

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5484591号
(P5484591)

(45) 発行日 平成26年5月7日(2014.5.7)

(24) 登録日 平成26年2月28日(2014.2.28)

(51) Int.Cl.
G 0 5 B 23/02 (2006.01)

F I
G O 5 B 23/02 R

請求項の数 6 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2012-546576 (P2012-546576)	(73) 特許権者	000005108
(86) (22) 出願日	平成22年12月2日 (2010.12.2)		株式会社日立製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/007025		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(87) 国際公開番号	W02012/073289	(74) 代理人	110000350
(87) 国際公開日	平成24年6月7日 (2012.6.7)		ポレール特許業務法人
審査請求日	平成24年11月22日 (2012.11.22)	(72) 発明者	関台 孝朗
			日本国茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内
		(72) 発明者	江口 徹
			日本国茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラントの診断装置及びプラントの診断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラントから入力された計測信号に基づいてプラントの運転状態を診断し、診断結果を画像表示装置に表示するプラントの診断装置において、

プラントの診断装置にプラントの状態量を計測した前記計測信号を用いて診断に用いるモデルを構築する学習手段と、前記学習手段で構築したモデルを用いてプラントの運転状態を診断する診断手段を備え、

前記学習手段に、類似の値を持つデータを同じカテゴリーに分類する分類部と、前記分類部でのカテゴリーの分類結果に基づいて計測信号の傾向の違いを評価して正常期間、予兆期間、異常期間を決定する期間決定部と、前記正常期間の計測信号を用いて正常モデルを構築し、前記予兆期間の計測信号を用いて予兆モデルを構築し、前記異常期間の計測信号を用いて異常モデルを構築するモデル構築部を備え、

前記診断手段は、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルのどのモデルに分類されるかを判定して、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルに含まれる場合はプラントが当該モデルに対応した正常、予兆、異常のうち該当する状態であると診断して画像表示装置に表示し、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れにも含まれない場合はプラントが過去に経験したことのない未知状態であると診断して画像表示装置に表示するように構成し、

前記学習手段に設けた前記期間決定部では、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記分類部によって予兆モデルに分類

される予兆状態と異常モデルに分類される異常状態との境界時刻を、警報が発生した時刻に設定する処理と、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記分類部によって正常モデルに分類される正常状態と前記予兆モデルに分類される予兆状態との境界時刻を、正常状態と予兆状態との前記境界時刻から、予兆状態と異常状態の境界時刻の期間における正常状態にないカテゴリーの発生割合の最小値が予め定めた値より高くなる時刻に設定する処理をそれぞれ行うように構成されていることを特徴とするプラントの診断装置。

【請求項 2】

プラントから入力された計測信号に基づいてプラントの運転状態を診断し、診断結果を画像表示装置に表示するプラントの診断装置において、

プラントの診断装置にプラントの状態量を計測した前記計測信号を用いて診断に用いるモデルを構築する学習手段と、前記学習手段で構築したモデルを用いてプラントの運転状態を診断する診断手段を備え、

前記学習手段に、類似の値を持つデータを同じカテゴリーに分類する分類部と、前記分類部でのカテゴリーの分類結果に基づいて計測信号の傾向の違いを評価して正常期間、予兆期間、異常期間を決定する期間決定部と、前記正常期間の計測信号を用いて正常モデルを構築し、前記予兆期間の計測信号を用いて予兆モデルを構築し、前記異常期間の計測信号を用いて異常モデルを構築するモデル構築部を備え、

前記診断手段は、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルのどのモデルに分類されるかを判定して、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルに含まれる場合はプラントが当該モデルに対応した正常、予兆、異常のうち該当する状態であると診断して画像表示装置に表示し、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れにも含まれない場合はプラントが過去に経験したことのない未知状態であると診断して画像表示装置に表示するように構成し、

前記学習手段に設けた前記期間決定部では、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記分類部によって予兆モデルに分類される予兆状態と異常モデルに分類される異常状態との境界時刻を、警報が発生した時刻に設定する処理と、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記分類部によって正常モデルに分類される正常状態と前記予兆状態との境界時刻を、任意の時間間隔でデータを区間に分割し、各区間のカテゴリー出現率の変化度が、予め定めた値より高くなる時刻に設定する処理をそれぞれ行うように構成されていることを特徴とするプラントの診断装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載したプラントの診断装置において、

前記プラントの診断装置に、プラントの状態量を計測した計測信号の経時変化と、前記学習手段に設けた分類部によってカテゴリーに分類した結果の経時変化と、前記学習手段に設けた期間決定部によって設定された正常状態と予兆状態との境界時刻、及び予兆状態と異常状態との境界時刻を画面上にそれぞれ表示し、

マウスとキーボードからなる外部入力装置からの外部入力信号に基づいて正常状態と予兆状態との境界時刻と、予兆状態と異常状態との境界時刻を変更可能なように構成されていることを特徴とするプラントの診断装置。

【請求項 4】

プラントから入力された計測信号に基づいてプラントの運転状態を診断し、診断結果を表示するプラントの診断方法において、

プラントの診断装置としてプラントの状態量を計測した計測信号を用いて診断に用いるモデルを構築する学習手段と、前記学習手段で構築したモデルを用いてプラントの運転状態を診断する診断手段が備えられており、

プラントの状態量を計測した計測信号を学習手段に入力させ、該学習手段にて前記計測信号のうち類似の値を持つデータを同じカテゴリーに分類し、このカテゴリーの分類結果に基づいて計測信号の傾向の違いを評価して正常期間、予兆期間、異常期間をそれぞれ決

10

20

30

40

50

定し、前記正常期間の計測信号を用いて正常モデルを構築し、前記予兆期間の計測信号を用いて予兆モデルを構築し、前記異常期間の計測信号を用いて異常モデルを構築し、

プラントの状態量を計測した計測信号を診断手段に入力させ、該診断手段にて現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルのどのモデルに分類されるかを判定して、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れかに含まれる場合は、プラントが当該モデルに対応した正常、予兆、異常のうち該当する状態であると診断して画像表示装置に表示し、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れにも含まれない場合はプラントが過去に経験したことの無い未知状態であると診断して画像表示装置に表示し、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記学習手段によって予兆モデルに分類される予兆状態と異常モデルに分類される異常状態との境界時刻を警報が発生した時刻に設定し、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記学習手段によって正常モデルに分類される正常状態と前記予兆モデルに分類される予兆状態との境界時刻を、正常状態と予兆状態との前記境界時刻から、予兆状態と異常状態の境界時刻の期間における正常状態にないカテゴリーの発生割合の最小値が予め定めた値より高くなる時刻に設定することを特徴とするプラントの診断方法。

【請求項 5】

プラントから入力された計測信号に基づいてプラントの運転状態を診断し、診断結果を表示するプラントの診断方法において、

プラントの診断装置としてプラントの状態量を計測した計測信号を用いて診断に用いるモデルを構築する学習手段と、前記学習手段で構築したモデルを用いてプラントの運転状態を診断する診断手段が備えられており、

プラントの状態量を計測した計測信号を学習手段に入力させ、該学習手段にて前記計測信号のうち類似の値を持つデータを同じカテゴリーに分類し、このカテゴリーの分類結果に基づいて計測信号の傾向の違いを評価して正常期間、予兆期間、異常期間をそれぞれ決定し、前記正常期間の計測信号を用いて正常モデルを構築し、前記予兆期間の計測信号を用いて予兆モデルを構築し、前記異常期間の計測信号を用いて異常モデルを構築し、

プラントの状態量を計測した計測信号を診断手段に入力させ、該診断手段にて現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルのどのモデルに分類されるかを判定して、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れかに含まれる場合は、プラントが当該モデルに対応した正常、予兆、異常のうち該当する状態であると診断して画像表示装置に表示し、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れにも含まれない場合はプラントが過去に経験したことの無い未知状態であると診断して画像表示装置に表示し、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記学習手段によって予兆モデルに分類される予兆状態と異常モデルに分類される異常状態の境界時刻を警報が発生した時刻に設定し、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記学習手段によって正常モデルに分類される正常状態と前記予兆モデルに分類される予兆状態との境界時刻を、任意の時間間隔でデータを区間に分割して各区間のカテゴリー出現率の変化度が予め定めた値より高くなる時刻に設定することを特徴とするプラントの診断方法。

【請求項 6】

請求項 4 又は請求項 5 に記載したプラントの診断方法において、

プラントの診断装置に、プラントの状態量を計測した計測信号の経時変化と、前記学習手段によってカテゴリーに分類した結果の経時変化と、前記学習手段によって設定された正常状態と予兆状態との境界時刻、及び予兆状態と異常状態との境界時刻を画面上にそれぞれ表示し、

マウスとキーボードからなる外部入力装置からの外部入力信号に基づいて正常状態と予兆状態との境界時刻と、予兆状態と異常状態との境界時刻を変更可能にしていることを特

10

20

30

40

50

徴とするプラントの診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラントの診断装置及びプラントの診断方法に関する。

【背景技術】

【0002】

プラントの診断装置は、プラントに異常な過渡事象や事故等が生じた際に、プラントからの計測信号を基にその異常や事故の発生を検知するものである。

【0003】

公知例のプラントの診断装置として特開2005-165375号公報には、適応共鳴理論(Adaptive Resonance Theory:ART)を用いたプラントの診断装置が開示されている。ここで、ARTとは、多次元のデータをその類似度に応じてカテゴリーに分類する技術である。

【0004】

この特開2005-165375号公報に記載されたプラントの診断装置の技術においては、まず、プラントの運転データを記録した過去の計測信号から、プラントの状態が正常と考えられる期間の信号を学習データとして抽出する。そして、ARTを用いて、学習データを複数のカテゴリー(正常カテゴリー)に分類して正常モデルを作成する。次に、プラントの現在の計測信号をARTでカテゴリーに分類する。この現在の計測信号が正常モデルと一致しない時、すなわち正常カテゴリーに分類できない時は、新しいカテゴリー(新規カテゴリー)が生成される。つまり、新規カテゴリーの発生は、計測信号の傾向が変化し、プラントの状態が変化したことを意味する。そこで、異常の発生を新規カテゴリーの発生で判断することとし、新規カテゴリーの発生割合が閾値を越えた場合に異常と診断する技術である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-165375号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

プラントの診断装置には、異常の対策を検討する時間を確保するため、異常が発生するよりも前に、プラントの状態変化を検知することが求められる。これを実現するには、正常状態から異常状態に至る途中の、予兆状態を検知する必要がある。

【0007】

通常、プラントの制御装置には、計測信号が予め定められた範囲を逸脱した時に警報が発生させる機能がある。異常に伴って警報が発生すれば、警報が発生している期間のデータを過去の計測信号から除外することで、異常状態のデータを除外した学習データを作成できる。

【0008】

しかしながら、この学習データには、正常状態から警報が発生する異常状態に至る途中の予兆状態のデータが含まれる。そのため、この学習データを用いて正常モデルを構築すると、予兆状態を正常と診断してしまい、予兆状態を検知できないことになる。

【0009】

本発明の目的は、プラントの状態が正常状態から異常状態に至る途中の予兆状態を検知可能にするプラントの診断装置及びプラントの診断方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明のプラントから状態量を計測した計測信号に基づいてプラントの運転状態を診断

10

20

30

40

50

し、診断結果を画像表示装置に表示するプラントの診断装置は、プラントの診断装置にプラントの状態量を計測した計測信号を用いて診断に用いるモデルを構築する学習手段と、前記学習手段で構築したモデルを用いてプラントの運転状態を診断する診断手段を備え、前記学習手段に、類似の値を持つデータを同じカテゴリーに分類する分類部と、前記分類部でのカテゴリーの分類結果に基づいて計測信号の傾向の違いを評価して正常期間、予兆期間、異常期間を決定する期間決定部と、前記正常期間の計測信号を用いて正常モデルを構築するモデル構築部を備え、前記診断手段は、現時刻の計測信号が前記モデル構築部で構築される正常モデルに分類されるか否かを判定して、現時刻の計測信号が正常モデルに含まれる場合はプラントが正常状態であると診断して画像表示装置に表示し、現時刻の計測信号が正常モデルに含まれない場合はプラントが過去に経験したことのない未知状態であると診断して画像表示装置に表示するように構成し、前記学習手段に設けた前記期間決定部では、前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記分類部によって予兆モデルに分類される予兆状態と異常モデルに分類される異常状態との境界時刻を、警報が発生した時刻に設定する処理と、前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記分類部によって正常モデルに分類される正常状態と前記予兆モデルに分類される予兆状態との境界時刻を、正常状態と予兆状態との前記境界時刻から、予兆状態と異常状態の境界時刻の期間における正常状態にないカテゴリーの発生割合の最小値が予め定めた値より高くなる時刻に設定する処理をそれぞれ行うように構成されていることを特徴とする。

10

【0011】

また、本発明のプラントから入力された計測信号に基づいてプラントの運転状態を診断し、診断結果を画像表示装置に表示するプラントの診断装置は、プラントの診断装置にプラントの状態量を計測した前記計測信号を用いて診断に用いるモデルを構築する学習手段と、前記学習手段で構築したモデルを用いてプラントの運転状態を診断する診断手段を備え、前記学習手段に、類似の値を持つデータを同じカテゴリーに分類する分類部と、前記分類部でのカテゴリーの分類結果に基づいて計測信号の傾向の違いを評価して正常期間、予兆期間、異常期間を決定する期間決定部と、前記正常期間の計測信号を用いて正常モデルを構築し、前記予兆期間の計測信号を用いて予兆モデルを構築し、前記異常期間の計測信号を用いて異常モデルを構築するモデル構築部を備え、前記診断手段は、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルのどのモデルに分類されるかを判定して、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルに含まれる場合はプラントが当該モデルに対応した正常、予兆、異常のうち該当する状態であると診断して画像表示装置に表示し、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れにも含まれない場合はプラントが過去に経験したことのない未知状態であると診断して画像表示装置に表示するように構成し、

20

前記学習手段に設けた前記期間決定部では、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記分類部によって予兆モデルに分類される予兆状態と異常モデルに分類される異常状態との境界時刻を、警報が発生した時刻に設定する処理と、

30

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記分類部によって正常モデルに分類される正常状態と前記予兆モデルに分類される予兆状態との境界時刻を、正常状態と予兆状態との前記境界時刻から、予兆状態と異常状態の境界時刻の期間における正常状態にないカテゴリーの発生割合の最小値が予め定めた値より高くなる時刻に設定する処理をそれぞれ行うように構成されていることを特徴とする。

40

【0012】

本発明のプラントから入力された計測信号に基づいてプラントの運転状態を診断し、診断結果を表示するプラントの診断方法は、プラントの診断装置としてプラントの状態量を計測した計測信号を用いて診断に用いるモデルを構築する学習手段と、前記学習手段で構築したモデルを用いてプラントの運転状態を診断する診断手段が備えられており、プラントの状態量を計測した計測信号を学習手段に入力させ、該学習手段にて前記計測信号のうち類似の値を持つデータを同じカテゴリーに分類し、このカテゴリーの分類結果に基づい

50

て計測信号の傾向の違いを評価して正常期間、予兆期間、異常期間をそれぞれ決定し、前記正常期間の計測信号を用いて正常モデルを構築し、前記予兆期間の計測信号を用いて予兆モデルを構築し、前記異常期間の計測信号を用いて異常モデルを構築し、プラントの状態量を計測した計測信号を診断手段に入力させ、該診断手段にて現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルのどのモデルに分類されるかを判定して、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れかに含まれる場合は、プラントが当該モデルに対応した正常、予兆、異常のうち該当する状態であると診断して画像表示装置に表示し、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れにも含まれない場合はプラントが過去に経験したことの無い未知状態であると診断して画像表示装置に表示し、前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記学習手段によって予兆モデルに分類される予兆状態と異常モデルに分類される異常状態との境界時刻を警報が発生した時刻に設定し、前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記学習手段によって正常モデルに分類される正常状態と前記予兆モデルに分類される予兆状態との境界時刻を、正常状態と予兆状態との前記境界時刻から、予兆状態と異常状態の境界時刻の期間における正常状態にないカテゴリーの発生割合の最小値が予め定めた値より高くなる時刻に設定することを特徴とする。

10

【0013】

また、本発明のプラントから入力された計測信号に基づいてプラントの運転状態を診断し、診断結果を表示するプラントの診断方法は、プラントの診断装置としてプラントの状態量を計測した計測信号を用いて診断に用いるモデルを構築する学習手段と、前記学習手段で構築したモデルを用いてプラントの運転状態を診断する診断手段が備えられており、プラントの状態量を計測した計測信号を学習手段に入力させ、該学習手段にて前記計測信号のうち類似の値を持つデータを同じカテゴリーに分類し、このカテゴリーの分類結果に基づいて計測信号の傾向の違いを評価して正常期間、予兆期間、異常期間をそれぞれ決定し、前記正常期間の計測信号を用いて正常モデルを構築し、前記予兆期間の計測信号を用いて予兆モデルを構築し、前記異常期間の計測信号を用いて異常モデルを構築し、プラントの状態量を計測した計測信号を診断手段に入力させ、該診断手段にて現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルのどのモデルに分類されるかを判定して、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れかに含まれる場合は、プラントが当該モデルに対応した正常、予兆、異常のうち該当する状態であると診断して画像表示装置に表示し、現時刻の計測信号が正常モデル、予兆モデル、異常モデルの何れにも含まれない場合はプラントが過去に経験したことの無い未知状態であると診断して画像表示装置に表示し、

20

30

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記学習手段によって予兆モデルに分類される予兆状態と異常モデルに分類される異常状態の境界時刻を警報が発生した時刻に設定し、

前記プラントの状態量を計測した前記計測信号が前記学習手段によって正常モデルに分類される正常状態と前記予兆モデルに分類される予兆状態との境界時刻を、任意の時間間隔でデータを区間に分割して各区間のカテゴリー出現率の変化度が予め定めた値より高くなる時刻に設定することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、プラントの状態が正常状態から異常状態に至る途中の予兆状態を検知できるプラントの診断装置及びプラントの診断方法を実現することができる。

【0015】

この結果、プラントが異常状態に至る前にプラントの状態変化を早期に検知することが可能なプラントの診断装置及びプラントの診断方法が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施例であるプラントの診断装置の構成を示す制御ブロック図。

50

【図2(a)】図1に示したプラントの診断装置の基本動作を示すフローチャート図。

【図2(b)】図1に示したプラントの診断装置の基本動作において、計測信号のサンプリング周期毎に学習モードと診断モードの両方を動作させて診断する状況を示した説明図。

【図2(c)】図1に示したプラントの診断装置の基本動作において、所定の設定期間毎に正常状態学習モードを動作させ、サンプリング周期毎に診断モードのみを動作させて診断する状況を示した説明図。

【図2(d)】図1に示したプラントの診断装置の基本動作において、外部入力信号を入力して任意のタイミングで学習モードと診断モードを動作させて診断する状況を示した説明図。

10

【図3(a)】図1に示したプラントの診断装置における学習手段を構築する分類部におけるデータ分類機能の実装例を示す説明図。

【図3(b)】図3(a)に示した学習手段を構築する分類部に備えられたARTモジュールを構成するF0レイヤーの構成を示すブロック図。

【図3(c)】図3(a)に示した学習手段を構築する分類部に備えられたARTモジュールを構成するF1レイヤーの構成を示すブロック図。

【図4(a)】図1に示したプラントの実施例である火力発電プラントを示すブロック図。

【図4(b)】図4(a)に示したプラントから取得した計測信号を、カテゴリーに分類した結果を説明する説明図。

20

【図4(c)】図4(a)に示したプラントから取得した計測信号を、カテゴリーに分類した分類結果の一例を示す説明図。

【図5(a)】図1に示したプラントの診断装置における学習手段を構築する期間決定部の第1の実装例を説明する図であって、プラントの運転状態の正常状態と予兆状態との境界時刻と、予兆状態と異常状態との境界時刻の状況を示す説明図。

【図5(b)】図5(a)に示したプラントの運転状態についての正常状態と予兆状態との境界時刻と、予兆状態と異常状態との境界時刻を決定するアルゴリズムを示す説明図。

【図6(a)】図1に示したプラントの診断装置における学習手段を構築する期間決定部の第2の実装例を示す説明図であって、任意の時間間隔でデータを区間に分割する状況を示した説明図。

30

【図6(b)】図6(a)に示された分割した区間毎にカテゴリーの出現率Eを表した説明図。

【図6(c)】図6(a)に示された分割した区間毎の変化度Vを計算した結果を示した説明図。

【図7】図1に示したプラントの診断装置における診断手段の動作を説明する図。

【図8(a)】図1に示したプラントの診断装置における計測信号データベースに保存されるデータの態様を示す説明図。

【図8(b)】図1に示したプラントの診断装置における診断モデルデータベースに保存されるデータの 카테고리番号と、重み係数との関係を示す説明図。

【図8(c)】図1に示したプラントの診断装置における診断モデルデータベースに保存されるデータの時刻と、その時刻におけるデータが分類されたカテゴリ番号との関係を示す説明図。

40

【図9(a)】図1に示したプラントの診断装置によって診断したプラントの診断結果を表示した画面を示す説明図。

【図9(b)】図1に示したプラントの診断装置に設けた学習手段構成する期間決定部によって決定した正常状態と予兆状態の境界時刻、予兆状態と異常状態の境界時刻をデフォルト値として表示した説明図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

次に、本発明の実施例であるプラントの診断装置について図面を参照して以下に説明す

50

る。

【実施例１】

【００１８】

図１は、本発明の一実施例であるプラントの診断装置を説明するブロック図である。図１に示したプラントの診断装置においては、プラント１００の状態を診断装置２００により診断する。

診断装置２００は、診断装置２００を構成する演算装置として、学習手段４００、及び診断手段８００を備えている。この診断装置２００は、データベースとして、計測信号データベース３１０、及び診断モデルデータベース３２０を備えている。なお、図１においては、データベースをＤＢと略記している。

10

【００１９】

前記計測信号データベース３１０及び診断モデルデータベース３２０のデータベースには、電子化された情報が記録されており、通常、電子ファイル（電子データ）と呼ばれる。

【００２０】

前記学習手段４００は、プラント１００の運転状態を計測した計測信号から、プラント１００の過去の運転状態の計測信号を蓄積した蓄積データを基に、正常モデル、予兆モデル、及び異常モデルをそれぞれ作成する機能を有するものである。

【００２１】

また、診断手段８００は、この学習手段４００で作成した正常モデル、予兆モデル及び異常モデルと、計測したプラント１００の計測信号のデータとを比較して、前記計測信号のデータがどのモデルに属しているのかを判定する機能を有するものである。前記学習手段４００には、分類部５００、期間決定部６００、及びモデル構築部７００がそれぞれ備えられている。

20

【００２２】

前記分類部５００は、計測信号データベース３１０に蓄積されているプラント１００の過去の運転状態の計測信号４である蓄積した蓄積データを、類似のグループに分類する機能を有するものである。

【００２３】

前記期間決定部６００は、分類部５００による分類結果５と計測信号４に基づいて、プラント１００の運転状態が、正常の状態、予兆の状態、或いは異常の状態となっている期間を決定する機能を有するものである。

30

【００２４】

前記モデル構築部７００は、前記した分類部５００の分類結果５、期間決定部６００の基幹情報６、及び計測信号４に基づいて、正常モデル、予兆モデル、或いは異常モデルを構築する機能を有するものである。

また、診断装置２００は、外部とのインターフェイスとして外部入力インターフェイス２１０及び外部出力インターフェイス２２０を備えている。

【００２５】

そして、外部入力インターフェイス２１０を介してプラント１００の運転状態である各種状態量を計測した計測信号１と、運転管理室９００に備えられているキーボード９２０及びマウス９３０で構成される外部入力装置９１０の操作で作成する外部入力信号２が診断装置２００に取り込まれる。また、外部出力インターフェイス２２０を介して、画像表示情報１０を運転管理室９００に備えられている画像表示装置９４０に出力する。

40

【００２６】

なお、本実施例のプラントの診断装置においては、学習手段４００、診断手段８００、計測信号データベース３１０、診断モデルデータベース３２０が診断装置２００の内部に備えられているが、これらの一部を診断装置２００の外部に配置し、データのみをこれらの装置の間で通信するようにしてもよい。

【００２７】

50

また、本実施例のプラントの診断装置において診断対象とするプラント１００は１基である場合を示しているが、１台の診断装置２００で複数基のプラント１００を診断することも可能である。

【００２８】

次に、本実施例のプラントの診断装置に備えられた診断装置２００の動作を説明する。

【００２９】

図１に示した本実施例のプラントの診断装置において、プラント１００の各種状態量を計測した計測信号１は外部入力インターフェイス２１０を介して取り込まれるが、この外部入力インターフェイス２１０からプラント１００の計測信号３として、診断装置２００に設置された計測信号データベース３１０に保存される。

10

【００３０】

診断装置２００に設置された学習手段４００には、分類部５００、期間決定部６００、及びモデル構築部７００が備えられている。

【００３１】

学習手段４００では、計測信号データベース３１０に保存されているプラント１００の各種状態量を計測した計測信号１である過去の蓄積データを、正常データ、予兆データ、異常データに分け、それぞれのデータを用いて正常モデル、予兆モデル、異常モデルを構築する機能を有している。

【００３２】

前記正常モデル、予兆モデル、異常モデルの各モデルは、学習手段４００に設置された分類部５００、期間決定部６００、モデル構築部７００を動作させることによって作成する。

20

【００３３】

前記学習手段４００に設置された分類部５００では、計測信号データベース３１０に保存されている過去の蓄積データである計測信号４を、類似性を持つデータのまとまりに分類し、分類結果５として、学習手段４００の期間決定部６００に出力する。この分類部５００の実装方法については、図３を用いて後述する。

【００３４】

前記学習手段４００に設置された期間決定部６００では、計測信号データベース３１０に保存されている過去の蓄積データである計測信号４と、分類部５００による分類結果５の入力情報を用いて、計測信号４の傾向の違いを評価する。そして、この評価結果に基づいて、計測信号４のデータ期間を、正常期間、予兆期間、異常期間のいずれかに分ける。この結果は期間情報６として、学習手段４００のモデル構築部７００に出力する。期間決定部６００の実装方法については、図５、図６を用いて後述する。

30

【００３５】

前記学習手段４００に設置されたモデル構築部７００では、前記正常期間、予兆期間、異常期間のこれらの期間についてそれぞれ正常モデル、予兆モデル、異常モデルを作成する。そして、作成したこれらの各モデルは、モデル情報７として診断モデルデータベース３２０に出力する。

【００３６】

40

前記診断装置２００に設置された診断手段８００では、計測信号４の入力に対して、診断モデルデータベース３２０の正常モデル、予兆モデル、異常モデルを参照することによってプラント１００の運転状態を診断し、その診断結果９を出力する。

【００３７】

即ち、診断手段８００では、プラント１００の計測信号４が診断モデルデータベース３２０の正常モデル、予兆モデル、異常モデルのどのモデルに属するかを判定する。その結果、プラント１００の現在の運転状態が正常、予兆、異常のどの状態であるかを診断し、その診断結果９を診断表示装置９４０に出力して表示する。

【００３８】

また、診断手段８００における判定によって、プラント１００の計測信号４が正常モデ

50

ル、予兆モデル、異常モデルのいずれにも属さない時は、過去に経験したことの無い未知状態と診断し、その診断結果 9 を診断表示装置 940 に出力して表示する。

【0039】

また、診断手段 800 における診断においては、簡便な手段として、正常モデルのみを用いて、正常かそれ以外の未知状態と診断することも可能である。診断手段 800 の詳細は、図 7 を用いて後述する。

【0040】

診断手段 800 が診断したプラント 100 の現在の運転状態に対する診断結果 9 は、外部出力インターフェイス 220 を介して、画像表示情報 10 として運転管理室 900 に設置した画像表示装置 940 に送信され、表示される。これにより、運転管理室 900 にいるオペレータに、プラント 100 の運転状態に対する診断結果を通知する。

10

【0041】

このように、本実施例のプラントの診断装置 200 では、プラント 100 の各種状態量を計測した計測信号から診断モデルを作成するための正常データを適切に抽出し、正常モデルを構築する。正常モデルと異なる傾向のデータが入力されると、状態変化を検知できる。すなわち、異常発生前の予兆状態を検知し、プラントの状態が変化したことを、早期にオペレータに通知できる。

【0042】

また、診断装置 200 に設置された計測信号データベース 310、診断モデルデータベース 320 に保存されている診断装置情報 50 は、任意に運転管理室 900 の画像表示装置 940 に表示できるようになっている。また、これらの情報は、外部入力装置 910 を操作して生成する外部入力信号 2 で、修正することができる。

20

【0043】

診断装置 200 の動作モードは、学習モードと診断モードの 2 種類ある。学習モードでは、学習手段 400 を動作させてモデル情報 7 を生成し、モデル情報 7 を診断モデルデータベース 320 に保存する。

【0044】

診断モードは、診断手段 800 を動作させて診断結果 9 を生成し、診断結果 9 に含まれる画像表示情報 10 を運転管理室 900 の画像表示装置 940 に送信することにより、プラントの運転状態を画像表示装置 940 に表示する。

30

【0045】

次に、本実施例のプラントの診断装置の動作について説明する。以下に診断装置 200 の動作フローチャートを、図 1 に示したプラントの診断装置の基本動作を示すフローチャート図である図 2 (a) を用いて説明する。

【0046】

図 2 (a) のフローチャート図に示すように、診断装置 200 の基本動作はステップ 1000、1010、1020 を組み合わせて実行する。

【0047】

まず、ステップ 1000 では診断装置 200 の動作モードが学習モードか診断モードかを判定する。そして、学習モードの場合はステップ 1010 に進み、診断モードの時はステップ 1020 に進む。

40

【0048】

ステップ 1010 では、学習手段 400 を動作させてモデル構築部 700 によってモデル情報 7 を生成し、作成したモデル情報 7 を診断モデルデータベース 320 に保存する。

【0049】

また、ステップ 1020 では、診断手段 800 を動作させてプラント 100 の運転状態である計測信号 4 に対する診断結果 9 を生成し、生成した診断結果 9 の含まれる画像表示情報 10 を画像表示装置 940 に送信することにより、プラント 100 の運転状態を画像表示装置 940 に表示する。

【0050】

50

診断装置 200 の学習モードと診断モードを動作させるタイミングはオペレータによって任意に指定することができる。以下、図 2 (b) ~ (d) を用いて、学習モードと診断モードを動作させるタイミングの各種の実施例をそれぞれ説明する。

【0051】

図 2 (b) に示した実施例においては、計測信号のサンプリング周期毎に学習モードと診断モードの両方を動作させて診断する。

計測信号を取得する毎に診断モデルを更新することで、常に最新のモデルを用いた診断が可能である。

【0052】

しかし、学習に用いるデータ量が多い時は、モデル構築に時間を要するため、サンプリング周期内に計算が終了しない可能性がある。

10

【0053】

このような場合は、図 2 (c) に示した実施例のように、所定の設定期間毎に正常状態学習モードを動作させ、サンプリング周期毎に診断モードのみを動作させて診断することもできる。図 2 (b) 及び図 2 (c) に示した実施例の方法では、サンプリング周期毎に診断モードが実行され、オンラインでプラントの状態を診断できる。

【0054】

また、図 2 (d) に示した実施例のように、オペレータが学習、診断を実施する外部入力信号 2 を診断装置 200 に入力することで、任意のタイミングで学習モードと診断モードを動作できる。つまり、色々な条件を変えてプラント 100 の運転状態を診断することが可能となる。

20

【0055】

次に、図 3、図 4 を用いて本実施例のプラントの診断装置を構成する診断装置 200 を構成する学習手段 400 に備えた分類部 500、及び診断手段 800 に備えた、プラント 100 の計測信号 4 を分類する機能を説明する。

【0056】

本実施例のプラントの診断装置では、データ分類機能に適応共鳴理論 (Adaptive Resonance Theory: ART) を適用した場合について述べる。尚、データ分類機能として、ベクトル量子化等、他のクラスタリング手法を用いることもできる。

30

【0057】

図 3 (a) に図 1 に示したプラントの診断装置における学習手段を構築する分類部におけるデータ分類機能の実装例を示すように、データ分類機能はデータ前処理装置 510 と ART モジュール 520 で構成する。データ前処理装置 510 は、運転データを ART モジュール 520 の入力データに変換する。前記データ前処理装置 510 及び ART モジュール 520 は、学習手段 400 の分類部 500 に設置されているものである。

【0058】

以下に、前記データ前処理装置 510 及び ART モジュール 520 によるそれらの手順 (工程) について説明する。

【0059】

まず、計測項目毎に最大値及び最小値を計算する。計算した最大値及び最小値を用いてデータを正規化する。

40

【0060】

ここでは、正規化の方法についてプラントのプロセス量 x_i を例に説明する。

【0061】

x_i のデータ数が N 個で n 番目の計測値を $x_i(n)$ とする。また、 N 個のデータにおける最大値及び最小値をそれぞれ Max_i 、 Min_i とすると、正規化したデータ $Nx_i(n)$ は、下記式 (1) で表される。

【0062】

$$Nx_i(n) = \quad + (1 - \quad) \times (x_i(n) - Min_i) / (Max_i - Min_i) \quad \dots (1)$$

50

ここで、 $(0 < 0.5)$ の定数であり、上記式 (1) によりデータは $[, 1 -]$ の範囲に正規化される。

【0063】

次に、正規化したデータの補数を計算し、入力データに加える。

【0064】

正規化データ $N \times i(n)$ の補数 $C N \times i(n)$ は、下記式 (2) で計算される。

【0065】

$$C N \times i(n) = 1 - N \times i(n) \quad \dots (2)$$

尚、式 (1) 及び式 (2) の演算式は前記データ前処理装置 510 に組み込まれている。

10

【0066】

次に、データ $N \times i(n)$ 及び $C N \times i(n)$ を含むデータを入力データ $li(n)$ が、ARTモジュール 520 に入力される。

【0067】

以上の手順が、データ前処理装置 510 において行われる運転データの ARTモジュール 520 への入力データ変換処理に含まれる。

【0068】

ARTモジュール 520 においては、入力データであるプラント 100 の計測信号 4 を複数のカテゴリーに分類する。

【0069】

20

ARTモジュール 520 は、F0 レイヤー 521、F1 レイヤー 522、F2 レイヤー 523、メモリ 524 及び選択サブシステム 525 を備え、これらは相互に結合している。F1 レイヤー 522 及び F2 レイヤー 523 は、重み係数を介して結合している。重み係数は、入力データが分類されるカテゴリーのプロトタイプ (原型) を表している。ここで、プロトタイプとは、カテゴリーの代表値を表すものである。

【0070】

次に、ARTモジュール 520 のアルゴリズムについて説明する。

【0071】

ARTモジュール 520 に入力データが入力された場合のアルゴリズムの概要は、下記の処理 1 ~ 処理 5 のようになる。

30

【0072】

処理 1 : F0 レイヤー 521 により入力ベクトルを正規化し、ノイズを除去する。

【0073】

処理 2 : F1 レイヤー 522 に入力された入力データと重み係数との比較により、ふさわしいカテゴリーの候補を選択する。

【0074】

処理 3 : 選択サブシステム 525 で選択したカテゴリーの妥当性がパラメータ への値により評価される。妥当と判断されれば、入力データはそのカテゴリーに分類され、処理 4 に進む。一方、妥当と判断されなければ、そのカテゴリーはリセットされ、他のカテゴリーからふさわしいカテゴリーの候補を選択する (処理 2 を繰り返す)。パラメータ 40 の値を大きくするとカテゴリーの分類が細くなり、の値を小さくすると分類が粗くなる。このパラメータ をビジランス (vigilance) パラメータと呼ぶ。

【0075】

処理 4 : 処理 2 において全ての既存のカテゴリーがリセットされると、入力データが新規カテゴリーに属すると判断され、新規カテゴリーのプロトタイプを表す新しい重み係数を生成する。

【0076】

処理 5 : 入力データがカテゴリー J に分類されると、カテゴリー J に対応する重み係数 $W J(new)$ は、過去の重み係数 $W J(old)$ 及び入力データ p (又は入力データから派生したデータ) を用いて下記式 (3) により更新される。

50

$$WJ(new) = Kw \cdot p + (1 - Kw) \cdot WJ(old) \quad \dots (3)$$

ここで、 Kw は、学習率パラメータ ($0 < Kw < 1$) であり、入力ベクトルを新しい重み係数に反映させる度合いを決定する値である。

【0077】

尚、式(3)及び後述する式(4)乃至式(14)の各演算式は前記ARTモジュール520に組み込まれている。

【0078】

ARTモジュール520のデータ分類アルゴリズムの特徴は、上記の処理4にある。

【0079】

処理4においては、学習した時のパターンと異なる入力データが入力された場合、記録されているパターンを変更せずに新しいパターンを記録することができる。このため、過去に学習したパターンを記録しながら、新たなパターンを記録することが可能となる。

10

【0080】

このように、入力データとして予め与えた運転データを与えると、ARTモジュール520は与えられたパターンを学習する。したがって、学習済みのARTモジュール520に新たな入力データが入力されると、上記アルゴリズムにより、過去におけるどのパターンに近いかを判定することができる。また、過去に経験したことの無いパターンであれば、新規カテゴリーに分類される。

図3(b)は、F0レイヤー521の構成を示すブロック図である。F0レイヤー521では、入力データを各時刻で再度正規化し、F1レイヤー521、及び選択サブシステム525

20

に入力する正規化ベクトル u_i^0 を作成する。

始めに、入力データ I_i から、式(4)に従って w_i^0 を計算する。

ここで、 a は定数である。

【0081】

【数1】

$$w_i^0 = I_i + au_i^0 \quad \dots (4)$$

【0082】

次に、 w_i^0 を正規化した x_i^0 を、式(5)を用いて計算する。

ここで、記号 $\| \cdot \|$ はノルムを表す記号である。

30

【0083】

【数2】

$$x_i^0 = \frac{w_i^0}{\|w_i^0\|} \quad \dots (5)$$

【0084】

そして、式(6)を用いて、 x_i^0 からノイズを除去した v_i^0 を計算する。ただし、 θ はノイズを除去するための定数である。式(6)の計算により、微小な値は0となるため、入力データのノイズが除去される。

【0085】

40

【数3】

$$v_i^0 = f(x_i^0) = \begin{cases} x_i^0 & \text{if } x_i^0 \geq \theta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (6)$$

【0086】

最後に、式(7)を用いて正規化入力ベクトル u_i^0 を求める。 u_i^0 はF1レイヤーの入力となる。

【0087】

【数 4】

【数 4】

$$u_i^0 = \frac{v_i^0}{\|v^0\|} \quad \dots (7)$$

【0088】

図3(c)は、F1レイヤー522の構成を示すブロック図である。F1レイヤー522では、式(7)で求めた u_i^0 を短期記憶として保持し、F2レイヤー522に inputs p_i を計算する。F2レイヤーの計算式をまとめて式(8)～式(14)に示す。ただし、 a 、 b は定数、 $f(\cdot)$ は式(6)で示した関数、 T_j はF2レイヤー522で計算する適合度である。

10

【0089】

【数 5】

$$w_i = u_i^0 + au_i \quad \dots (8)$$

【0090】

【数 6】

$$x_i = \frac{w_i}{\|w\|} \quad \dots (9)$$

20

【0091】

【数 7】

$$v_i = f(x_i) + bf(q_i) \quad \dots (10)$$

【0092】

【数 8】

$$u_i = \frac{v_i}{\|v\|} \quad \dots (11)$$

30

【0093】

【数 9】

$$q_i = \frac{p_i}{\|p\|} \quad \dots (12)$$

【0094】

【数 10】

$$p_i = u_i + \sum_i^M g(y_i)z_{ji} \quad \dots (13)$$

40

【0095】

ただし、

【0096】

【数 11】

$$g(y_i) = \begin{cases} d & \text{if } T_j = \max(T_j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (14)$$

【0097】

次に、学習手段400の分類部500でプラント100の計測信号4をカテゴリーに分類する実例を説明する。まず、図4(a)を用いてプラント100の実施例を説明し、計測信

50

号 4 に含まれる情報を述べる。次に、図 4 (b) 及び図 4 (c) を用いて、計測信号 4 をカテゴリーに分類する様子を述べる。

【 0 0 9 8 】

図 4 (a) は、プラント 1 0 0 の実施例である火力発電プラントを示すブロック図である。

【 0 0 9 9 】

図 4 (a) において、火力発電プラント 1 0 0 は、ガスタービン発電機 1 1 0、制御装置 1 2 0 及びデータ送信装置 1 3 0 を含む。ガスタービン発電機 1 1 0 は、発電機 1 1 1、圧縮機 1 1 2、燃焼器 1 1 3 及びタービン 1 1 4 を含む。

【 0 1 0 0 】

発電に際しては、圧縮機 1 1 2 にて吸い込んだ空気を圧縮して圧縮空気とし、この圧縮空気を燃焼器 1 1 3 に送り、燃料と混合して燃焼する。燃焼により発生した高圧ガスを用いてタービン 1 1 4 を回転させ、発電機 1 1 1 により発電を行う。

【 0 1 0 1 】

制御装置 1 2 0 においては、電力需要に応じてガスタービン発電機 1 1 0 の出力を制御する。また、制御装置 1 2 0 は、ガスタービン発電機 1 1 0 に設置されたセンサ（図示せず）で計測した運転データ 1 0 2 を入力データとしている。運転データ 1 0 2 は、吸気温度、燃料投入量、タービン排ガス温度、タービン回転数、発電機発電量、タービン軸振動などの状態量であり、サンプリング周期毎に計測している。また、大気温度などの気象情報も計測している。

【 0 1 0 2 】

制御装置 1 2 0 においては、これらの運転データ 1 0 2 を用いて、ガスタービン発電機 1 1 0 を制御するための制御信号 1 0 1 を算出する。また、制御装置 1 2 0 では、運転データ 1 0 2 の値が予め設定した範囲を逸脱した時に警報を発生させる処理を実施している。警報信号は、運転データ 1 0 2 が予め設定した範囲を逸脱した時に 1、範囲内の時は 0 のデジタル信号として処理する。警報信号が 1 の時は、音や画面表示などで、警報の内容をオペレータに通知する。

【 0 1 0 3 】

信号データ送信装置 1 3 0 は、制御装置 1 2 0 で計測した運転データ 1 0 2、及び制御装置 1 2 0 で算出した制御信号 1 0 1、および警報信号を含む計測信号 1 を診断装置 2 0 0 に送信する。

【 0 1 0 4 】

図 4 (b) は、プラント 1 0 0 から取得した計測信号 1 を、カテゴリーに分類した結果を説明する図である。横軸は、時間、縦軸は計測信号、カテゴリー番号である。

【 0 1 0 5 】

図 4 (c) は、プラント 1 0 0 の計測信号 1 を、図 4 (b) に示すようにカテゴリーに分類した結果に基づいて、更に項目分けした結果の一例を示す図である。前記図 4 (c) では、一例として、計測信号のうちの 2 項目を表示したものであり、2 次元のグラフで表記した。また、縦軸及び横軸は、それぞれの項目の計測信号を規格化して示した。

【 0 1 0 6 】

計測信号は、図 3 (a) の A R T モジュール 5 2 0 によって複数のカテゴリー 5 5 0（図 4 (c) に示す円）に分割される。1 つの円が、1 つのカテゴリーに相当する。

【 0 1 0 7 】

本実施例では、計測信号は 4 つのカテゴリーに分類されている。カテゴリー番号 1 は、項目 A の値が大きく、項目 B の値が小さいグループ、カテゴリー番号 2 は、項目 A、項目 B の値が共に小さいグループ、カテゴリー番号 3 は項目 A の値が小さく、項目 B の値が大きいグループ、カテゴリー番号 4 は項目 A、項目 B の値が共に大きいグループである。

【 0 1 0 8 】

このように、分類部 5 0 0 では、計測信号の類似性に着目して、計測信号をカテゴリーに分類する。

10

20

30

40

50

【0109】

尚、本実施例においては、2項目の計測信号をカテゴリーに分類する例を述べたが、3項目以上の計測信号について多次元の座標を用いてカテゴリーに分類することもできる。

【0110】

本実施例では、上述したように計測信号をカテゴリーに分類した結果に基づいて、正常状態、予兆状態、異常状態の期間を決定することを特徴としている。以下、これらの期間を決定する期間決定部600の動作を説明する。

【0111】

図5(a)は、学習手段400を構成する期間決定部600の第1の実装例を説明する図である。

10

【0112】

まず、図5(a)を用いて、プラント100の運転状態が、正常状態と予兆状態との境界と、予兆状態と異常状態との境界を決定する方法を説明する。

【0113】

図5(a)のグラフ611はプラント100の計測信号の経時変化、グラフ612はプラント100の計測信号が分類されたカテゴリーの経時変化である。

【0114】

グラフ613、614は、プラント100の運転状態が正常状態にないカテゴリーの発生割合の経時変化である。すなわち、グラフ613、614の値が大きいほど、プラント100の運転状態が変化したと判断できる。本実施例では、図5に示す閾値より大きい場合、プラント100の運転状態が変化したと判定することとする。

20

【0115】

グラフ613では、プラント100の運転状態について、正常状態と予兆状態との境界を時刻 t_1 に設定した時の結果である。すなわち、時刻 t_1 より前に発生したカテゴリーの番号と、時刻 t_1 以降に発生したカテゴリーの番号を比較し、その番号が異なる程度が大きいほど、値が大きくなる。また、グラフ614では、プラント100の運転状態について、正常状態と予兆状態との境界を時刻 t_2 に設定した時の結果である。

【0116】

正常状態と予兆状態の境界を時刻 t_1 に設定した時(グラフ613参照)、時刻 t_1 以降に正常状態にはない3番のカテゴリー615が発生しているが、その後、正常状態の2番のカテゴリー616が発生している。このような場合、3番のカテゴリーが発生した理由は、異常やその予兆の影響ではなく、計測値のノイズ等の影響であると考えられる。従って、時刻 t_1 ～時刻 t_2 の期間は正常状態にあると考えられる。

30

【0117】

一方、プラント100の運転状態について、正常状態と予兆状態との境界を時刻 t_2 に設定した時(グラフ614参照)は、時刻 t_2 から異常の発生を知らせる警報が発生する時刻 t_3 までの期間、正常状態にないカテゴリーの発生割合は閾値よりも高い状態で推移する。すなわち、時刻 t_2 を境に、プラントの運転状態が変化したと考えられる。

【0118】

従って時刻 t_2 を正常状態と予兆状態との境界時刻とし、時刻 t_2 よりも前の期間を正常状態、時刻 t_2 から警報発生までの期間を予兆状態と考えられる。

40

【0119】

そこで、本実施例の期間決定部600は時刻 t_2 を正常状態と予兆状態との境界に決定するように動作する。また、警報が発生した時刻 t_3 を、予兆状態と異常状態との境界と決定する。

【0120】

図5(a)を用いて説明したプラント100の運転状態についての正常状態と予兆状態との境界時刻と、予兆状態と異常状態との境界時刻を決定するアルゴリズムは図5(b)に示されているので、この図5(b)に示されアルゴリズムを用いて前記境界時刻を決定する方法について以下に説明する。

50

【 0 1 2 1 】

図 5 (b) に示すように、本アルゴリズムはステップ 6 0 1、6 0 2、6 0 3、6 0 4、6 0 5、6 0 6 を組み合わせて実行する。

【 0 1 2 2 】

まず、学習手段 4 0 0 の期間決定部 6 0 0 における処理であるステップ 6 0 1 では、正常状態と予兆状態の境界時刻の初期値 $t(0)$ を設定する。この初期値は任意の時刻であり、例えば乱数を用いて決定する。また、警報が発生した時刻 t_a を、予兆状態と異常状態の境界時刻とする。次に、ステップ 6 0 2 では、時刻 $t(0)$ から時刻 t_a の期間における、正常状態にないカテゴリーの発生割合の最小値 N を計算する。

【 0 1 2 3 】

次に、ステップ 6 0 3 では、 N と閾値 を比較して、式 (1 5) 及び式 (1 6) を用いて正常状態と予兆状態の境界時刻を更新する。ここで、 n は、本フローチャートにおけるステップ 6 0 3 ~ 6 0 6 の繰り返し回数、 は定数である。

【 0 1 2 4 】

$$N > \quad t(n+1) = t(n) - \quad \times (N - \quad) \quad \cdots (15)$$

$$N \quad t(n+1) = t(n) + \quad \times (N - \quad) \quad \cdots (16)$$

尚、式 (1 5) 及び式 (1 6) の各演算式は学習手段 4 0 0 の前記期間決定部 6 0 0 に組み込まれている。

【 0 1 2 5 】

ステップ 6 0 4 では、時刻 $t(n+1)$ から時刻 t_a の期間における、正常状態にないカテゴリーの発生割合の最小値 N を計算する。

【 0 1 2 6 】

ステップ 6 0 5 では、 $N > \quad$ の時には、時刻 $t(n+1)$ を正常状態と予兆状態の境界時刻として保持する。

【 0 1 2 7 】

ステップ 6 0 6 では、繰り返し回数 n が、予め定められた繰り返し回数の上限值以下であれば、 n を $n+1$ に変更してステップ 6 0 3 に進む。また、 n が上限値を超えた場合は、終了とする。

【 0 1 2 8 】

本フローチャートを動作させることで、ステップ 6 0 1 で決定した予兆状態と異常状態の境界時刻 t_a と、ステップ 6 0 5 で保持している正常状態と予兆状態の境界時刻 t が得られる。この動作により、図 5 (a) で述べたような境界時刻が得られる。

【 0 1 2 9 】

また、もし $N > \quad$ となる時刻が存在しない場合は、時刻 t_a を正常状態と予兆状態の境界時刻として、予兆状態の期間はないものとして処理する。

【 0 1 3 0 】

このようにして決定した時刻で構成する期間情報 6 が、期間決定部 6 0 0 からモデル構築部 7 0 0 に送信される。

【 0 1 3 1 】

図 6 (a) は、学習手段 4 0 0 を構成する期間決定部 6 0 0 の第 2 の実装例を説明する図であって、任意の時間間隔でデータを区間に分割する状況を示した説明図である。

【 0 1 3 2 】

本実施例では、学習手段 4 0 0 の期間決定部 6 0 0 によって、まず、図 6 (a) に示すように、任意の時間間隔でデータを区間に分割する。

【 0 1 3 3 】

図 6 (b) は、図 6 (a) に示された分割した区間毎にカテゴリーの出現率 E を表した説明図であり、次に、学習手段 4 0 0 の分類部 5 0 0 で分類した結果を用いて、データを分割した区間毎にカテゴリーの出現率 E を、図 6 (b) に示した如く求める。

そして、直前の区間と、カテゴリーの出現率 E を用いて式 (1 7) で変化度 V を計算する。

尚、 $E(p, m)$ は、区間 p のカテゴリー番号 m の出現率、 はカテゴリー番号 m を 1 からカテ

10

20

30

40

50

リー番号の最大値まで変化させた時の総和を計算することを意味する。

【 0 1 3 4 】

$$V = (E(p, m) - E(p-1, m))^2 \quad \cdot \cdot \cdot (17)$$

尚、式 (1 7) の演算式は学習手段 4 0 0 の前記期間決定部 6 0 0 に組み込まれている。

【 0 1 3 5 】

図 6 (c) は、図 6 (a) に示された分割した区間毎の変化度 V を計算した結果を示した説明図である。

図 6 (a) ~ 図 6 (c) に示した説明図から理解できるように、計測信号の傾向が変化してカテゴリの出現率が異なると、変化度 V が大きくなる。すなわち、変化度 V が大きいことは、プラントの運転状態が変化していることを意味する。従って、変化度 V を指標にプラント状態の変化を検知できる。

10

【 0 1 3 6 】

そこで、本実施例では変化度 V が閾値を越えた時の時刻 t_{13} を、正常状態と予兆状態の境界時刻とする。また、予兆状態と異常状態の境界時刻は、図 5 (a) ~ 図 5 (b) で説明した方法で決定する。

【 0 1 3 7 】

このように、本発明では自動的に正常状態と予兆状態の境界時刻と、予兆状態と異常状態の境界時刻を求め、正常期間、予兆期間、異常期間を決定する。オペレータがこれらの期間を設定する必要がないため、診断装置適用に要する労力は少なくすむ。

20

【 0 1 3 8 】

図 7 は、図 1 に示した本実施例のプラントの診断装置における診断手段 8 0 0 の動作を説明する図である。

【 0 1 3 9 】

正常期間のデータをカテゴリに分類した結果 (= 正常モデル、図中の点線で囲った円、カテゴリ 7 6 0)、予兆期間のデータをカテゴリに分類した結果 (= 予兆モデル、図中の二重線で囲った円、カテゴリ 7 7 0)、異常期間のデータをカテゴリに分類した結果 (= 異常モデル、図中の太線で囲った円、カテゴリ 7 8 0) について、診断手段 8 0 0 では、計測信号が、どのモデルに属するかを判定し、プラントの運転状態を診断する。

30

【 0 1 4 0 】

図 7 において、計測信号をプロットした結果の例が、データ点 7 9 1、7 9 2 である。

【 0 1 4 1 】

例えば、データ点 7 9 1 は、予兆モデル 7 7 0 に属するので、「予兆状態」とであると診断する。一方、データ点 7 9 2 は、どのモデルにも属さないため、「過去に経験したことのない未知状態」と診断する。

【 0 1 4 2 】

このように、診断手段 8 0 0 では、プラントの運転状態を正常状態、予兆状態、異常状態、未知状態のいずれかに診断することができる。

【 0 1 4 3 】

また、診断手段 8 0 0 を動作させる際、正常モデルに属するかどうかのみを判定し、正常モデルに属さない場合は未知状態と診断することもできる。未知状態であることは、プラントの状態が正常ではないので、プラントの状態が変化したことを意味する。

40

【 0 1 4 4 】

この方法では、異常状態と予兆状態の期間のデータを除外した計測信号を用いて正常モデルを構築して診断する。そのため、異常の予兆が計測信号に現れれば新規カテゴリが発生し、プラントの状態変化を検知できる。

【 0 1 4 5 】

未知状態である時は、各モデルの距離を計算し、その距離が一番短いモデルに分類することも可能である。つまり、データ点と最も近いモデルに分類する。

50

【 0 1 4 6 】

例えば、図 7 において、データ点と正常モデル 7 6 0 との距離 7 9 2 a と、予兆モデル 7 7 0 との距離 7 9 2 b と、異常モデル 7 8 0 との距離 7 9 2 c を比較する。そして、距離が最も短いモデル（予兆モデル 7 7 0 ）に分類する。これにより、過去に経験したことの無い未知状態であっても、どの状態に近いかを判定することができ、この情報をオペレータに提供できる。

【 0 1 4 7 】

図 8 (a)、図 8 (b)、図 8 (c) は、図 1 に示したプラントの診断装置における計測信号データベース 3 1 0 と、診断モデルデータベース 3 2 0 に保存される 2 種類のデータの態様をそれぞれ示したものである。これらの図は、図 1 の画像表示装置 9 4 0 に表示できる。

10

【 0 1 4 8 】

図 8 (a) に示すように、計測信号データベース 3 1 0 には、プラント 1 0 0 に対して計測した運転データである計測信号 1（図では、データ項目 A、B、C を記載）の値が、サンプリング周期（縦軸の時刻）毎に保存される。

【 0 1 4 9 】

表示画面 3 1 1 において縦横に移動可能なスクロールボックス 3 1 2 及び 3 1 3 を用いることにより、広範囲のデータをスクロール表示することができる。

【 0 1 5 0 】

図 8 (b)、及び図 8 (c) は、図 1 の診断モデルデータベース 3 2 0 に保存されるデータの態様をそれぞれ説明する図である。

20

【 0 1 5 1 】

図 8 (b) には、診断モデルデータベース（1）におけるカテゴリー番号と重み係数との関係が、図 8 (c) には診断モデルデータベース（2）における時刻とその時刻におけるデータが分類されたカテゴリー番号との関係が保存されており、それぞれ画面 3 2 1、3 2 5 のように表示される。

【 0 1 5 2 】

ここで、重み係数とは、カテゴリーの中心座標のことである。重み係数は、図 8 (b) に示すように、正常モデル（3 2 2 a、3 2 2 b）、予兆モデル（3 2 2 c）、異常モデル（3 2 2 d）毎に作成される。

【 0 1 5 3 】

30

図 9 (a) 及び図 9 (b) は、図 1 に示したプラントの診断装置における運転管理室 9 0 0 に設置された画像表示装置 9 4 0 に表示したプラントの診断結果の画面を説明する図である。

【 0 1 5 4 】

図 9 (a) は、画像表示装置 9 4 0 に診断結果（プラントの運転状態）を一覧で表示した説明図であり、この図 9 (a) に示すように、プラントの診断結果（プラントの運転状態）を一覧で表示してオペレータに診断結果を通知する。これにより、オペレータはプラントの運転状態を容易に把握でき、必要に応じて対策を講じることができる。

【 0 1 5 5 】

また、図 9 (b) は、図 1 に示したプラントの診断装置に設けた学習手段構成する期間決定部によって決定した正常状態と予兆状態の境界時刻 t_A 、予兆状態と異常状態の境界時刻 t_B をデフォルト値として表示した説明図であり、この図 9 (b) に示すように、プラントの診断装置における学習手段 4 0 0 を構成する期間決定部 6 0 0 で決定した正常状態と予兆状態の境界時刻 t_A 、予兆状態と異常状態の境界時刻 t_B をデフォルト値として表示する。正常状態、予兆状態、異常状態の期間と、計測信号、分類結果を同時に表示することで、期間決定部 6 0 0 の動作結果を容易に確認できる。

40

【 0 1 5 6 】

また、正常状態、予兆状態、異常状態の期間を、キーボード 9 2 0 とマウス 9 3 0 で構成される外部入力装置 9 1 0 を操作して発生させる外部入力信号 2 を用いて修正することもできる。すなわち、画面 9 4 2 上で、正常状態と予兆状態の境界時刻が表示される欄 9

50

4 3 a、予兆状態と異常状態の境界時刻が表示される欄 9 4 4 aに修正した時刻をキーボード 9 2 0を用いて入力し、実行ボタンを押すことで、期間情報 6を修正できる。

【 0 1 5 7 】

また、正常状態と予兆状態の境界ライン 9 4 3 b、予兆状態と異常状態の境界ライン 9 4 3 bをマウス 9 3 0でドラッグしてラインの位置を修正し、実行ボタンを押すことにより、期間情報 6を修正することもできる。オペレータの豊富な経験に基づいて期間情報 6を決定することで、診断の確度を向上できる可能性がある。本実施例の診断装置は、上述した修正を実施できるようになっている。

【 0 1 5 8 】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明をわかりやすく説明するために詳細に記載したものであり、必ずしも説明したすべての構成を備えるものに限定されるものではない。

【 0 1 5 9 】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行するソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル、計測値、算出情報等の情報は、メモリやハードディスク等の記憶装置、またはICカード、SDカード、DVD等の記憶媒体に置くことができる。よって、各処理、各構成は処理ユニットやプログラムモジュールとして実現可能である。

【 0 1 6 0 】

また、情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしもすべての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には、ほとんど全ての厚生が相互に接続されていると考えてもよい。

本実施例によれば、プラントの状態が正常状態から異常状態に至る途中の予兆状態を検知できるプラントの診断装置及びプラントの診断方法を実現することができる。この結果、プラントが異常状態に至る前にプラントの状態変化を早期に検知することが可能なプラントの診断装置及びプラントの診断方法が得られる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 6 1 】

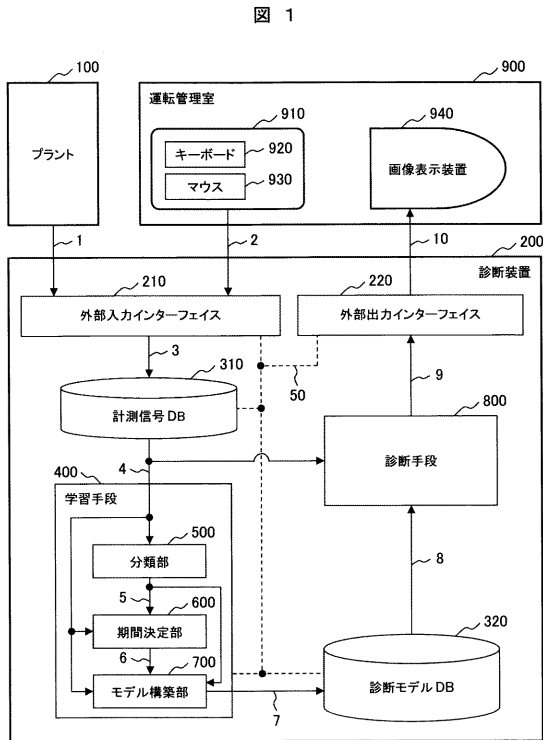
本発明は、プラントの診断装置及びプラントの診断方法として各種プラント等に広く適用可能である。

【 符号の説明 】

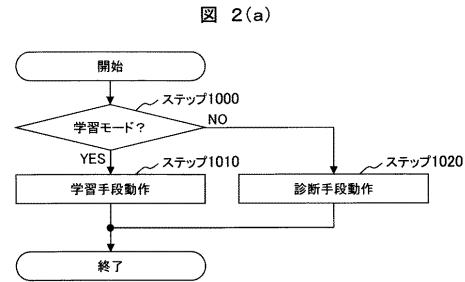
【 0 1 6 2 】

1 : 計測信号、2 : 外部入力信号、3 : 計測信号、4 : 計測信号、5 : 分類結果、6 : 期間情報、7 : モデル情報、8 : モデル情報、9 : 診断結果、10 : 画面表示情報、50 : 診断装置情報、100 : プラント、200 : 診断装置、210 : 外部入力インターフェイス、220 : 外部出力インターフェイス、310 : 計測信号データベース、320 : 診断モデルデータベース、400 : 学習手段、500 : 分類部、600 : 期間決定部、700 : モデル構築部、800 : 診断手段、900 : 運転管理室、910 : 外部入力装置、920 : キーボード、930 : マウス、940 : 画像表示装置。

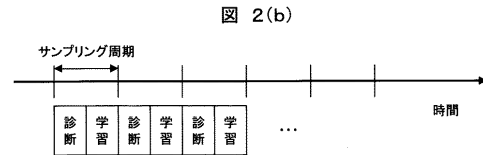
【図 1】



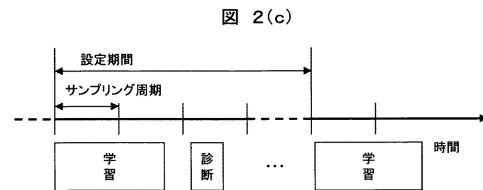
【図 2 (a)】



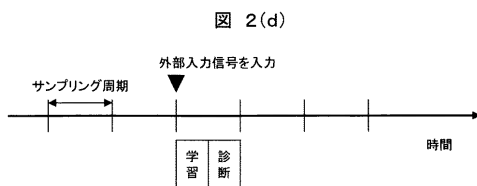
【図 2 (b)】



【図 2 (c)】

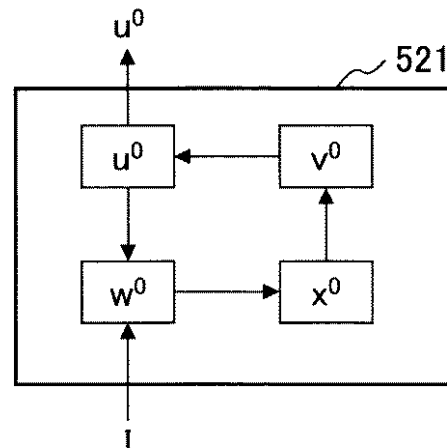


【図 2 (d)】

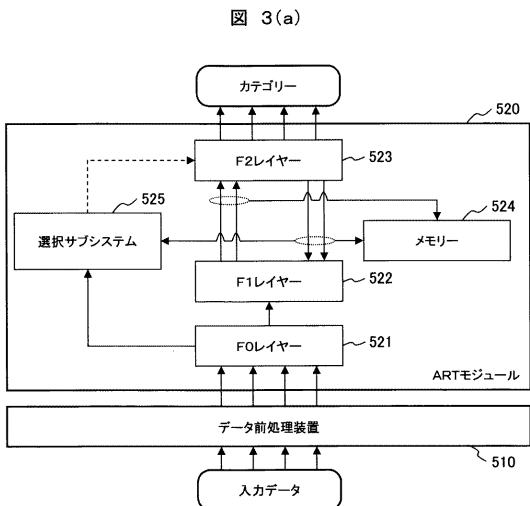


【図 3 (b)】

図 3(b)



【図 3 (a)】

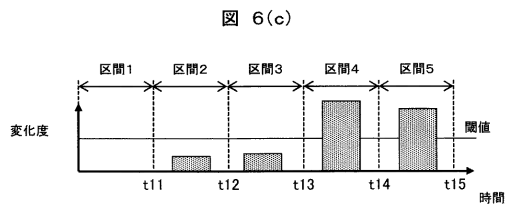


【 図 6 (b) 】

図 6(b)

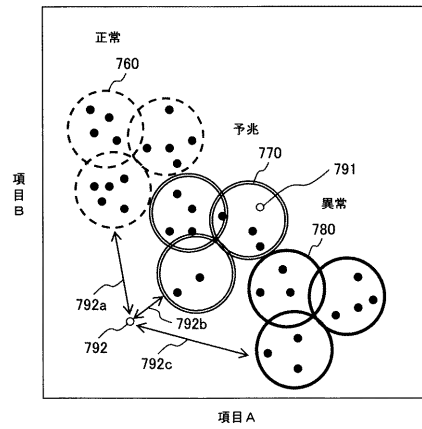
カテゴリーの出現率					単位: %
カテゴリー 番号	区間1	区間2	区間3	区間4	区間5
1	50	40	40	0	0
2	50	40	30	0	0
3	0	20	30	30	10
4	0	0	0	35	45
5	0	0	0	35	45
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
...

【 図 6 (c) 】



【圖 7】

图 7



【 図 8 (a) 】

图 8(a)

時刻	項目A	項目B	項目C	...
10:00	10	3	20	
10:01	10	3	20	
10:02	11	3	20	
10:03	13	3	23	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

【 図 8 (b) 】

図 8(b)

診断モデルDB(1)			
カテゴリ番号		重み係数	
1	0.9	0.8	
2	0.8	0.6	

正常1 正常2 予兆1 異常1

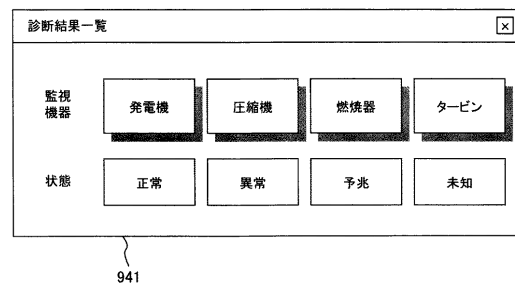
322a 322b 322c 322d

【 図 8 (c) 】

図 8(c)

【 図 9 (a) 】

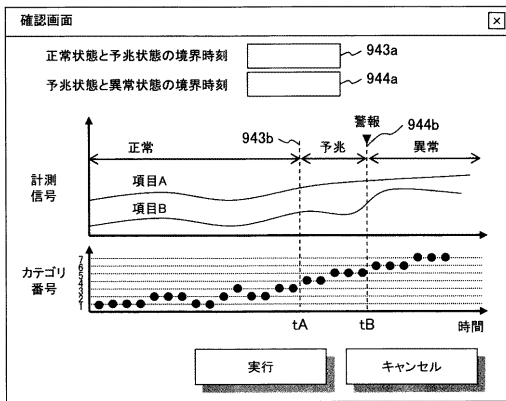
図 9(a)



診断モデル DB (2)		×
時刻	カテゴリー番号	▲
10:00	1	▼
10:01	1	
10:02	1	
10:03	2	
10:04	2	
◀		▶

【図 9 (b)】

図 9(b)



942

フロントページの続き

- (72)発明者 楠見 尚弘
日本国茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研
究所内
- (72)発明者 深井 雅之
日本国茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株式会社日立製作所 情報制御システム社内
- (72)発明者 村上 正博
日本国茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株式会社日立製作所 情報制御システム社内

審査官 青山 純

- (56)参考文献 特開2007-123007(JP, A)
特開2010-237893(JP, A)
特開2009-042997(JP, A)
特開平09-062340(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05B 23/02