

(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2018-139085
(P2018-139085A)

(43) 公開日 平成30年9月6日(2018.9.6)

(51) Int.Cl.
G05B 23/02 (2006.01)

F I
G05B 23/02

テーマコード (参考)
3C223

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2017-34028 (P2017-34028)
(22) 出願日 平成29年2月24日 (2017.2.24)

(71) 出願人 399035766
エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
(74) 代理人 110002147
特許業務法人酒井国際特許事務所
(72) 発明者 泉谷 知範
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社内
(72) 発明者 切通 恵介
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社内

最終頁に続く

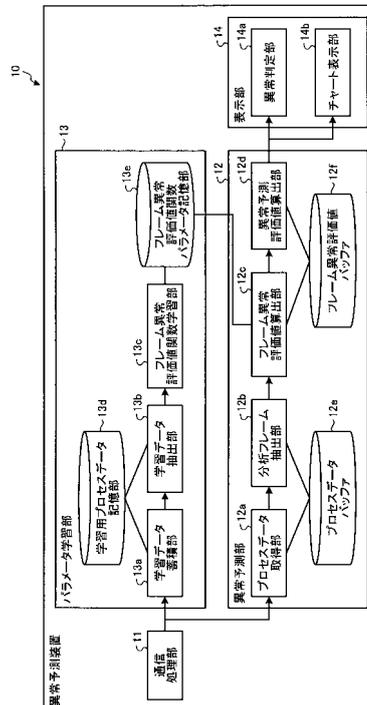
(54) 【発明の名称】 異常予測方法、異常予測装置、異常予測システムおよび異常予測プログラム

(57) 【要約】

【課題】 未来に異常が発生するかどうかの予測を行うこと。

【解決手段】 異常予測装置10は、監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータから、所定の時間幅W aである分析フレームに含まれるプロセスデータを抽出する。そして、異常予測装置10は、抽出されたプロセスデータを入力として、監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出する。そして、異常予測装置10は、算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異常予測装置によって実行される異常予測方法であって、

監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータから、
 所定の時間幅である第一の時間幅に含まれるプロセスデータを抽出する抽出工程と、

前記抽出工程によって抽出されたプロセスデータを入力として、前記監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出するフレーム異常評価値算出工程と、

前記フレーム異常評価値算出工程によって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、前記所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する異常予測評価値算出工程と

を含んだことを特徴とする異常予測方法。

10

【請求項 2】

前記異常予測評価値算出工程によって算出された前記異常予測評価値が所定の閾値以上であるか否かを判定し、前記異常予測評価値が所定の閾値以上である場合には、異常発生に関する警告を出力する異常判定工程をさらに含んだことを特徴とする請求項 1 に記載の異常予測方法。

【請求項 3】

前記異常予測評価値算出工程によって算出された前記異常予測評価値の時系列データをチャート画面として表示するチャート表示工程をさらに含んだことを特徴とする請求項 1 に記載の異常予測方法。

20

【請求項 4】

前記フレーム異常評価値算出工程は、前記学習モデルとして、ニューラルネットワークを用いて、前記フレーム異常評価値を算出すること特徴とする請求項 1 に記載の異常予測方法。

【請求項 5】

前記学習モデルのパラメータを、前記監視対象設備に異常が発生した時刻を示す異常発生時刻データおよび前記プロセスデータに基づいて、学習する学習工程をさらに含んだことを特徴とする請求項 1 に記載の異常予測方法。

30

【請求項 6】

監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータから、
 所定の時間幅である第一の時間幅に含まれるプロセスデータを抽出する抽出手段と、

前記抽出手段によって抽出されたプロセスデータを入力として、前記監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出するフレーム異常評価値算出手段と、

前記フレーム異常評価値算出手段によって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、前記所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する異常予測評価値算出手段と

を有することを特徴とする異常予測装置。

40

【請求項 7】

異常予測装置とパラメータ学習装置とがネットワークを介して接続されている異常予測システムであって、

前記異常予測装置が、

監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータと前記監視対象設備に異常が発生した時刻を示す異常発生時刻データとを前記パラメータ学習装置に送信し、前記監視対象設備の異常を予測するための学習モデルのパラメータを前記パラメータ学習装置から受信する通信手段と、

前記プロセスデータから、所定の時間幅である第一の時間幅に含まれるプロセスデータ

50

を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段によって抽出されたプロセスデータを入力として、前記学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出するフレーム異常評価値算出手段と、

前記フレーム異常評価値算出手段によって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、前記所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する異常予測評価値算出手段と

を有し、

前記パラメータ学習装置が、

前記プロセスデータと前記異常発生時刻データとを前記異常予測装置から受信する学習データ受信手段と、

前記学習データ受信手段によって受信された前記プロセスデータおよび前記異常発生時刻データに基づいて、前記学習モデルのパラメータを、学習する学習手段と、

前記学習手段によって学習された前記学習モデルのパラメータを前記異常予測装置へ送信するパラメータ送信手段と

を有することを特徴とする異常予測システム。

【請求項 8】

監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータから、所定の時間幅である第一の時間幅に含まれるプロセスデータを抽出する抽出ステップと、

前記抽出ステップによって抽出されたプロセスデータを入力として、前記監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出するフレーム異常評価値算出ステップと、

前記フレーム異常評価値算出ステップによって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、前記所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する異常予測評価値算出ステップと

をコンピュータに実行させることを特徴とする異常予測プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、異常予測方法、異常予測装置、異常予測システムおよび異常予測プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、工場、プラント等のセンサ等のプロセスデータを用いた異常の予測に関連する技術として、とくに、センサ異常値の定義が明確でなく、閾値などで異常を検知するのが困難である場合に、過去に収集したプロセスデータに基づいて異常を予測、または検知する方法が提案されている。

【0003】

一般的に、多変量時系列データとして表現されるプロセスデータを一定時間の窓で切り取り、演算を行うことで異常の発生の判断に関連する値を算出する。具体的な手法として、過去のデータを用いて、現在の状態を表現する計算モデル、または、現在（または未来）のプロセスデータそのものを算出する計算モデルを学習し、新たに収集されたデータに対して計算モデルを適用して得られた評価値と実際に測定された値とのかい離が大きい場合に異常発生とみなす。

【0004】

現在の状態を表現する計算モデルを用いた手法としては、過去のデータの各時点と、現在収集されたデータの違いを表す「距離」関数を定義し、距離が閾値を超えた場合に異常とみなす方法や、過去のデータを用いて、正常時にデータが存在すべき「部分空間」を定義し、新たに収集されたデータから計算された「部分空間」とのかい離を見ることで異常

10

20

30

40

50

を判別する方法などがある。

【0005】

これに対して、教師つき学習アルゴリズムを使い、予測を行う計算モデルを作成する方法として、過去の一定時間のデータを入力として、現在のデータを算出する計算式をVARモデル（ベクトル自己回帰モデル）などを用いて学習し、予測値と実際の値の乖離をみることで異常を判別する方法もある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2016-173782号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記したように、従来手法では、現在収集されたデータを用いて異常を検知するため、未来に異常が発生するかどうかの予測を行うことはできないという課題があった。例えば、従来の異常検知手法は、過去のデータを用いて、現在の状態を表現する計算モデル、または、現在のプロセスデータそのものを算出する計算モデルを学習し、新たに収集されたデータに対して計算モデルを適用して得られた評価値と実際に測定された値との乖離が大きい場合に異常発生とみなす方法が使われているが、将来の異常を予測することができないという課題があった。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の異常予測方法は、異常予測装置によって実行される異常予測方法であって、監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータから、所定の時間幅である第一の時間幅に含まれるプロセスデータを抽出する抽出工程と、前記抽出工程によって抽出されたプロセスデータを入力として、前記監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出するフレーム異常評価値算出工程と、前記フレーム異常評価値算出工程によって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、前記所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する異常予測評価値算出工程とを含んだことを特徴とする。

30

【0009】

また、本発明の異常予測装置は、監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータから、所定の時間幅である第一の時間幅に含まれるプロセスデータを抽出する抽出手段と、前記抽出手段によって抽出されたプロセスデータを入力として、前記監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出するフレーム異常評価値算出手段と、前記フレーム異常評価値算出手段によって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、前記所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する異常予測評価値算出手段とを有することを特徴とする。

40

【0010】

また、本発明の異常予測システムは、異常予測装置とパラメータ学習装置とがネットワークを介して接続されている異常予測システムであって、前記異常予測装置が、監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータと前記監視対象設備に異常が発生した時刻を示す異常発生時刻データとを前記パラメータ学習装置に送信し、前記監視対象設備の異常を予測するための学習モデルのパラメータを前記パラメータ学習装置から受信する通信手段と、前記プロセスデータから、所定の時間幅である第一の時間幅に含まれるプロセスデータを抽出する抽出手段と、前記抽出手段によって抽出された

50

プロセスデータを入力として、前記学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出するフレーム異常評価値算出手段と、前記フレーム異常評価値算出手段によって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、前記所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する異常予測評価値算出手段とを有し、前記パラメータ学習装置が、前記プロセスデータと前記異常発生時刻データとを前記異常予測装置から受信する学習データ受信手段と、前記学習データ受信手段によって受信された前記プロセスデータおよび前記異常発生時刻データに基づいて、前記学習モデルのパラメータを、学習する学習手段と、前記学習手段によって学習された前記学習モデルのパラメータを前記異常予測装置へ送信するパラメータ送信手段とを有することを特徴とする。 10

【0011】

また、本発明の異常予測プログラムは、監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータから、所定の時間幅である第一の時間幅に含まれるプロセスデータを抽出する抽出ステップと、前記抽出ステップによって抽出されたプロセスデータを入力として、前記監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出するフレーム異常評価値算出ステップと、前記フレーム異常評価値算出ステップによって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、前記所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する異常予測評価値算出ステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする。 20

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、未来に異常が発生するかどうかの予測を行うことができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る異常予測装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】図2は、異常予測部によって実行される異常予測評価値算出処理を説明する図である。 30

【図3】図3は、異常予測装置によって実行される異常予測処理の概要を説明する図である。

【図4】図4は、第1の実施形態に係る異常予測装置における異常予測処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図5】図5は、第1の実施形態に係る異常予測装置における学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図6】図6は、第2の実施形態に係る異常予測システムの構成例を示すブロック図である。

【図7】図7は、第3の実施形態に係る異常予測装置の構成例を示すブロック図である。 40

【図8】図8は、異常予測プログラムを実行するコンピュータを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下に、本願に係る異常予測方法、異常予測装置、異常予測システムおよび異常予測プログラムの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態により本願に係る異常予測方法、異常予測装置、異常予測システムおよび異常予測プログラムが限定されるものではない。

【0015】

[第1の実施形態]

以下の実施の形態では、第1の実施形態に係る異常予測装置10の構成、異常予測装置 50

10の処理の流れを順に説明し、最後に第1の実施形態による効果を説明する。

【0016】

[異常予測装置の構成]

まず、図1を用いて、異常予測装置10の構成を説明する。図1は、第1の実施形態に係る異常予測装置の構成例を示すブロック図である。異常予測装置10は、例えば、工場やプラントなどに設置されるセンサ等で連続的に収集される多変量時系列データであるプロセスデータを用いて、予め設定された一定時間後に異常が発生するか否かを推定し、異常が発生すると判断された場合に事前に警告を出力する。

【0017】

図1に示すように、この異常予測装置10は、通信処理部11、異常予測部12、パラメータ学習部13および表示部14を有する。以下に異常予測装置10が有する各部の処理を説明する。

10

【0018】

通信処理部11は、工場やプラントなどに設置されるセンサとの間でやり取りする各種情報に関する通信を制御する。例えば、通信処理部11は、工場やプラントなどに設置されるセンサからプロセスデータを定期的に受信する。

【0019】

また、異常予測部12は、プロセスデータおよび学習モデル(識別関数)を用いて、予め設定された一定時間後に異常が発生するか否かを予測する。異常予測部12は、プロセスデータ取得部12a、分析フレーム抽出部12b、フレーム異常評価値算出部12c、異常予測評価値算出部12d、プロセスデータバッファ12eおよびフレーム異常評価値バッファ12fを有する。

20

【0020】

プロセスデータ取得部12a、分析フレーム抽出部12b、フレーム異常評価値算出部12cおよび異常予測評価値算出部12dは、例えば、CPU(Central Processing Unit)やMPU(Micro Processing Unit)などの電子回路やASIC(Application Specific Integrated Circuit)やFPGA(Field Programmable Gate Array)などの集積回路である。また、プロセスデータバッファ12eおよびフレーム異常評価値バッファ12fは、例えば、RAM(Random Access Memory)、フラッシュメモリ(Flash Memory)等の半導体メモリ素子等の記憶装置である。

30

【0021】

プロセスデータ取得部12aは、監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータを取得する。具体的には、プロセスデータ取得部12aは、工場やプラントなどに設置されるセンサによって収集されたプロセスデータを定期的(例えば、1分ごと)に取得し、プロセスデータバッファ12eに格納する。ここでセンサが収集するデータとは、例えば、監視対象設備である工場、プラント内の装置や反応炉についての温度や圧力、音、振動等の各種データである。

【0022】

分析フレーム抽出部12bは、プロセスデータ取得部12aによって取得されたプロセスデータから、所定の時間幅 W_a である分析フレームに含まれるプロセスデータを抽出する。具体的には、分析フレーム抽出部12bは、所定の時点のプロセスデータを含む時間幅 W_a のフレーム分のプロセスデータをプロセスデータバッファ12eから抽出して読み出し、読み出したプロセスデータをフレーム異常評価値算出部12cに通知する。

40

【0023】

例えば、分析フレーム抽出部12bは、プロセスデータ取得部12aが1分毎にプロセスデータを取得し、時間幅 W_a が「5」である場合には、現時刻 t に取得されたプロセスデータ、現時刻の1分前に取得されたプロセスデータ、現時刻の2分前に取得されたプロセスデータ、現時刻の3分前に取得されたプロセスデータ、現時刻の4分前に取得されたプロセスデータをプロセスデータバッファ12eから抽出して読み出す。

【0024】

50

プロセスデータバッファ12eは、プロセスデータ取得部12aによって取得されたプロセスデータを記憶する。プロセスデータバッファ12eには、プロセスデータとして、少なくとも、時間幅Waのフレーム分の最新のプロセスデータが格納されている。

【0025】

フレーム異常評価値算出部12cは、分析フレーム抽出部12bによって抽出されたプロセスデータを入力として、監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出する。なお、所定の時点とは、現時点であってもよいし、現時点から10秒前等の予め設定された時点であってもよい。また、フレーム異常評価値算出部12cは、学習モデルとして、ニューラルネットワークを用いて、フレーム異常評価値を算出する。なお、学習モデルは、ニューラルネットワークに限定されるものではなく、ロジスティック回帰、サポートベクトルマシン、判別分析、ディープニューラルネットワークなどの機械学習アルゴリズムを適用したものでよい。

10

【0026】

具体的には、フレーム異常評価値算出部12cは、分析フレーム抽出部12bから抽出されたプロセスデータを受信する。そして、フレーム異常評価値算出部12cは、受信したプロセスデータを入力として、監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、現時刻tから所定時間後の時点について、フレーム異常評価値を算出し、フレーム異常評価値バッファ12fに格納する。なお、フレーム異常評価値とは、例えば、監視対象設備の異常が発生する確率値であって、「0」～「1」で表現される数値であってもよい。この場合には、例えば、ある時点において監視対象設備の異常が発生する確率が「40%」と予測された場合には、フレーム異常評価値が「0.4」となる。また、フレーム異常評価値はこれに限定されるものではなく、例えば、監視対象設備の異常が発生する可能性が一定以上存在するか否かを示す値として、「0」または「1」のいずれかで表現される数値であってもよい。また、異常の指標となる特定のセンサ値などの時系列データがある場合は、この特定の時系列データ自体をフレーム異常評価値とみなすことも可能である。

20

【0027】

例えば、フレーム異常評価値算出部12cは、プロセスデータ取得部12aが1分毎にプロセスデータを取得し、時間幅Waが「5」であり、時間幅Wbが「7」である場合には、分析フレーム抽出部12bによって抽出された時間幅Wa「5」のプロセスデータを入力として、監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、現時刻から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出する。

30

【0028】

異常予測評価値算出部12dは、フレーム異常評価値算出部12cによって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する。例えば、所定の時点から所定時間後の時点の時点を時点t+Nとした場合に、異常予測評価値算出部12dは、該所定時間後の時点t+Nを含み、該所定時間後の時点t+Nからさかのぼり時間幅Wbに含まれる時点のデータに基づいて、該所定時間後の時点t+Nにおいて異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する。具体的には、異常予測評価値算出部12dは、フレーム異常評価値バッファ12fからフレーム異常評価値を読み出し、該フレーム異常評価値に基づいて、現時刻tから所定時間後t+Nの時点における異常予測評価値を算出し、異常判定部14aおよびチャート表示部14bに通知する。

40

【0029】

例えば、異常予測評価値算出部12dは、異常予測評価値の算出方法として、複数のフレーム異常評価値の平均値を異常予測評価値として算出する。また、異常予測評価値算出部12dは、異常予測評価値の算出方法として、単純に複数のフレーム異常評価値の平均

50

値を算出する方法に限定されるものではなく、例えば、各フレーム異常評価値に重み付けを行ったりする等、種々の方法を用いて算出するようにしてもよい。

【0030】

フレーム異常評価値バッファ12fは、フレーム異常評価値算出部12cによって算出されたフレーム異常評価値を記憶する。なお、フレーム異常評価値バッファ12fには、フレーム異常評価値として、少なくとも、時間幅Wbのフレーム分の最新のフレーム異常評価値が格納されている。

【0031】

ここで、図2を用いて、異常予測部12によって実行される一連の異常予測評価値算出処理を説明する。図2は、異常予測部によって実行される異常予測評価値算出処理を説明する図である。図2における(A)は、センサから取得されたプロセスデータを項目 x_1 $t \sim x_n$ t ごとにプロットを示したものであり、異常予測評価値が算出されるたびに時間幅Waをもつ分析フレームが移動幅L分だけ移動する。

10

【0032】

図2の(A)、(B)に例示するように、例えば、プロセスデータ取得部12aが1分毎にプロセスデータを取得し、時間幅Waが「5」であり、時間幅Wbが「7」であるものとする。この場合には、フレーム異常評価値算出部12cは、時間幅Wa「5」分のプロセスデータを入力として、監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、現時刻tから所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出する。

20

【0033】

そして、図2の(B)、(C)に例示するように、例えば、異常予測評価値算出部12dは、複数の時点「t+N」～「t+N-6」における各フレーム異常評価値の平均値を、現時刻tから所定時間後の時点「t+N」の異常予測評価値として算出する。例えば、異常予測評価値算出部12dは、「t+N」～「t+N-4」の各フレーム異常評価値が「0.2」、「t+N-5」のフレーム異常評価値が「0.5」、「t+N-6」のフレーム異常評価値が「0.6」である場合には、各フレーム異常評価値の平均値「0.3」を、現時刻tから所定時間後の時点「t+N」の異常予測評価値として算出する。なお、図2の(C)の下部に示すグラフは、異常予測評価値をプロットしたものであり、値が大きくなっている部分が異常と予測された時間帯を表している。

30

【0034】

図1の説明に戻って、パラメータ学習部13は、学習モデルのパラメータを、監視対象設備に異常が発生した時刻を示す異常発生時刻データおよびプロセスデータに基づいて、学習する。パラメータ学習部13は、学習データ蓄積部13a、学習データ抽出部13b、フレーム異常評価値関数学習部13c、学習用プロセスデータ記憶部13dおよびフレーム異常評価値関数パラメータ記憶部13eを有する。

【0035】

学習データ蓄積部13aは、監視対象設備のセンサや外部の装置等からプロセスデータおよび異常発生時刻データを取得し、取得したプロセスデータおよび異常発生時刻データを学習用プロセスデータ記憶部13dに格納する。また、学習データ蓄積部13aは、特定のセンサ値などの時系列データをフレーム異常評価値として使用する場合は、この時系列データを学習用プロセスデータ記憶部13dに格納する。

40

【0036】

学習データ抽出部13bは、学習用プロセスデータ記憶部13dから異常発生時刻データを読み出すとともに、異常発生時のプロセスデータのデータ量と正常時のプロセスデータのデータ量との比率が所定の比率となるように、学習用プロセスデータ記憶部13dからプロセスデータを抽出して読み出し、異常発生時刻データおよびプロセスデータをフレーム異常評価値関数学習部13cに通知する。

【0037】

つまり、例えば、正常時のプロセスデータのデータ量が、異常発生時のプロセスデータ

50

のデータ量に比べて著しく多い場合には、識別関数の学習を適切に行えないため、学習データ抽出部 1 3 b は、異常発生時のプロセスデータのデータ量と正常時のプロセスデータのデータ量との比率が所定の比率となるように、学習用プロセスデータ記憶部 1 3 d からプロセスデータを抽出して読み出す。

【 0 0 3 8 】

フレーム異常評価値関数学習部 1 3 c は、異常発生時刻データおよびプロセスデータに基づいて、監視対象設備の異常を予測するための識別関数のパラメータを学習し、学習した識別関数のパラメータをフレーム異常評価値関数パラメータ記憶部 1 3 e に格納する。例えば、フレーム異常評価値関数学習部 1 3 c は、異常発生時刻データを正解ラベルとした機械学習を行う。なお、機械学習の手法は、既知の手法のいずれを用いてもよく、例えば、ニューラルネットワーク、ロジスティック回帰、サポートベクトルマシン、判別分析、ディープニューラルネットワークなどの機械学習アルゴリズムを適用する。また、フレーム異常評価値関数学習部 1 3 c は、特定のセンサ値などの時系列データをフレーム異常評価値として使用する場合は、この時系列データを目的変数、プロセスデータを説明変数とすることで、線形回帰、サポートベクトル回帰、ニューラルネットワークなどの既知の回帰アルゴリズムを適用してフレーム異常評価値関数を学習する。

10

【 0 0 3 9 】

学習用プロセスデータ記憶部 1 3 d は、学習データ蓄積部 1 3 a によって取得されたプロセスデータと異常発生時刻データとを記憶する。フレーム異常評価値関数パラメータ記憶部 1 3 e は、フレーム異常評価値関数学習部 1 3 c によって学習された識別関数のパラメータを記憶する。

20

【 0 0 4 0 】

表示部 1 4 は、異常予測評価値に基づき警告サインを出力したり、異常予測評価値の時系列データをチャート画面として出力したりする。表示部 1 4 は、異常判定部 1 4 a およびチャート表示部 1 4 b を有する。

【 0 0 4 1 】

異常判定部 1 4 a は、異常予測評価値算出部 1 2 d によって算出された異常予測評価値が所定の閾値以上であるか否かを判定し、異常予測評価値が所定の閾値以上である場合には、異常発生に関する警告を出力する。例えば、異常判定部 1 4 a は、異常予測評価値が所定の閾値以上である場合には、警告サインとして、一定時間後に監視対象設備に異常が発生する可能性がある旨の警告メッセージを出力してもよいし、警告を報知する音を出力するようにしてもよい。

30

【 0 0 4 2 】

チャート表示部 1 4 b は、異常予測評価値算出部 1 2 d によって算出された異常予測評価値の時系列データをチャート画面として表示する。例えば、チャート表示部 1 4 b は、ユーザからの表示要求を受け付けると、異常予測評価値の時系列データをチャート画面として表示する。

【 0 0 4 3 】

ここで、図 3 を用いて、異常予測装置 1 0 によって実行される異常予測処理の概要を説明する図である。図 3 は、異常予測装置によって実行される異常予測処理の概要を説明する図である。

40

【 0 0 4 4 】

図 3 の (A) では、プラント内の反応炉や装置などにセンサや運転用の信号などを収集するデバイスが取り付けられ、一定時間毎にデータを収集していることを図示している。また、図 3 の (B) では、センサ等により収集されたプロセスデータを項目 (プロセス) ごとにプロットしたものを図示しており、太枠で囲われた部分のデータを切り出し、一定時間後の異常を推定することを想定している。また、図 3 の (C) では、前述した、プロセスデータに基づき異常予測評価値を算出する異常予測部 1 2 を図示している。また、図 3 の (D) では、最終的に算出される異常予測評価値をプロットしたものを図示しており、値が大きくなっている部分が異常と予測された時間帯を表している。また、図 3 の (E)

50

では、図3の(C)に含まれる識別関数を学習するために使われる正解ラベル(異常発生時刻データ)を図示している。

【0045】

図3(A)、(B)に示すように、プラント内の装置や反応炉等に設置されたセンサ等によって収集された時系列のデータであるプロセスデータを取得する。そして、図3の(C)、(D)に示すように、プロセスデータおよび識別関数を用いて、予め設定された一定時間後に異常が発生するか否かを予測する。また、パラメータ学習部13は、図3の(E)に例示する識別関数異常発生時刻データを正解ラベルとした機械学習を行う。

【0046】

[異常予測装置の処理手順]

次に、図4および図5を用いて、第1の実施形態に係る異常予測装置10による処理手順の例を説明する。図4は、第1の実施形態に係る異常予測装置における異常予測処理の流れの一例を示すフローチャートである。図5は、第1の実施形態に係る異常予測装置における学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。

10

【0047】

まず、図4を用いて、異常予測装置10による異常予測処理の流れを説明する。図4に例示するように、異常予測部12のプロセスデータ取得部12aが、プロセスデータを取得すると(ステップS101肯定)、プロセスデータ取得部12aによって取得されたプロセスデータから、所定の時間幅 W_a である分析フレームにおけるプロセスデータを抽出する(ステップS102)。

20

【0048】

そして、フレーム異常評価値算出部12cは、分析フレーム抽出部12bによって抽出されたプロセスデータを入力として、監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出する(ステップS103)。

【0049】

続いて、異常予測評価値算出部12dは、フレーム異常評価値算出部12cによって算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、現時刻から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する(ステップS104)。

30

【0050】

その後、表示部14の異常判定部14aは、異常予測評価値算出部12dによって算出された異常予測評価値が所定の閾値以上であるか否かを判定する(ステップS105)。この結果、異常判定部14aは、異常予測評価値が所定の閾値未満である場合には(ステップS105否定)、そのまま処理を終了する。また、異常判定部14aは、異常予測評価値が所定の閾値以上である場合には(ステップS105肯定)、警告サインを出力する(ステップS106)。

【0051】

次に、図5を用いて、異常予測装置10による学習処理の流れを説明する。図5に例示するように、パラメータ学習部13の学習データ蓄積部13aは、監視対象設備のセンサ等から学習データとして、プロセスデータまたは異常発生時刻データを取得すると(ステップS201肯定)、取得した学習データを学習用プロセスデータ記憶部13dに格納する(ステップS202)。そして、学習データ抽出部13bは、S101において異常発生時刻データを取得したか否かを判定する(ステップS203)。この結果、学習データ抽出部13bは、異常発生時刻データを取得していない場合には(ステップS203否定)、ステップS201に戻る。

40

【0052】

また、学習データ抽出部13bは、異常発生時刻データを取得した場合には(ステップS203肯定)、異常発生時のプロセスデータのデータ量と正常時のプロセスデータのデータ量との比率が所定の比率となるように、学習用プロセスデータ記憶部13dからプロ

50

セデータを抽出する（ステップ S 2 0 4）。

【 0 0 5 3 】

続いて、フレーム異常評価値関数学習部 1 3 c は、学習データ抽出部 1 3 b により抽出されたプロセスデータおよび異常発生時刻データに基づいて、監視対象設備の異常を予測するための識別関数のパラメータを学習する（ステップ S 2 0 5）。そして、フレーム異常評価値関数学習部 1 3 c は、学習した識別関数のパラメータをフレーム異常評価値関数パラメータ記憶部 1 3 e に格納する（ステップ S 2 0 6）。

【 0 0 5 4 】

[第 1 の実施形態の効果]

第 1 の実施形態に係る異常予測装置 1 0 は、監視対象設備のセンサによって収集された時系列のデータであるプロセスデータを取得し、取得されたプロセスデータから、所定の時間幅 $W a$ である分析フレームに含まれるプロセスデータを抽出する。そして、異常予測装置 1 0 は、抽出されたプロセスデータを入力として、監視対象設備の異常を予測するための学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出する。そして、異常予測装置 1 0 は、算出された複数のフレーム異常評価値に基づいて、所定の時点から所定時間後の時点において異常が発生する確からしさを表す最終的な評価値である異常予測評価値を算出する。このため、異常予測装置 1 0 は、未来に異常が発生するかどうかの予測を行うことが可能である。

10

【 0 0 5 5 】

例えば、異常予測装置 1 0 は、複数のフレーム異常評価値に基づいて、最終的な評価値である異常予測評価値を算出するので、連続する時刻において、ばらつきの多いフレーム異常評価値からノイズを除いて安定した出力を得るために、平滑化等の処理を行って、正確な異常予測評価値を算出し、予め設定された一定時間後に異常が発生するかどうかの予測を行うことが可能である。

20

【 0 0 5 6 】

第 1 の実施形態に係る異常予測装置 1 0 は、異常予測評価値が所定の閾値以上であるかを判定し、異常予測評価値が所定の閾値以上である場合には、異常発生に関する警告を出力する。このため、異常予測装置 1 0 では、一定時間後に異常が発生することを予測して警告を出力することが可能となり、事前に異常を回避する等の対応が可能となる。

30

【 0 0 5 7 】

第 1 の実施形態に係る異常予測装置 1 0 は、異常予測評価値の時系列データをチャート画面として表示する。このため、異常予測装置 1 0 では、異常予測評価値の推移を確認することが可能であり、事前に異常を回避する等の対応が可能となる。

【 0 0 5 8 】

第 1 の実施形態に係る異常予測装置 1 0 は、学習モデルとして、ニューラルネットワークを用いて、フレーム異常評価値を算出する。このため、異常予測装置 1 0 では、既知のニューラルネットワークを利用して、フレーム異常評価値を適切に算出することが可能である。

40

【 0 0 5 9 】

第 1 の実施形態に係る異常予測装置 1 0 は、学習モデルのパラメータを、監視対象設備に異常が発生した時刻を示す異常発生時刻データおよびプロセスデータに基づいて、学習する。このため、異常予測装置 1 0 では、過去に収集したプロセスデータと異常発生時刻の情報とを用いて識別関数を学習することができ、監視対象設備の経時変化にも対応した異常の予測が可能となる。

【 0 0 6 0 】

[第 2 の実施形態]

上述した第 1 の実施形態では、異常予測装置 1 0 が異常予測部 1 2 とパラメータ学習部 1 3 とを有し、異常予測評価値を算出する処理と識別関数のパラメータを学習する処理とを行う場合を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、識別関数のパラメー

50

タを学習する処理を、通信回線を介したリモート環境で行うようにしてもよい。

【0061】

そこで、以下では、第2の実施形態に係る異常予測装置10Aが、異常予測評価値を算出する処理を行い、通信回線を介したリモート環境におけるパラメータ学習装置20が識別関数のパラメータを学習する処理を行う場合について説明する。なお、第1の実施形態に係る異常予測装置10と同様の構成や処理については説明を省略する。

【0062】

まず、図6を用いて、第2の実施形態に係る異常予測システム100について説明する。図6は、第2の実施形態に係る異常予測システムの構成例を示すブロック図である。図6に示すように、異常予測システム100は、ローカル環境における異常予測装置10Aと、リモート環境におけるパラメータ学習装置20とを有する。また、異常予測システム100においては、ローカル環境における異常予測装置10Aと、リモート環境におけるパラメータ学習装置20とがネットワーク30を介して接続されている。

10

【0063】

また、図6に示すように、第2の実施形態に係る異常予測装置10Aは、図1に示した第1の実施形態に係る異常予測装置10と比較して、パラメータ学習部13を有していないが、通信部15を有する点異なる。

【0064】

通信部15は、プロセスデータと異常発生時刻データとをパラメータ学習装置20に送信し、監視対象設備の異常を予測するための学習モデルのパラメータをパラメータ学習装置20から受信する。通信部15は、プロセスデータ送受信部15a、プロセスデータ記憶部15b、パラメータ受信部15cおよびローカルフレーム異常評価値関数パラメータ記憶部15dを有する。

20

【0065】

プロセスデータ送受信部15aは、監視対象設備のセンサ等からプロセスデータを受信した場合には、受信したプロセスデータをプロセスデータ記憶部15bに格納するとともに、パラメータ学習装置20に送信する。また、プロセスデータ送受信部15aは、外部の装置等から異常発生時刻データを受信した場合には、パラメータ学習装置20に送信する。プロセスデータ記憶部15bは、プロセスデータ送受信部15aが受信したプロセスデータを記憶する。

30

【0066】

パラメータ受信部15cは、パラメータ学習装置20によって学習された識別関数のパラメータを受信し、受信した識別関数のパラメータをローカルフレーム異常評価値関数パラメータ記憶部15dに格納する。ローカルフレーム異常評価値関数パラメータ記憶部15dは、パラメータ受信部15cが受信した識別関数のパラメータを記憶する。

【0067】

フレーム異常評価値算出部12cは、ローカルフレーム異常評価値関数パラメータ記憶部15dから識別関数のパラメータを読み出す。そして、フレーム異常評価値算出部12cは、第1の実施形態と同様に、分析フレーム抽出部12bによって抽出されたプロセスデータを入力として、識別関数を用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出する。

40

【0068】

パラメータ学習装置20は、図1に示した第1の実施形態に係るパラメータ学習部13と比較して、学習データ蓄積部13aを有していないが、学習データ受信部13fおよびパラメータ送信部13gを有する点異なる。学習データ受信部13fは、プロセスデータと異常発生時刻データとを異常予測装置10Aから受信する。学習データ受信部13fは、プロセスデータと異常発生時刻データとを受信すると、受信したプロセスデータおよび異常発生時刻データを学習用プロセスデータ記憶部13dに格納する。

【0069】

パラメータ送信部13gは、フレーム異常評価値関数学習部13cによって学習された

50

識別関数のパラメータを異常予測装置 10A へ送信する。具体的には、パラメータ送信部 13g は、フレーム異常評価値関数パラメータ記憶部 13e に記憶された識別関数のパラメータを読み出し、読み出した識別関数のパラメータを異常予測装置 10A に送信する。

【0070】

[第2の実施形態の効果]

第2の実施形態に係る異常予測システム 100 では、異常予測装置 10A が、異常予測評価値を算出する処理を行い、通信回線を介したリモート環境におけるパラメータ学習装置 20 が識別関数のパラメータを学習する処理を行う。これにより、例えば、識別関数のパラメータの学習を、通信回線で接続された遠隔地にある性能の高い計算機で行うことが可能となり、精度の高い学習処理を行うことが可能である。また、例えば、異常が発生する機会が少なく、学習処理を行う頻度が少ないような場合に、ローカル環境の異常予測装置 10A ではなくリモート環境の外部の装置に学習処理にやらせることが可能である。

10

【0071】

[第3の実施形態]

上述した第1の実施形態および第2の実施形態では、学習モデルのパラメータを学習する処理を行い、学習モデルのパラメータが更新されると、最新の学習のパラメータを適用した学習モデルを用いて異常予測評価値を算出する場合を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、学習モデルのパラメータを学習する処理を行わずに、事前に学習済みの学習モデルを用いて異常予測評価値を算出するようにしてもよい。

【0072】

20

そこで、以下では、第3の実施形態に係る異常予測装置 10B が、事前に学習済みの学習モデルを用いて異常予測評価値を算出する場合について説明する。なお、第1の実施形態に係る異常予測装置 10 と同様の構成や処理については説明を省略する。

【0073】

まず、図7を用いて、第3の実施形態に係る異常予測装置 10B の構成例について説明する。図7は、第3の実施形態に係る異常予測装置の構成例を示すブロック図である。図7に示すように、第3の実施形態に係る異常予測装置 10B は、図1に示した第1の実施形態に係る異常予測装置 10 と比較して、パラメータ学習部 13 を有しない点異なる。

【0074】

フレーム異常評価値算出部 12c は、分析フレーム抽出部 12b によって抽出されたプロセスデータを入力として、事前に学習された学習モデルを用いて、所定の時点から所定時間後の時点について、異常が発生する確からしさを表す中間的な評価値であるフレーム異常評価値を算出する。

30

【0075】

[第3の実施形態の効果]

第3の実施形態に係る異常予測装置 10B では、事前に学習済みの学習モデルを用いて異常予測評価値を算出するので、処理負荷を抑えて、未来に異常が発生するかどうかの予測を行うことが可能である。

【0076】

(システム構成等)

40

また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。さらに、各装置にて行なわれる各処理機能は、その全部または任意の一部が、CPU および当該 CPU にて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。

【0077】

また、本実施の形態において説明した各処理のうち、自動的におこなわれるものとして説明した処理の全部または一部を手動的におこなうこともでき、あるいは、手動的におこ

50

なわれるものとして説明した処理の全部または一部を公知の方法で自動的におこなうこともできる。この他、上記文書中や図面中で示した処理手順、制御手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

【0078】

(プログラム)

また、上記実施形態において説明した異常予測装置が実行する処理をコンピュータが実行可能な言語で記述したプログラムを作成することもできる。例えば、実施形態に係る異常予測装置10が実行する処理をコンピュータが実行可能な言語で記述した異常予測プログラムを作成することもできる。この場合、コンピュータが異常予測プログラムを実行することにより、上記実施形態と同様の効果を得ることができる。さらに、かかる異常予測プログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録された異常予測プログラムをコンピュータに読み込ませて実行することにより上記実施形態と同様の処理を実現してもよい。

10

【0079】

図8は、異常予測プログラムを実行するコンピュータを示す図である。図8に例示するように、コンピュータ1000は、例えば、メモリ1010と、CPU1020と、ハードディスクドライブインタフェース1030と、ディスクドライブインタフェース1040と、シリアルポートインタフェース1050と、ビデオアダプタ1060と、ネットワークインタフェース1070とを有し、これらの各部はバス1080によって接続される。

20

【0080】

メモリ1010は、図8に例示するように、ROM(Read Only Memory)1011及びRAM1012を含む。ROM1011は、例えば、BIOS(Basic Input Output System)等のブートプログラムを記憶する。ハードディスクドライブインタフェース1030は、図8に例示するように、ハードディスクドライブ1090に接続される。ディスクドライブインタフェース1040は、図8に例示するように、ディスクドライブ1100に接続される。例えば磁気ディスクや光ディスク等の着脱可能な記憶媒体が、ディスクドライブ1100に挿入される。シリアルポートインタフェース1050は、図8に例示するように、例えばマウス1110、キーボード1120に接続される。ビデオアダプタ1060は、図8に例示するように、例えばディスプレイ1130に接続される。

30

【0081】

ここで、図8に例示するように、ハードディスクドライブ1090は、例えば、OS1091、アプリケーションプログラム1092、プログラムモジュール1093、プログラムデータ1094を記憶する。すなわち、上記の異常予測プログラムは、コンピュータ1000によって実行される指令が記述されたプログラムモジュールとして、例えばハードディスクドライブ1090に記憶される。

【0082】

また、上記実施形態で説明した各種データは、プログラムデータとして、例えばメモリ1010やハードディスクドライブ1090に記憶される。そして、CPU1020が、メモリ1010やハードディスクドライブ1090に記憶されたプログラムモジュール1093やプログラムデータ1094を必要に応じてRAM1012に読み出し、各種処理手順を実行する。

40

【0083】

なお、異常予測プログラムに係るプログラムモジュール1093やプログラムデータ1094は、ハードディスクドライブ1090に記憶される場合に限られず、例えば着脱可能な記憶媒体に記憶され、ディスクドライブ等を介してCPU1020によって読み出されてもよい。あるいは、異常予測プログラムに係るプログラムモジュール1093やプログラムデータ1094は、ネットワーク(LAN(Local Area Network)、WAN(Wide Area Network)等)を介して接続された他のコンピュータに記憶され、ネットワー

50

クインタフェース 1070 を介して CPU 1020 によって読み出されてもよい。

【0084】

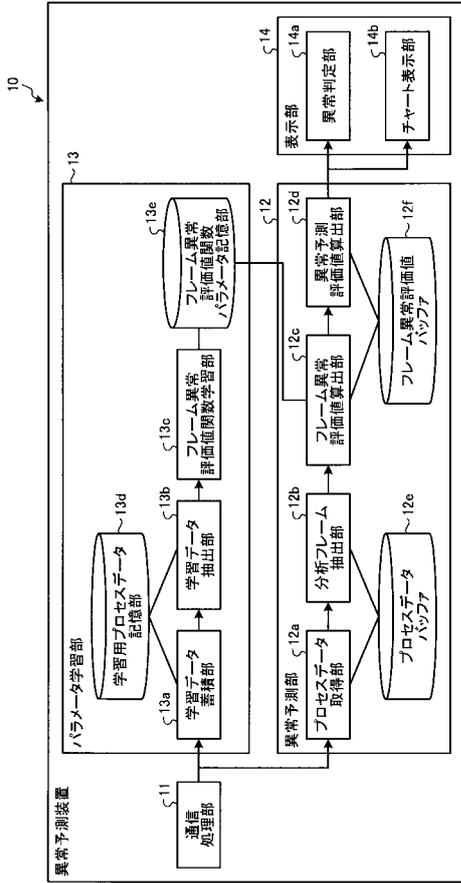
上記の実施形態やその変形は、本願が開示する技術に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

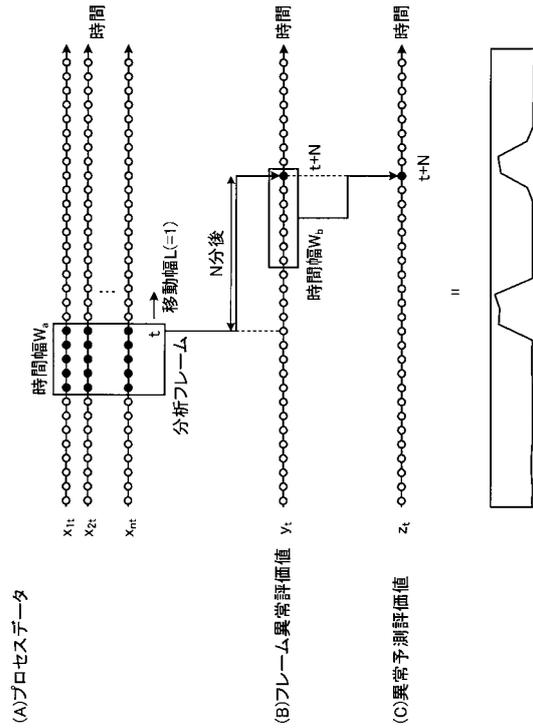
【0085】

- 10、10A、10B 異常予測装置
- 11 通信処理部
- 12 異常予測部
- 12a プロセスデータ取得部 10
- 12b 分析フレーム抽出部
- 12c フレーム異常評価値算出部
- 12d 異常予測評価値算出部
- 12e プロセスデータバッファ
- 12f フレーム異常評価値バッファ
- 13 パラメータ学習部
- 13a 学習データ蓄積部
- 13b 学習データ抽出部
- 13c フレーム異常評価値関数学習部
- 13d 学習用プロセスデータ記憶部 20
- 13e フレーム異常評価値関数パラメータ記憶部
- 13f 学習データ受信部
- 13g パラメータ送信部
- 14 表示部
- 14a 異常判定部
- 14b チャート表示部
- 15 通信部
- 15a プロセスデータ送受信部
- 15b プロセスデータ記憶部
- 15c パラメータ受信部 30
- 15d ローカルフレーム異常評価値関数パラメータ記憶部
- 20 パラメータ学習装置
- 30 ネットワーク
- 100 異常予測システム

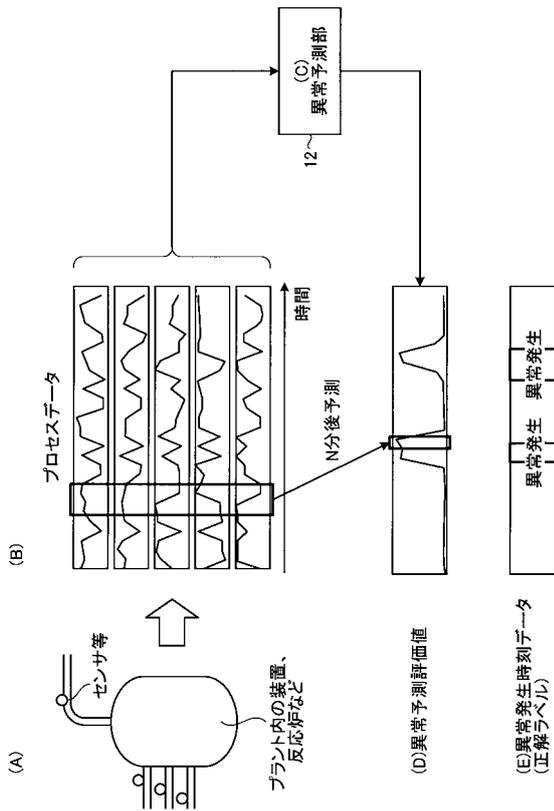
【図 1】



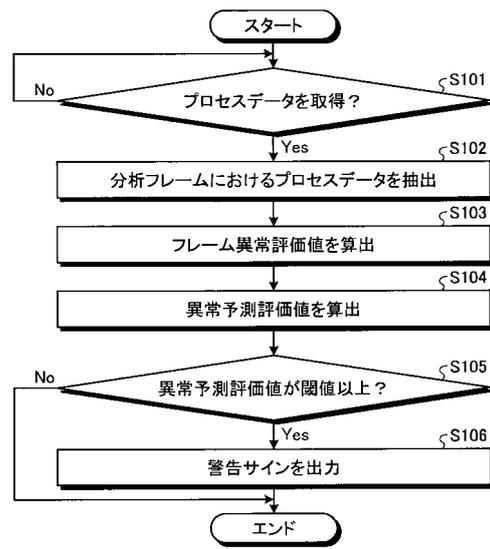
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C223 AA01 AA11 AA23 BA01 CC01 DD01 EA10 EB01 FF12 FF26
FF42 FF52 HH02 HH03 HH08 HH22