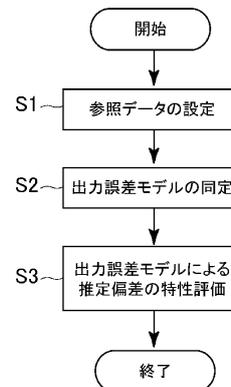
【図2】



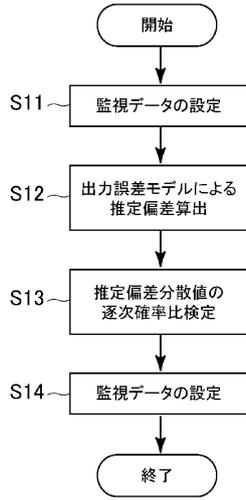
【図3】



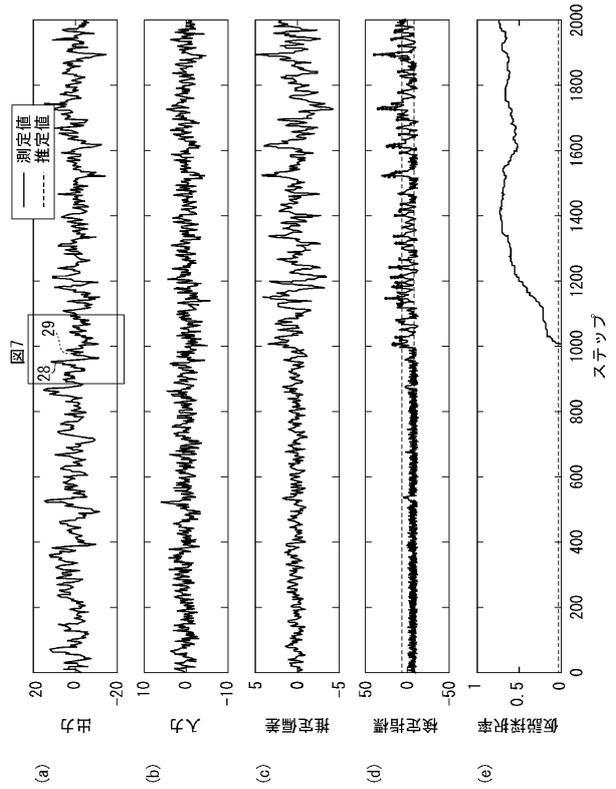
【図4】



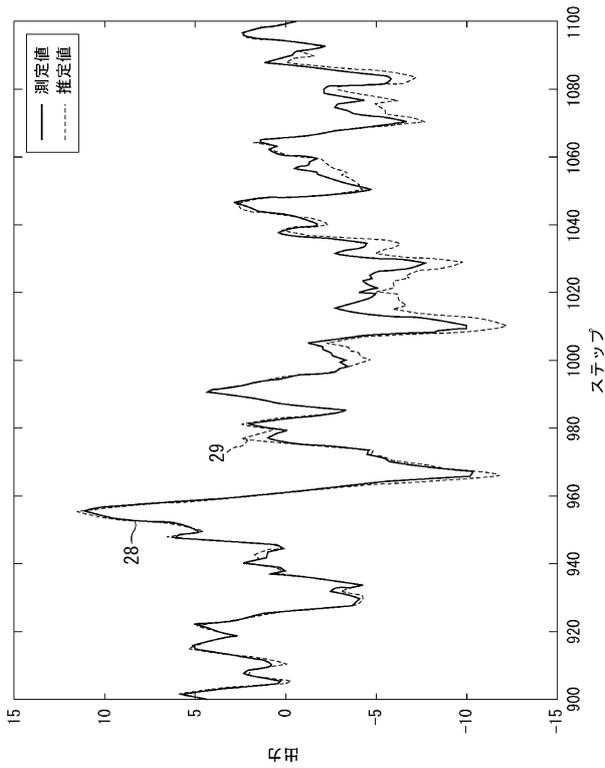
【図5】



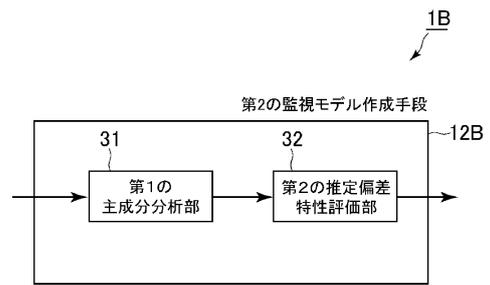
【図6】



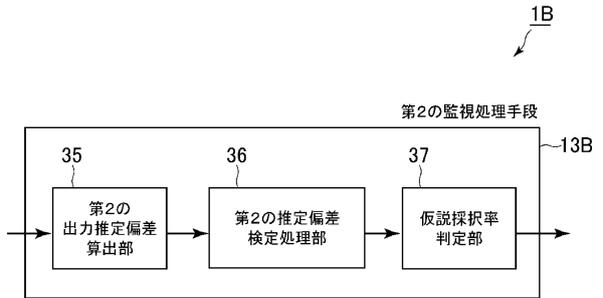
【図7】



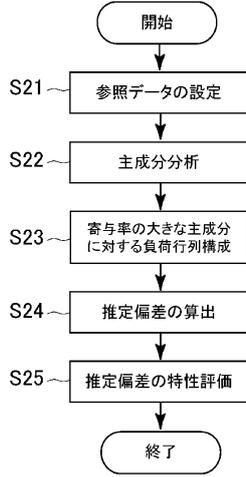
【図8】



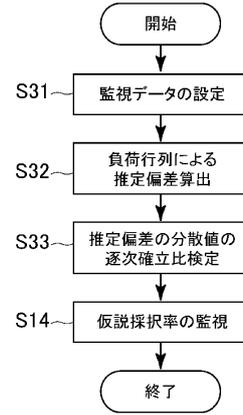
【図9】



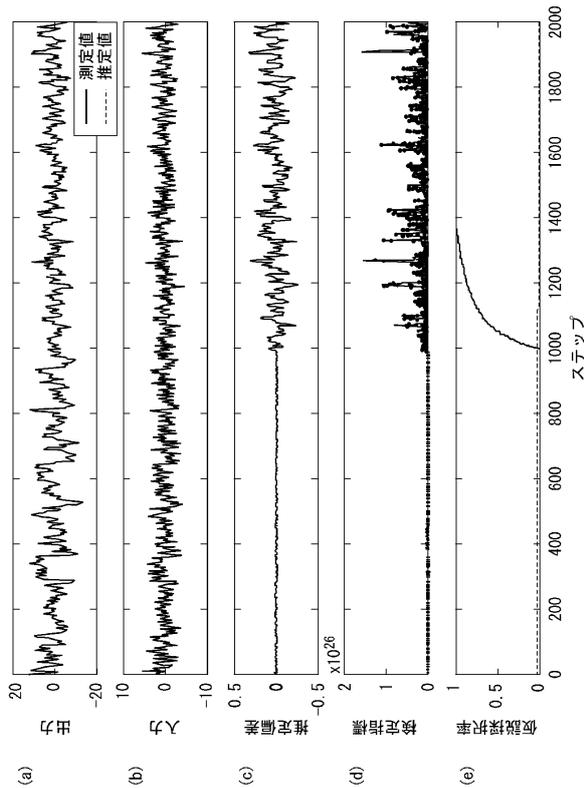
【図10】



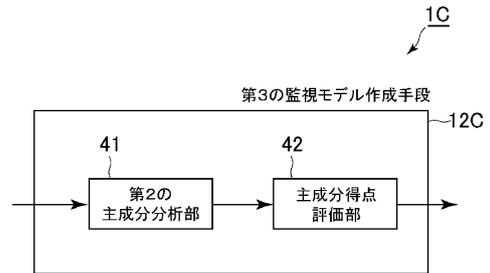
【図11】



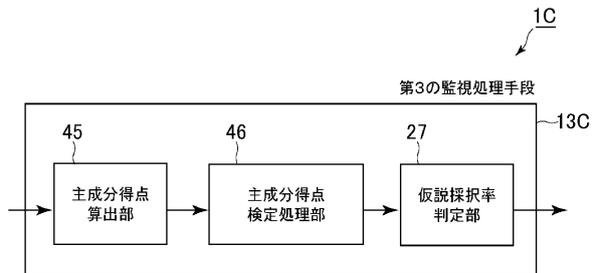
【図12】



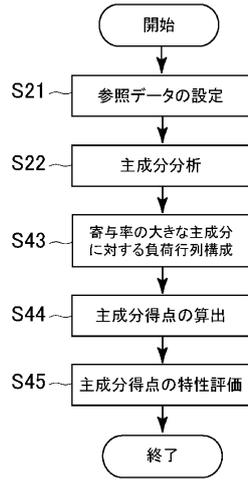
【図13】



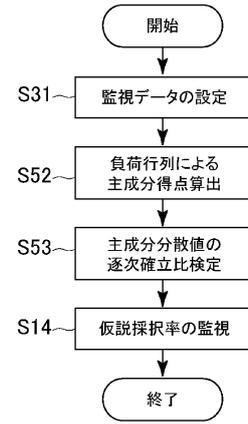
【図14】



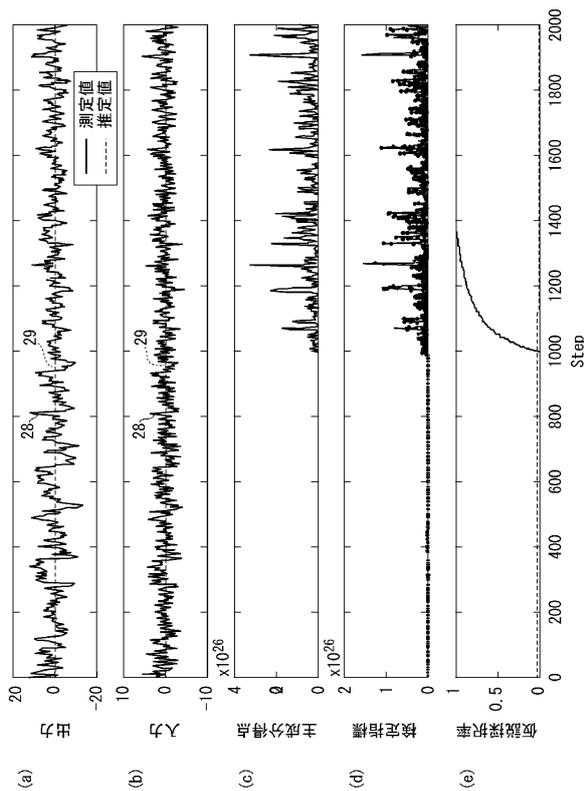
【図15】



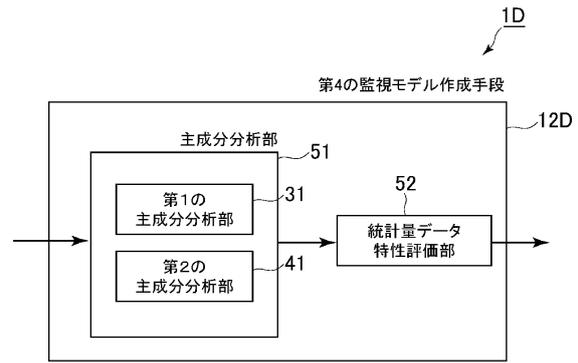
【図16】



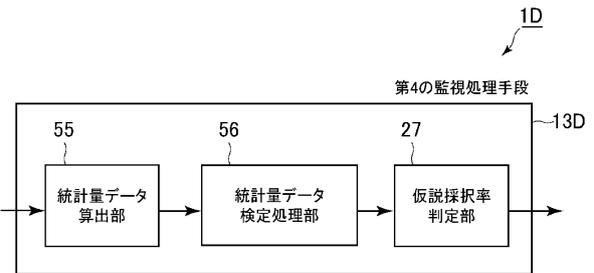
【図17】



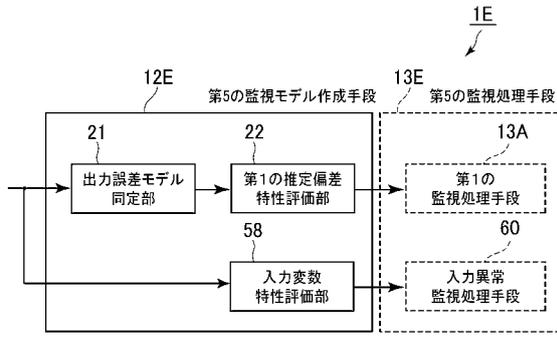
【図18】



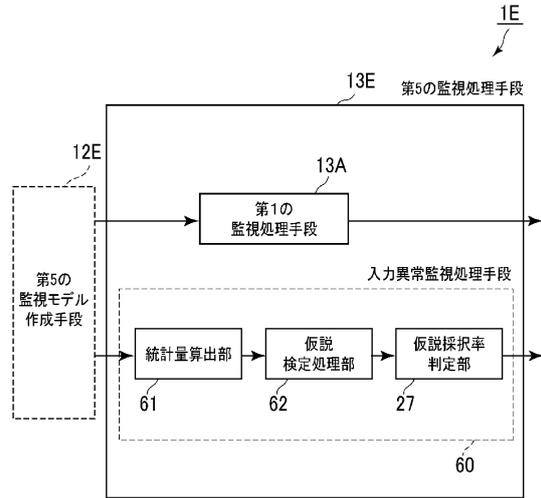
【図19】



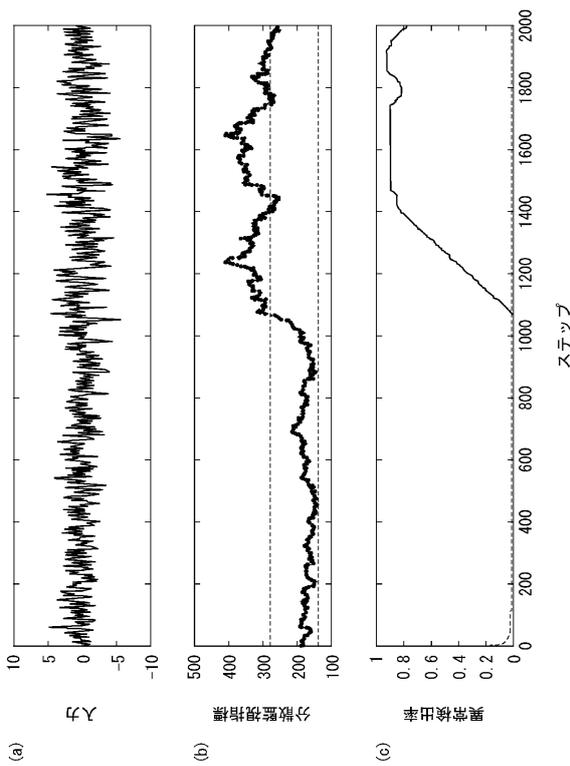
【図20】



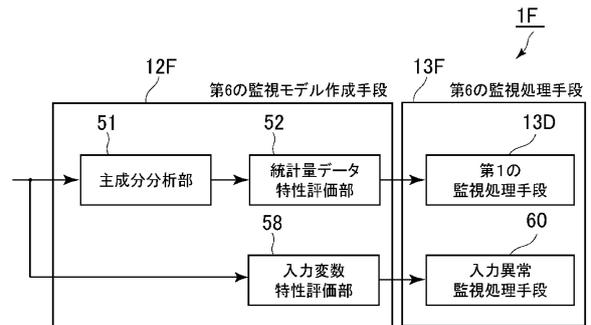
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 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

審査官 佐藤 彰洋

(56)参考文献 特開2000-259223(JP,A)
特開2001-356818(JP,A)
特開平07-280603(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05B 23/02
G01D 21/00