

(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2017-10263

(P2017-10263A)

(43) 公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

(51) Int.Cl.
G05B 23/02 (2006.01)F I
G05B 23/02 302Tテーマコード (参考)
3C223

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-124872 (P2015-124872)	(71) 出願人	000233044
(22) 出願日	平成27年6月22日 (2015. 6. 22)		株式会社日立パワーソリューションズ
(11) 特許番号	特許第5875726号 (P5875726)		茨城県日立市幸町 3 丁目 2 番 2 号
(45) 特許公報発行日	平成28年3月2日 (2016. 3. 2)	(74) 代理人	110001689
			青稜特許業務法人
		(72) 発明者	趙 普社
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	田中 潤一
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	栗原 優
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異常予兆診断装置のプリプロセッサ及びその処理方法

(57) 【要約】

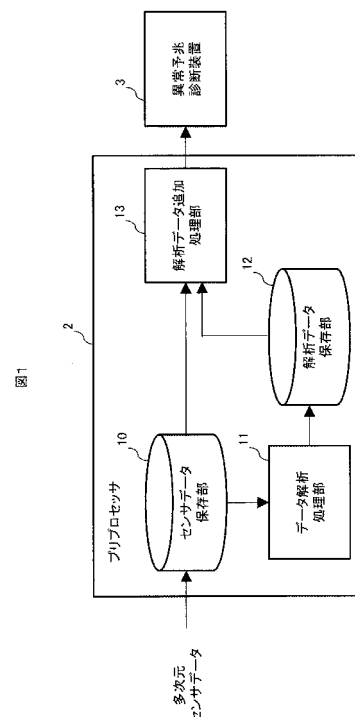
【課題】

異常予兆診断装置による機器の以上の予兆を早期に検出する。

【解決手段】

プリプロセッサは、異常予兆診断装置に接続し、多次元センサデータを保存するセンサデータ保存部、センサデータ保存部に保存されている多次元センサデータを用いて、変量値を計算するデータ解析処理部、データ解析処理部が計算した変量値を保存する解析データ保存部、および、センサデータ保存部に保存されている多次元センサデータと解析データ保存部に保存されている変量値を組合せ、組み合わせ結果を異常予兆診断装置に出力する解析データ追加処理部を有する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

異常予兆診断装置に接続し、
多次元センサデータを保存するセンサデータ保存部、
前記センサデータ保存部に保存されている前記多次元センサデータを用いて、変量値を計算するデータ解析処理部、
前記データ解析処理部が計算した前記変量値を保存する解析データ保存部、および、
前記センサデータ保存部に保存されている前記多次元センサデータと前記解析データ保存部に保存されている前記変量値を組合せ、前記組み合わせ結果を前記異常予兆診断装置に出力する解析データ追加処理部を有することを特徴とするプリプロセッサ。

10

【請求項 2】

前記解析データ追加処理部が組み合わせる前記多次元センサデータと前記変量値とは、同じ形式であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリプロセッサ。

【請求項 3】

同じ形式である、前記解析データ追加処理部が組み合わせる前記多次元センサデータと前記変量値との少なくとも一方のデータが欠損したとき、欠損した時刻に対応する前記データを補足または除去することを特徴とする請求項 2 に記載のプリプロセッサ。

【請求項 4】

前記データ解析処理部は、所定の選択条件に基づいて、前記多次元センサデータを用いた変量を選択し、選択した前記変量の前記変量値を計算することを特徴とする請求項 1 に記載のプリプロセッサ。

20

【請求項 5】

前記変量は、前記多次元センサデータから選択した 2 つのセンサデータの相関係数であることを特徴とする請求項 4 に記載のプリプロセッサ。

【請求項 6】

前記データ解析処理部は、前記多次元センサデータを用いた相関係数値を算出し、前記相関係数値から標本の相関係数値を抽出し、前記標本の相関係数値の平均値と標準偏差を用いて、前記変量として前記相関係数を選択することを特徴とする請求項 5 に記載のプリプロセッサ。

【請求項 7】

前記データ解析処理部は、前記多次元センサデータを用いた相関係数値を算出し、前記相関係数値から標本の相関係数値を抽出し、前記標本の相関係数値が表す相関強さの順番を用いて、前記変量として前記相関係数を選択することを特徴とする請求項 5 に記載のプリプロセッサ。

30

【請求項 8】

前記変量は、前記多次元センサデータから選択した 1 つのセンサデータの標準偏差であることを特徴とする請求項 4 に記載のプリプロセッサ。

【請求項 9】

異常予兆診断装置に接続し、センサデータ保存部および解析データ保存部を有するプリプロセッサの処理方法であって、前記プリプロセッサは、

40

前記センサデータ保存部に保存されている多次元センサデータを用いて、変量値を計算し、

計算した前記変量値を前記解析データ保存部に保存し、

前記センサデータ保存部に保存されている前記多次元センサデータと前記解析データ保存部に保存されている前記変量値を組合せ、前記組み合わせ結果を前記異常予兆診断装置に出力することを特徴とするプリプロセッサの処理方法。

【請求項 10】

前記プリプロセッサが組み合わせる前記多次元センサデータと前記変量値とは、同じ形式であることを特徴とする請求項 9 に記載のプリプロセッサの処理方法。

【請求項 11】

50

同じ形式である、前記プリプロセッサが組み合わせる前記多次元センサデータと前記変量値との少なくとも一方のデータが欠損したとき、欠損した時刻に対応する前記データを補足または除去することを特徴とする請求項 10 に記載のプリプロセッサの処理方法。

【請求項 12】

前記プリプロセッサは、所定の選択条件に基づいて、前記多次元センサデータを用いた変量を選択し、選択した前記変量の前記変量値を選択することを特徴とする請求項 9 に記載のプリプロセッサの処理方法。

【請求項 13】

前記変量は、前記多次元センサデータから選択した 2 つのセンサデータの相関係数であることを特徴とする請求項 12 に記載のプリプロセッサの処理方法。

10

【請求項 14】

前記プリプロセッサは、前記多次元センサデータを用いた相関係数値を算出し、前記相関係数値から標本の相関係数値を抽出し、前記標本の相関係数値の平均値と標準偏差および前記標本の相関係数値が表す相関強さの順番のいずれか一方を用いて、前記変量として前記相関係数を選択することを特徴とする請求項 13 に記載のプリプロセッサの処理方法。

【請求項 15】

前記変量は、前記多次元センサデータから選択した 1 つのセンサデータの標準偏差であることを特徴とする請求項 12 に記載のプリプロセッサの処理方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、異常予兆診断装置に接続するプリプロセッサ及びその処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

様々な機器から構成されるプラントや各種の設備は、長時間に亘る信頼性の高い稼働が要求される。しかし、環境または稼働状態などの要因によって、機器には様々なトラブルが発生する。そのため、機器の状態変化やトラブルを事前に把握することが重要になる。

【0003】

上記の要求に応じて、特許文献 1 と特許文献 2 は、機器に様々なセンサを設置し、そのセンサ値またはセンサ間相関関係（センサ値間の相関関係）を用いて稼働状態を監視する技術を記載している。

30

【0004】

特許文献 1 は、異常予兆の有無の診断を適切に行うことができる異常予兆診断装置及び異常予兆診断方法を記載している。特許文献 1 は、機械設備に設置された複数のセンサによって測定された多次元センサデータを取得し、機械設備が正常に稼働しているときのセンサデータを学習データとして事例モデルを作成し、その事例モデルからの乖離の度合いを示す異常度に基づいて異常予兆の有無を診断する。

【0005】

この事例モデルは、センサデータをクラスタリングして学習データを作成する。異常度は、診断対象データと、事例モデルを構成するクラスタの中で診断対象データとクラスタの重心との距離が最も近いクラスタである所属クラスタの重心と、診断対象データとの距離を、当該所属クラスタの広がりを示す指標であるクラスタ半径で除した値である。

40

【0006】

特許文献 2 は、不変関係分析と呼ばれる相関関係のずれを元にシステムの状態を分析する技術を記載している。特許文献 2 に記載の運用管理システムは、被管理装置の性能情報間の相関関係を表す相関関数を生成する。そして、新たに取得された性能情報をその相関関数に適用して当該相関関係が維持されているかどうかを判断する。相関関数は、二つの性能情報の関係式として生成する。一例として、性能 x 、 y に対して、「 $y = Ax + B$ 」の式で示される相関関数では、「 $A = -0.6$ 」、「 $B = 100$ 」の値が算出される

50

。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2013-8111号公報

【特許文献2】特開2014-238852号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1、2の技術は、センサ値またはセンサ値間の相関関係のいずれかを用いて異常・障害の診断を行う。特許文献1の技術は、センサデータの変化を監視するため、自由度が高くて適用できる範囲が広い。しかし、センサデータは一部の異常に感度が低いため、異常を早く検出できないことがある。特許文献2の技術は、相関関係の変化を監視するが、予め相関関数の形式を設定する必要があるため、自由度が低い。したがって、特許文献2の技術は、事前設定した相関関数以外の異常を検出できない。

10

【0009】

そこで、異常予兆診断装置による機器の異常の予兆を早期に検出する技術が望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

開示するプリプロセッサは、異常予兆診断装置に接続し、多次元センサデータを保存するセンサデータ保存部、センサデータ保存部に保存されている多次元センサデータを用いて、変量値を計算するデータ解析処理部、データ解析処理部が計算した変量値を保存する解析データ保存部、および、センサデータ保存部に保存されている多次元センサデータと解析データ保存部に保存されている変量値を組合せ、組み合わせ結果を異常予兆診断装置に出力する解析データ追加処理部を有する。

20

【発明の効果】

【0011】

開示するプリプロセッサによれば、異常予兆診断装置による機器の以上の予兆を早期に検出できる。

【図面の簡単な説明】

30

【0012】

【図1】プリプロセッサの構成例である。

【図2】プリプロセッサを接続していない異常予兆診断装置の構成例である。

【図3】プリプロセッサを接続した異常予兆診断装置の構成例である。

【図4】データ解析処理部が持つ2つの処理を説明する図である。

【図5】データ解析処理部の処理フローチャートである。

【図6】相関係数の種類の選択方法を説明するためのフローチャートである。

【図7】相関係数を追加する説明図の例である。

【図8】センサAとセンサBのセンサデータの時間変化を示す図である。

【図9】異常度の時間変化の例である。

40

【図10】プリプロセッサを異常予兆診断装置に組み込んだ異常予兆診断システムの構成例である。

【図11】相関係数の選択方法を説明するデータ解析処理部の処理フローチャートである。

。

【図12】相関係数追加のデータ構成を説明する図である。

【図13】異常の予兆の診断結果を説明する図である。

【図14】データ解析処理部の処理フローチャートである。

【図15】センサデータと、その標準偏差とを合わせ、追加で生成したデータの例である。

。

【図16】異常度の時間変化の例である。

50

【発明を実施するための形態】

【0013】

実施形態として、異常予兆診断装置による装置の異常予兆診断効果を向上させるための、異常予兆診断装置に前置接続、または内部接続するプリプロセッサを開示する。プリプロセッサは、入力する多次元センサデータと、さらに多次元センサデータから新たな変量を生成し、生成した新たな変量とを異常予兆診断装置に入力することにより、異常の予兆診断の効果として、予兆を検出するまでの時間を短縮する。新たな変量は、多次元センサデータとは異なる装置状態を反映するものであり、多次元センサデータ間の相関係数、多次元センサデータの標準偏差などである。

【0014】

10

センサ値およびセンサ値間の相関係数は、機器の状態の異なる特徴を反映するため、両方を併用して機器状態を判定すれば、機器の異常を早く検出できる可能性がある。例えば、同一の機器に付けるセンサは互いに影響があるので、異常の発生時、センサ値が大きく変化しなくても、センサ値間の相関係数が変化する場合がある。この場合には、センサ値間の相関係数の方が個々のセンサ値よりも早く異常を検出できる。逆に、センサ値の方が早いこともある。このように、センサ値、相関係数などの様々な変量との組合せは異常予兆診断効果を改善できる。

【0015】

20

なお、異常予兆診断装置は、プリプロセッサから入力する多次元センサデータおよび変量（多次元センサデータおよび変量を入力データと呼ぶ。）の各々に閾値を設け、閾値との比較により機器の異常を検出する。または、異常予兆診断装置は、機器の正常な状態を表す事例モデルからの乖離の度合いを示す異常度を算出し、後で例示するように、その異常度に閾値を設け、閾値との比較により機器の異常を検出する。閾値との比較は、入力データまたは異常度が表す機器の状態に対応して3種類ある。第1は、入力データまたは異常度が閾値を超えた場合に、機器の状態が異常とする場合であって、この場合、閾値は、機器の正常状態を表す入力データまたは異常度の上限值を表す。第2は、入力データまたは異常度が閾値を下回った場合に、機器の状態が異常とする場合であって、この場合、閾値は、機器の正常状態を表す入力データまたは異常度の下限值を表す。第3は、第1及び第2の閾値（第1の閾値＞第2の閾値）を設け、入力データまたは異常度が第1の閾値を超えた場合および第2の閾値を下回った場合に、機器の状態が異常とする場合であって、この場合に、機器の状態が異常とする場合であって、この場合、第1の閾値は、機器の正常状態を表す入力データまたは異常度の上限值を表し、第2の閾値は、機器の正常状態を表す入力データまたは異常度の下限值を表す。いずれの閾値設定においても、異常予兆診断装置へ入力するデータの形式（データフォーマット）が同じであると、異常予兆診断装置の比較の論理の実装が簡単になるので、プリプロセッサは、多次元センサデータおよび変量を同じ形式で異常予兆診断装置に出力することが望まれる。

30

【0016】

以下、実施例について図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0017】

40

選択するセンサ値間の相関係数をセンサデータに追加するプリプロセッサの例を説明する。図1は、プリプロセッサ（前処理装置）2の構成例である。プリプロセッサ2は、センサデータ保存部10、データ解析処理部11、解析データ保存部12、および解析データ追加処理部13を備えた、異常予兆診断装置3の前処理装置である。

【0018】

プリプロセッサ2は、センサデータ保存部10に保存された多次元センサデータ（以下、単にセンサデータと呼ぶ。）を対象に、センサデータ解析処理部11が、センサ値（センサデータ）間の相関係数（以下、単に相関係数またはセンサ間相関係数と呼ぶ。）の種類を選択し、選択した種類の相関係数値を算出して解析データ保存部12に保存する。解析データ追加処理部13は、センサデータ保存部13からのセンサデータを異常予兆診断

50

装置 3 に出力すると共に、解析データ保存部 1 2 から相関係数を読み出し、異常予兆診断装置 3 に出力する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、プリプロセッサ 2 を接続していない異常予兆診断装置 3 の構成例である。複数のセンサが付いている機器 4 は通信ネットワーク 5 に接続している。機器 4 は、通信ネットワーク 5 を介して、センサから収集するセンサデータを異常予兆診断装置 3 に送信する。異常予兆診断装置 3 は、データ収集サーバ 3 1、データマイニングサーバ 3 2、および結果表示クライアント 3 3 を備える。データ収集サーバ 3 1 は、収集される複数のセンサのデータ、すなわち多次元センサデータを保存するための収集データベース 3 4 を有する。データマイニングサーバ 3 2 は、入力される多次元センサデータを対象に、機器 4 の異常の予兆を診断し、異常予兆の診断結果などを保存するマイニングデータベース 3 5 を有する。結果表示クライアント 3 3 は、異常予兆の診断結果を表示する。

10

【 0 0 2 0 】

図 3 は、プリプロセッサ 2 を、異常予兆診断装置 3 のデータ収集サーバ 3 1 とデータマイニングサーバ 3 2 との間に接続する構成例である。図 3 の構成により、データマイニングサーバ 3 2 がセンサデータに基づいて異常の予兆診断をする前に、プリプロセッサ 2 が新たな変量値（相関係数値）を追加する。

【 0 0 2 1 】

図 3 に示す構成とは異なり、プリプロセッサ 2 をデータ収集サーバ 3 1 の前に実装してもよい。さらに、プリプロセッサ 2 を機器 4 に直接接続してもよいし、または機器 4 のコントロール部に設置してもよい。

20

【 0 0 2 2 】

プリプロセッサ 2 のセンサデータ保存部 1 0 は、機器 4 に付いているセンサから収集したセンサデータを保存するので、センサデータ保存部 1 0 はセンサデータを保存できる容量が必要である。図 3 に示す構成では、異常予兆診断装置 3 のデータ収集サーバ 3 1 をプリプロセッサ 2 が利用できる所以、センサデータ保存部 1 0 として収集データベース 3 4 する。

【 0 0 2 3 】

図 4 は、データ解析処理部 1 1 が持つ主な 2 つの処理を説明する図である。データ解析処理部 1 1 は、センサデータに基づき、選択したセンサ間の相関係数を算出するために、センサデータから所望の変量（センサデータの一部）を選択する変量選択部 1 1 0、および選択した変量を用いてセンサ間の相関係数を算出する変量値算出部 1 1 1 を有する。変量値算出部 1 1 1 が算出した相関係数を多次元解析データと呼ぶ。

30

【 0 0 2 4 】

図 5 は、データ解析処理部 1 1 の処理フローチャートである。データ解析処理部 1 1 は、必要なパラメータを設定する（S 1 0）。必要なパラメータとは、例えば、センサ値のある期間の標準偏差を計算するときの、計算する期間である。その計算期間は 1 2 時間であっても良いし、3 0 分であってもよい。パラメータは、センサデータの特徴に応じて変えられる。

【 0 0 2 5 】

40

データ解析処理部 1 1 は、相関係数の種類を選択する（S 1 1）。S 1 1 の処理が、図 4 の変量選択部 1 1 0 の処理に相当する。相関係数の数はセンサの組み合わせの数であるため、センサ数が多い場合、すべての相関係数を用いると、異常予兆診断のための計算時間または計算精度に影響を与える。例えば、すべての相関係数を用いるようにすると、2 4 個のセンサデータから 2 7 6 個の相関係数を算出できて、元のセンサデータの数の 1 0 倍を超えるので、異常予兆診断の計算時間は、相関係数を用いない場合に比べて 1 0 倍から 1 0 0 倍くらいに増加する可能性がある。すべてのセンサ間の相関係数が異常状態を反映するわけではないため、相関係数を選択する必要がある。選択条件は、センサデータが機器 4 の稼動状態や環境変化などの影響を受けるため、固定的な条件とすることは難しい。この難しさを解決する、相関係数の選択方法を、図 6 を用いて後述する。

50

【 0 0 2 6 】

データ解析処理部 1 1 は、選択した相関係数に対応する変量（センサデータ）を抽出し（S 1 2）、その相関係数を計算する（S 1 3、S 1 4）。S 1 2、S 1 3、および S 1 4 の処理が、図 4 の変量値算出部 1 1 1 の処理に相当する。データ解析処理部 1 1 は、相関係数の計算に必要なセンサデータを、センサデータ保存データベース 1 0 から読み込む。例えば、ある時刻の温度センサと圧力センサの相関係数を計算する場合、その時刻以前の計算範囲（パラメータで指定される計算期間）内の温度センサデータと圧力センサデータをセンサデータ保存データベース 1 0 から抽出する。ここではある時刻以前のデータを用いて解析するが、データ解析処理部 1 1 は、ある時刻の前後のデータ、またはある時刻以後のデータを用いてもよい。データ解析処理部 1 1 は、例えば、次式を用いて相関係数を計算する。2 組のセンサ値からなるデータ列 $\{(x_i, y_i)\} (i = 1, \dots, n)$ が与えられたとき、相関係数は以下のように求められる。

$$R = \Sigma ((x_i - x_a) \cdot (y_i - y_a)) / (\text{SQR T}(\Sigma (x_i - x_a)^2) \cdot \text{SQR T}(\Sigma (y_i - y_a)^2))$$

ここで、R は相関係数値、 x_a は x_i 全体の平均値、 y_a は y_i 全体の平均値、 Σ は和を求めること、SQR T は平方根を求めることを表す。

【 0 0 2 7 】

データ解析処理部 1 1 は、相関係数を計算する前に、計算結果の正確性を確保するため、外れ値処理、ノイズ処理などの処理をしてもよい。データ解析処理部 1 1 は、選択したすべての相関係数を計算し、計算結果を、解析データ保存部 1 2 に保存する（S 1 5）。

【 0 0 2 8 】

図 6 は、相関係数の種類（相関係数を求めるセンサデータの組み合わせの種類）の選択方法を説明するフローチャートである。データ解析処理部 1 1 は、相関係数の種類を選択するために、選択条件の設定する（S 1 1 0）。ここでは、相関の強さを示す相関係数平均値と、相関の安定性を表示する相関係数標準偏差を選択条件にする。相関係数平均値は、所定時間内の同じ種類の相関係数の平均値である。相関係数標準偏差は、所定時間内の同じ種類の相関係数の標準偏差である。選択条件を満たすかを判定する判定条件として標準偏差の閾値を 0 ～ 1 の間で設定する。例えば、判定条件を、平均値が一番大きい 1 5 個であることと、標準偏差が 0 . 1 より小さいことに設定する。

【 0 0 2 9 】

データ解析処理部 1 1 は、相関係数が選択条件を満足するかどうかを判定するため、相関係数を計算する。しかし、毎時刻（センサデータを取得する時刻毎）のすべての相関係数値を計算することは、計算時間がかかるので、データ解析処理部 1 1 は標本抽出をする（S 1 1 1）。例えば、0 . 1 % のレートでセンサデータを抽出する場合には、計算量は全てを計算するより 1 / 1 0 0 0 にできる。ここでは 0 . 1 % の標本抽出を例に説明するが、1 % や 1 0 % など計算時間に応じて標本抽出のレートを変更してもよい。次に、データ解析処理部 1 1 は標本の相関係数値を計算する（S 1 1 2）。

【 0 0 3 0 】

データ解析処理部 1 1 は、相関係数が選択条件を満足するかどうかを判定するときに、平均値の条件と標準偏差の条件を順番で判定し（S 1 1 3、S 1 1 4、S 1 1 6）、両方の条件を満足する相関係数を相関係数リストに保存する（S 1 1 5）。

【 0 0 3 1 】

図 1 に戻って、説明を続ける。解析データ追加処理部 1 1 3 は、センサデータ保存部 1 0 からセンサデータを読み込み、解析データ保存部 1 2 から解析データを読み込み、新たなデータを生成する。解析データがセンサデータと同じ形式を持つことが望まれるため、解析データがセンサデータに対応できない部分があれば、解析データを補足または除去する必要がある。例えば、ある時刻の相関係数がセンサデータの欠陥のために算出できない場合に、その相関係数値を予測値で補足する。予測値の計算方法については、センサデータの特徴によっていくつかある。例えば、相関係数値を計算する変量値が連続的である場合、その欠陥値の付近にある変量値の平均値を用いて、相関係数の予測値を計算する。また、

10

20

30

40

50

相関係数値を計算する変量値が正規分布に従うランダム値である場合、全ての計算できる変量値（欠陥センサデータを除いた変量値）の平均値を用いて、相関係数の予測値を計算する。ここで、センサデータの特徴によって、多次元方程式による補完など、他の補足方法を使ってもよい。また、欠陥センサデータに伴い、相関係数の予測値の計算が難しい場合は、欠陥データの時間点（センサデータを取得した時刻）とその欠陥データを除去して処理してもよい。

【 0 0 3 2 】

図 7 は、センサデータにセンサ間の相関係数を追加する説明図の例である。例えば、3つのセンサ種類（センサ # 1 ~ # 3）があって、3つのセンサデータは多次元時系列データである。データ解析処理部 11 が、センサ # 1 とセンサ # 3 の相関係数を選択し、センサデータに時間的に対応する相関係数値を算出する。相関係数とセンサデータを対応する時刻を基に組合せ、新たな多次元時系列データを生成する。ここでは、説明のため、3つの種類のセンサデータと1つの相関係数を用い、4次元の時系列データを得るが、異常予兆診断装置 3 の処理能力によって、多い種類のデータを生成してもよい。

【 実施例 2 】

【 0 0 3 3 】

本実施例では、ガスエンジンを構成する機器 4 の異常予兆診断装置において、選択したセンサ間の相関係数をセンサデータに追加するプリプロセッサ 2 の例を説明する。異常予兆の診断対象のガスエンジンには、複数のセンサ、例えば、潤滑油の温度と圧力、冷却水の温度と圧力、吸気温度、平均電流、平均電圧などを計測するセンサが設置されている。各センサデータは、あるレートで、例えば、30 秒ごとに各センサから出力され、データ収集サーバ 31 に送信され、収集データベース 34 に保存される。ガスエンジンを構成する機器 4 が 24 時間連続稼働している場合は、1 日に複数のセンサ値を 2880 点（24 時間 × 60 分 × 60 秒 ÷ 30 秒）収集できる。

【 0 0 3 4 】

図 8 は、正規化したセンサ A とセンサ B のセンサデータの時間変化を示す図である。このセンサデータの最後は、故障が発生した時間点（時刻）であるため、異常の予兆の検出から異常発生までの期間によって、予兆診断の効果を評価することができる。例えば、異常予兆診断装置 3 がこのセンサデータを解析し、異常を検出できない場合より、異常発生よりある時間前に異常の予兆を検出する場合は効果があると評価する。そして、異常発生よりある時間前に異常の予兆を検出する場合より、異常発生よりある時間の倍の時間前に異常の予兆を検出する場合は効果があると評価する。

【 0 0 3 5 】

異常予兆診断装置 3 の診断方法について説明する。診断対象のセンサデータは、センサ A とセンサ B のような 30 秒のサンプリング周期ごとに収集する 24 種のセンサデータである。異常予兆診断装置 3 は、診断対象データに対して、その計測期間より前のセンサデータを正常に稼働している学習データとして用い、クラスタ化してモデルを作る。異常予兆診断装置 3 は、モデルの学習データからの診断対象データの乖離の度合いを示す異常度の大きさに基づいて、異常予兆の有無を診断する。例えば、図 9 は、この方法で計算した異常度の時間変化の例である。図 9 に示す異常度では、異常の予兆があると判定する閾値（図中の破線）を超えないので、異常予兆診断装置 3 は異常の予兆を検出しない。

【 0 0 3 6 】

図 10 は、プリプロセッサ 2 を異常予兆診断装置 3 に組み込んだ異常予兆診断システムの構成例である。プリプロセッサ 2 が異常予兆診断装置 3 の収集データベース 34 をセンサデータ保存部 10 として用いるため、プリプロセッサ 2 は独立なセンサデータ保存データベース 10 を用いない。センサデータは、複数のサイトのガスエンジンのデータ保存装置から通信網を通じて収集データベース 34 に保存される。異常の予兆を診断する前に、プリプロセッサ 2 が、相関係数を選択し、その相関係数値を計算し、追加する。その後、異常予兆診断装置 3 はガスエンジンの状態の異常の予兆の有無を判定する。

【 0 0 3 7 】

10

20

30

40

50

図 1 1 は、本実施例の相関係数の種類の選択方法を説明するデータ解析処理部 1 1 の処理フローチャートである。データ解析処理部 1 1 は、選択条件を設定する (S 2 1 0)。ここでは、ガスエンジンの特徴によって、相関係数の強さの順番で一番高い 1 5 個を選択するという条件を設定する。次に、データ解析処理部 1 1 は、センサデータから標本データを抽出し (S 2 1 1)、標本データの各センサの組み合わせの相関係数とその平均値を計算する (S 2 1 2)。データ解析処理部 1 1 は、計算した平均値に基づいて、センサ間相関係数の強さの順番を求めて (S 2 1 3)、一番強い相関係数から 1 5 個を選択する (S 2 1 4)。

【 0 0 3 8 】

データ解析処理部 1 1 は、選択した 1 5 個の相関係数の値を計算して、時間によってセンサデータに追加する。図 1 2 は、相関係数追加のデータ構成を説明する図である。

【 0 0 3 9 】

図 1 3 の (A) は、プリプロセッサ 2 の処理後、異常の予兆の診断結果を説明する図である。例えば、図示する、機器の状態が $R = 0.9$ から $R = 0$ に変化すれば、機器に何か異常が発生する。しかし、図に示すように、センサ A およびセンサ B の測定値 (センサデータ) の範囲はほぼ同じであるため、この異常状態を検出するのが難しい。この場合に、両者の相関係数を変量として追加すれば、相関係数 R が 0.9 から 0 に変化することで、図 1 3 の (B) のように、異常度が高くなって、異常の予兆を検出することが可能になる。図 1 3 の (B) に示す結果は、図 9 の診断結果に比べて、同じ判定閾値の設定により、異常の予兆の検出時間が早くなる。これが、変量追加の効果である。

【 実施例 3 】

【 0 0 4 0 】

本実施例では、ガスエンジンの予兆診断に関して、発電電力 (センサデータ) の標準偏差を変量として追加するプリプロセッサ 2 の例を説明する。標準偏差を求めたセンサデータでは、装置状態の異常を検知できない場合でも、センサデータの標準偏差を異常予兆診断装置 3 の入力することにより、装置状態の異常を検知できる場合がある。本実施例は、このような場合に対応する。

【 0 0 4 1 】

図 1 4 は、データ解析処理部 1 1 の処理フローチャートである。追加する変数の種類は発電電力の標準偏差であるので、標準偏差を求めるための変数の選択に関しては省略する。データ解析処理部 1 1 は、パラメータを設定し (S 3 0)、発電電力センサのデータを抽出し (S 3 1)、標準偏差を計算し (S 3 2)、計算結果を出力する (S 3 3)。

【 0 0 4 2 】

図 1 5 は、発電電力センサデータとその標準偏差とを合わせ、追加生成したデータの例である。追加生成したデータを用い、異常予兆診断装置 3 は異常の予兆を診断する。

【 0 0 4 3 】

図 1 6 は、標準偏差を追加生成したデータを用いて、異常予兆診断装置 3 が異常の予兆を診断するための異常度の時間変化の例である。この異常度の時間変化は、図 9 の異常度の時間変化に比べて、同じ判定閾値の設定により、異常の予兆の検出までの時間が早くなる。

【 0 0 4 4 】

なお、実施形態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、上記した実施例は分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【 0 0 4 5 】

また、上記の各構成、機能、処理方法等は、記録装置と計算機機能を備えるシステムに実装し、ソフトウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能、処理方法等は、それ

10

20

30

40

50

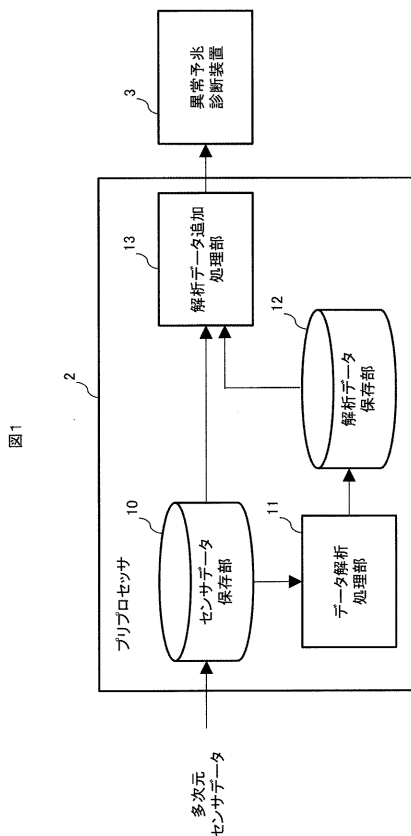
らの一部または全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。

【符号の説明】

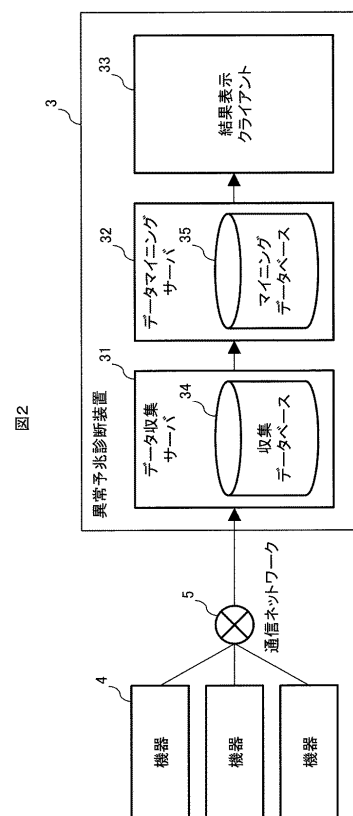
【0046】

2：プリプロセッサ、3：異常予兆診断装置、4：機器、5：通信ネットワーク、10：センサデータ保存部、11：データ解析処理部、12：解析データ保存部、13：解析データ追加処理部、110：変量を自動的に選択、111：変量値を計算、31：データ収集サーバ、32：データマイニングサーバ、33：結果表示クライアント、34：収集データベース、35：マイニングデータベース。

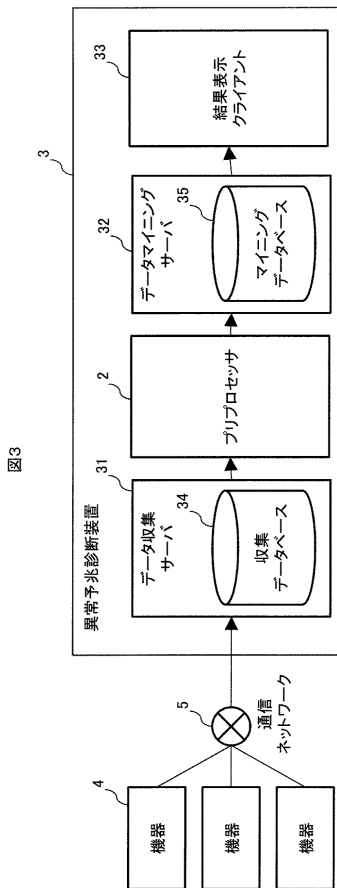
【図1】



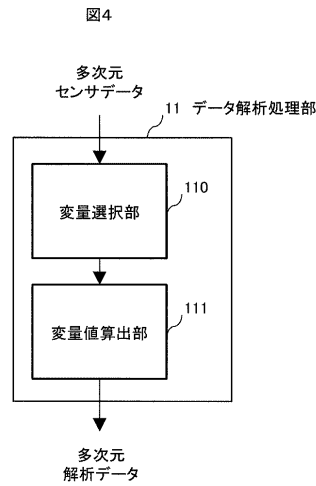
【図2】



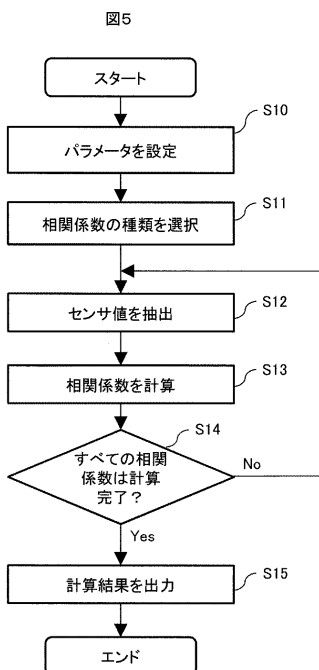
【図 3】



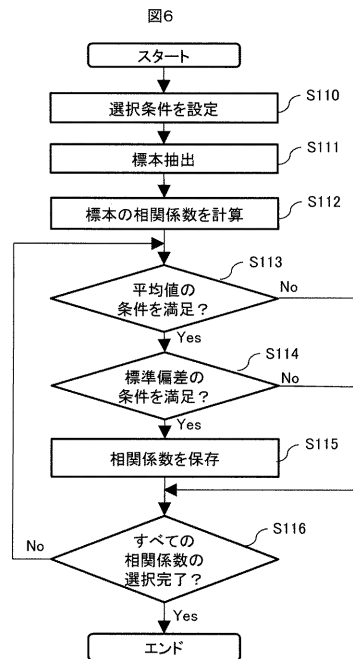
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

図7

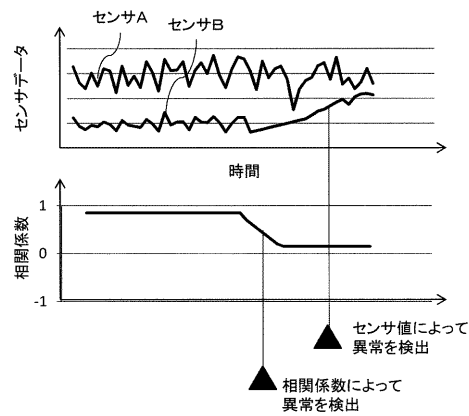
センサデータ				相関係数	
時間(s)	センサ #1	センサ #2	センサ #3	時間(s)	相関係数 #1と#3
...	...	...	...	...	...
3610	0.14	526	1.3	3610	0.87
3640	0.16	528	1.5	3640	0.86
3670	0.14	533	1.3	3670	0.82
3700	0.14	525	1.3	3700	0.88
3730	0.16	532	1.4	3730	0.85
...	...	...	...	...	...

相関係数を追加したデータ

時間(s)	センサ #1	センサ #2	センサ #3	相関係数 #1と#3
...	...	...	...	...
3610	0.14	526	1.3	0.87
3640	0.13	528	1.5	0.86
3670	0.14	533	1.3	0.82
3700	0.14	525	1.3	0.88
3730	0.15	532	1.3	0.85
...	...	...	...	...

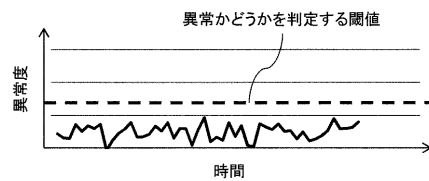
【図 8】

図8



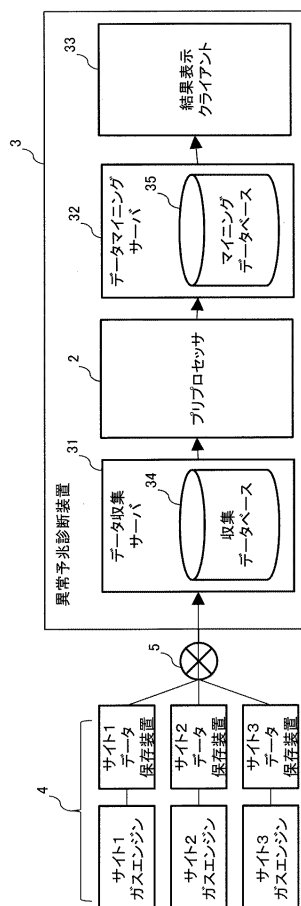
【図 9】

図9



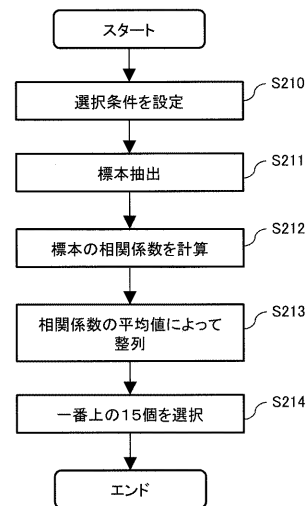
【図 10】

図10



【図 11】

図11



【図 1 2】

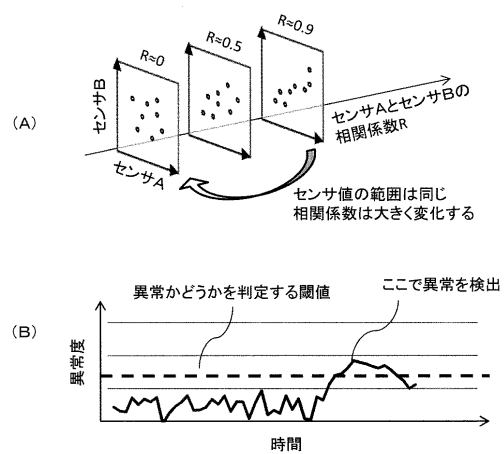
図12

センサデータ			相関係数	
時間(s)	センサ A	センサ B	時間(s)	相関係数 AとB
...	...	...	...	...
3610	xxx	xxx	3610	xxx
3640	xxx	xxx	3640	xxx
3670	xxx	xxx	3670	xxx
3700	xxx	xxx	3700	xxx
3730	xxx	xxx	3730	xxx
...	...	...	...	...

相関係数を追加したデータ			
時間(s)	センサ A	センサ B	相関係数 AとB
...	...	...	...
3610	xxx	xxx	xxx
3640	xxx	xxx	xxx
3670	xxx	xxx	xxx
3700	xxx	xxx	xxx
3730	xxx	xxx	xxx
...	...	...	...

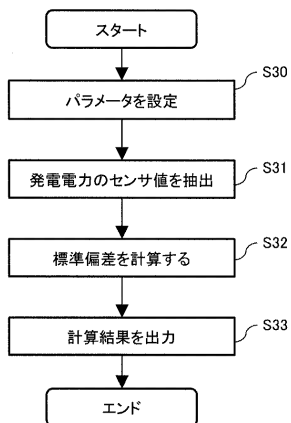
【図 1 3】

図13



【図 1 4】

図14



【図 1 5】

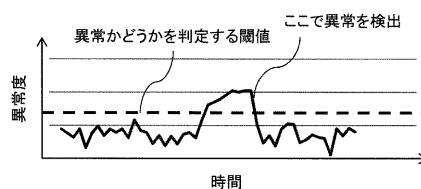
図15

センサデータ		標準偏差	
時間(s)	発電電力	時間(s)	標準偏差
...	...	...	...
3610	xxx	3610	xxx
3640	xxx	3640	xxx
3670	xxx	3670	xxx
3700	xxx	3700	xxx
3730	xxx	3730	xxx
...	...	...	...

標準偏差を追加したデータ		
時間(s)	発電電力	標準偏差
...	...	...
3610	xxx	xxx
3640	xxx	xxx
3670	xxx	xxx
3700	xxx	xxx
3730	xxx	xxx
...	...	...

【図 1 6】

図16



【手続補正書】

【提出日】平成27年12月17日(2015.12.17)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異常予兆診断装置に接続し、

多次元センサデータを保存するセンサデータ保存部、

前記センサデータ保存部に保存されている前記多次元センサデータから選択した2つのセンサデータの相関係数を算出し、算出した前記相関係数から標本の相関係数値を抽出し、前記標本の相関係数値の平均値と標準偏差および前記標本の相関係数値が表す相関強さの順番のいずれか一方を用いて、変量として前記相関係数を選択し、選択した前記変量の
変量値を計算するデータ解析処理部、

前記データ解析処理部が計算した前記変量値を保存する解析データ保存部、および、

前記センサデータ保存部に保存されている前記多次元センサデータと前記解析データ保存部に保存されている前記変量値を組合せ、前記組み合わせ結果を前記異常予兆診断装置に出力する解析データ追加処理部を有することを特徴とするプリプロセッサ。

【請求項 2】

前記解析データ追加処理部が組み合わせる前記多次元センサデータと前記変量値とは、同じ形式であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリプロセッサ。

【請求項 3】

同じ形式である、前記解析データ追加処理部が組み合わせる前記多次元センサデータと前記変量値との少なくとも一方のデータが欠損したとき、欠損した時刻に対応する前記データを補足または除去することを特徴とする請求項 2 に記載のプリプロセッサ。

【請求項 4】

異常予兆診断装置に接続し、センサデータ保存部および解析データ保存部を有するプリプロセッサの処理方法であって、前記プリプロセッサは、

前記センサデータ保存部に保存されている多次元センサデータから選択した2つのセンサデータの相関係数を算出し、

算出した前記相関係数から標本の相関係数値を抽出し、

前記標本の相関係数値の平均値と標準偏差および前記標本の相関係数値が表す相関強さの順番のいずれか一方を用いて、変量として前記相関係数を選択し、

選択した前記変量の
変量値を計算し、

計算した前記変量値を前記解析データ保存部に保存し、

前記センサデータ保存部に保存されている前記多次元センサデータと前記解析データ保存部に保存されている前記変量値を組合せ、前記組み合わせ結果を前記異常予兆診断装置に出力することを特徴とするプリプロセッサの処理方法。

【請求項 5】

前記プリプロセッサが組み合わせる前記多次元センサデータと前記変量値とは、同じ形式であることを特徴とする請求項 4 に記載のプリプロセッサの処理方法。

【請求項 6】

同じ形式である、前記プリプロセッサが組み合わせる前記多次元センサデータと前記変量値との少なくとも一方のデータが欠損したとき、欠損した時刻に対応する前記データを補足または除去することを特徴とする請求項 5 に記載のプリプロセッサの処理方法。

フロントページの続き

(72)発明者 野田 統治郎

茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立パワーソリューションズ内

(72)発明者 知久馬 成美

茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立パワーソリューションズ内

Fターム(参考) 3C223 AA01 AA18 BA03 CC02 CC03 DD03 EB01 EB03 FF04 FF05

FF13 FF22 FF26 FF35 GG01 HH01