

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7532994号
(P7532994)

(45)発行日 令和6年8月14日(2024.8.14)

(24)登録日 令和6年8月5日(2024.8.5)

(51)国際特許分類 F I
G 0 5 B 23/02 (2006.01) G 0 5 B 23/02 3 0 2 Z

請求項の数 6 (全26頁)

(21)出願番号	特願2020-131561(P2020-131561)	(73)特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地
(22)出願日	令和2年8月3日(2020.8.3)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(65)公開番号	特開2022-28253(P2022-28253A)	(72)発明者	宮本 幸太 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
(43)公開日	令和4年2月16日(2022.2.16)	(72)発明者	川ノ上 真輔 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
審査請求日	令和5年3月2日(2023.3.2)	審査官	松本 泰典

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 異常検知システム、情報処理装置および情報処理プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納した情報格納手段を備え、前記モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報と、異常検知性能とを含み、

前記情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち前記検知対象に適したモデル生成情報に含まれる前記特徴量の分布を規定する情報に、前記検知対象に関する実績データに基づいて算出される統計量を反映することで、学習データセットを生成し、当該生成した学習データセットに基づいて前記異常検知モデルを生成するモデル生成手段と、

前記生成された異常検知モデルに基づいて前記検知対象に何らかの異常が発生しているか否かを判断する異常検知手段とを備え、

前記モデル生成情報は、前記対象の機構を実験して得られた結果に基づいて生成され、前記対象の機構を適用条件を異ならせて実験して得られたそれぞれの結果を用いて、異常検知性能をそれぞれ算出することで、適用条件の異なる複数の前記モデル生成情報が生成される、異常検知システム。

【請求項2】

前記モデル生成情報は、前記検知対象について算出される特徴量を特定する情報を含む、請求項1に記載の異常検知システム。

【請求項3】

10

20

前記モデル生成情報は、前記対象の機構が前記正常状態から異常状態へ変化する特性を特定する情報を含む、請求項 1 または 2 に記載の異常検知システム。

【請求項 4】

前記検知対象に関する実績データを収集する収集手段をさらに備える、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の異常検知システム。

【請求項 5】

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルを生成するための情報処理装置であって、

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納した情報格納手段にアクセスするアクセス手段を備え、前記モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報と、異常検知性能とを含み、

前記情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち前記検知対象に適したモデル生成情報に含まれる前記特徴量の分布を規定する情報に、前記検知対象に関する実績データに基づいて算出される統計量を反映することで、学習データセットを生成し、当該生成した学習データセットに基づいて前記異常検知モデルを生成するモデル生成手段を備え、

前記モデル生成情報は、前記対象の機構を実験して得られた結果に基づいて生成され、

前記対象の機構を適用条件を異ならせて実験して得られたそれぞれの結果を用いて、異常検知性能をそれぞれ算出することで、適用条件の異なる複数の前記モデル生成情報が生成される、情報処理装置。

【請求項 6】

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルを生成するための情報処理プログラムであって、前記情報処理プログラムは、コンピュータに、

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納した情報格納手段にアクセスするステップを実行させ、前記モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報と、異常検知性能とを含み、

前記情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち前記検知対象に適したモデル生成情報に含まれる前記特徴量の分布を規定する情報に、前記検知対象に関する実績データに基づいて算出される統計量を反映することで、学習データセットを生成し、当該生成した学習データセットに基づいて前記異常検知モデルを生成するステップを実行させ、

前記モデル生成情報は、前記対象の機構を実験して得られた結果に基づいて生成され、

前記対象の機構を適用条件を異ならせて実験して得られたそれぞれの結果を用いて、異常検知性能をそれぞれ算出することで、適用条件の異なる複数の前記モデル生成情報が生成される、情報処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、任意の検知対象に生じ得る異常を検知する異常検知システム、異常検知システムを構成する情報処理装置、および情報処理装置を実現するための情報処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

様々な生産現場において、何らかの理由によって、本来とは異なる変化や通常とは異なる変化が生じることがある。このような変化の発生を事前に予測して、何らかの対処をとることができる、生産設備の性能維持や製品の品質確保などに有益である。

【0003】

このような事前の予測には、機械学習により生成される異常検知モデルが用いられる。通常、異常検知モデルを運用するにあたっては、予め収集した検知対象のデータを解析して正常範囲などが決定される。

10

20

30

40

50

【0004】

このような異常検知モデルに関して、国際公開第2016/143118号（特許文献1）は、メンテナンスの前後で正常モデルが変化することに伴う異常検知性能が悪化する問題に対して、メンテナンス後でも異常検知性能を保てるように、センサの取り付けを支援する技術を開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】国際公開第2016/143118号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

何らかの異常を検知するための異常検知モデルの生成に必要なデータ解析は、統計処理などの専門知識が必要であり、そのため、データ解析の結果は個人のスキルに依存し、異常検知の精度を十分に確保できない場合もある。

【0007】

上述の特許文献1に開示される技術は、既に生成されたモデルの異常検知性能をメンテナンスの前後において保てるようにするものであり、異常検知モデルの生成方法について言及するものではない。

【0008】

本発明の一つの目的は、専門知識が少ないユーザであっても、異常検知モデルを容易に作成できるシステムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一例に従う異常検知システムは、検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納した情報格納手段を含む。モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報とを含む。異常検知システムは、情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち検知対象に適したモデル生成情報に、検知対象に関する実績データを適用することで、異常検知モデルを生成するモデル生成手段と、生成された異常検知モデルに基づいて検知対象に何らかの異常が発生しているか否かを判断する異常検知手段とを含む。

【0010】

この構成によれば、情報格納手段から検知対象に適したモデル生成情報を取得し、当該取得したモデル生成情報に検知対象に関する実績データを適用することで、異常検知モデルを生成できるので、専門知識が少ないユーザであっても、異常検知モデルを容易に作成できる。

【0011】

モデル生成情報は、検知対象について算出される特徴量を特定する情報を含んでいてもよい。この構成によれば、検知対象に関連付けられた1または複数の実績データから異常検知に適した特徴量を容易に決定できる。

【0012】

モデル生成情報は、対象の機構が正常状態から異常状態へ変化する特性を特定する情報を含んでいてもよい。この構成によれば、何らかの異常が発生しているか否かを判断するための条件を容易に決定できる。

【0013】

異常検知システムは、検知対象に関する実績データを収集する収集手段をさらに含む。この構成によれば、異常検知モデルを生成する処理とは独立して、検知対象に関する実績データを収集できる。

【0014】

10

20

30

40

50

モデル生成手段は、モデル生成情報に含まれる特徴量の分布を規定する情報に基づいて、学習データセットを生成するようにしてもよい。この構成によれば、異常検知モデルが参照する学習データセットを統計的に生成できる。

【0015】

モデル生成手段は、検知対象に関する実績データに基づいて算出される統計量をモデル生成情報に含まれる特徴量の分布を規定する情報に反映することで、学習データセットを生成するようにしてもよい。この構成によれば、検知対象に関する実績データを反映した学習データセットを生成できる。

【0016】

モデル生成情報は、対象の機構を実験して得られた結果に基づいて生成されてもよい。この構成によれば、対象の機構を現実に実験して得られた結果に基づくので、生成される異常検知モデルの信頼性をより高めることができる。

10

【0017】

対象の機構を実験して得られた結果を拡張することで、適用条件の異なる複数のモデル生成情報が生成されてもよい。この構成によれば、十分に実験ができない場合でも、適用条件の異なる複数のモデル生成情報を生成できる。

【0018】

本発明の別の一例に従えば、検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルを生成するための情報処理装置が提供される。情報処理装置は、検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納した情報格納手段にアクセスするアクセス手段を含む。モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報とを含む、情報処理装置は、情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち検知対象に適したモデル生成情報に、検知対象に関する実績データを適用することで、異常検知モデルを生成するモデル生成手段を含む。

20

【0019】

本発明のさらに別の一例に従えば、検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルを生成するための情報処理プログラムが提供される。情報処理プログラムは、コンピュータに、検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納した情報格納手段にアクセスするステップを実行させる。モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報とを含む。情報処理プログラムは、コンピュータに、情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち検知対象に適したモデル生成情報に、検知対象に関する実績データを適用することで、異常検知モデルを生成するステップを実行させる。

30

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、専門知識が少ないユーザであっても、異常検知モデルを容易に作成できる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本実施の形態に係る異常検知システムの全体構成例を示す模式図である。

【図2】本実施の形態に係る異常検知システムにおける異常検知モデルの生成処理の概略を示す模式図である。

【図3】本実施の形態に係る異常検知システムを構成する制御装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図4】本実施の形態に係る異常検知システムを構成するサポート装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図5】本実施の形態に係る異常検知システムを構成する制御装置およびサポート装置のソフトウェア構成例を示すブロック図である。

【図6】本実施の形態に係る異常検知システムにおいて使用されるモデル生成情報の一例

40

50

を説明するための図である。

【図 7】本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法のうちモデル生成情報の事前準備に係る処理手順を示すフローチャートである。

【図 8】本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法に従って生成されたモデル生成情報のいくつかの例を示す図である。

【図 9】本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法に従って収集された実験データおよび異常検知モデルの一例を示す図である。

【図 10】本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法におけるロバスト性拡張の一例を説明するための図である。

【図 11】本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法のうち異常検知モデルの生成に係る処理手順を示すフローチャートである。

10

【図 12】本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法における学習データセットを生成する方法を説明するための図である。

【図 13】本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法のうち異常検知モデルの生成に係る別の処理手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0023】

20

< A . 適用例 >

まず、本発明が適用される場面の一例について説明する。

【0024】

本実施の形態に係る予測機能を有する制御システムの主要な局面について説明する。以下の説明においては、主として、制御システムが有している異常検知機能に注目して説明するので、制御システム全体を「異常検知システム」とも称する。

【0025】

図 1 は、本実施の形態に係る異常検知システム 1 の全体構成例を示す模式図である。図 1 を参照して、本実施の形態に係る異常検知システム 1 は、主たる構成要素として、制御対象を制御する制御装置 100 と、制御装置 100 に接続されるサポート装置 200 とを含む。

30

【0026】

制御装置 100 は、PLC (プログラマブルコントローラ) などの、一種のコンピュータとして具現化されてもよい。制御装置 100 は、フィールドバス 2 を介してフィールド装置群 10 と接続されるとともに、フィールドバス 4 を介して 1 または複数の表示装置 400 と接続されてもよい。なお、表示装置 400 はオプションな構成であり、異常検知システム 1 に必須ではない。

【0027】

制御装置 100 は、設備や機械を制御するための各種演算を実行する制御ロジック (以下、「PLC エンジン」とも称す。) を有している。PLC エンジンに加えて、制御装置 100 は、フィールド装置群 10 にて計測され、制御装置 100 へ転送されるデータ (以下、「入力データ」とも称す。) を収集する収集機能を有している。さらに、制御装置 100 は、収集した入力データに基づいて異常を検知する異常検知機能も有している。

40

【0028】

具体的には、制御装置 100 に実装される時系列データベース (以下、「TSDB (Time Series Data Base) 」とも記す。) 130 が収集機能を提供し、制御装置 100 に実装される異常検知エンジン 150 が異常検知機能を提供する。TSDB 140 および異常検知エンジン 150 の詳細については後述する。

【0029】

フィールドバス 2 およびフィールドバス 4 は、産業用の通信プロトコルを採用すること

50

が好ましい。このような通信プロトコルとしては、EtherCAT（登録商標）、Ethernet/IP（登録商標）、DeviceNet（登録商標）、CompoNet（登録商標）などが知られている。

【0030】

フィールド装置群10は、制御対象または制御に関連する製造装置や生産ラインなど（以下、「フィールド」とも総称する。）から入力データを収集する装置を含む。このような入力データを収集する装置としては、入力リレーや各種センサなどが想定される。フィールド装置群10は、制御装置100にて生成される指令（以下、「出力データ」とも称す。）に基づいて、フィールドに対して何らかの作用を与える装置を含む。このようなフィールドに対して何らかの作用を与える装置としては、出力リレー、コンタクト、サーボドライバおよびサーボモータ、その他任意のアクチュエータが想定される。これらのフィールド装置群10は、フィールドバス2を介して、制御装置100との間で、入力データおよび出力データを含む任意のデータをやり取りする。

10

【0031】

図1に示す構成例においては、フィールド装置群10は、リモートI/O（Input/Output）装置12と、リレー群14と、画像センサ18およびカメラ20と、サーボドライバ22およびサーボモータ24とを含む。

【0032】

リモートI/O装置12は、フィールドバス2を介して通信を行う通信部と、入力データの収集および出力データの出力を行うための入出力部（以下、「I/Oユニット」とも称す。）とを含む。このようなI/Oユニットを介して、制御装置100とフィールドとの間で入力データおよび出力データがやり取りされる。図1には、リレー群14を介して、入力データおよび出力データとして、デジタル信号がやり取りされる例が示されている。

20

【0033】

I/Oユニットは、フィールドバスに直接接続されるようにしてもよい。図1には、フィールドバス2にI/Oユニット16が直接接続されている例を示す。

【0034】

画像センサ18は、カメラ20によって撮像された画像データに対して、パターンマッチングなどの画像計測処理を行って、その処理結果を制御装置100へ送信する。

【0035】

サーボドライバ22は、制御装置100からの出力データ（例えば、位置指令など）に従って、サーボモータ24を駆動する。

30

【0036】

上述のように、フィールドバス2を介して、制御装置100とフィールド装置群10との間で任意のデータがやり取りされることになるが、これらのやり取りされるデータは、数百 μ secオーダー～数十mscオーダーのごく短い周期で更新されることになる。なお、このようなやり取りされるデータの更新処理を、「I/Oリフレッシュ処理」と称することもある。

【0037】

フィールドバス4を介して制御装置100と接続される表示装置400は、ユーザからの操作を受けて、制御装置100に対してユーザ操作に応じたコマンドなどを送信するとともに、制御装置100での演算結果などをグラフィカルに表示する。

40

【0038】

サポート装置200は、制御装置100が制御対象を制御するために必要な準備を支援する情報処理装置（コンピュータの一例）である。具体的には、サポート装置200は、制御装置100で実行されるユーザプログラムの開発を支援する機能（プログラム作成編集ツール、パーサ、コンパイラなど）、制御装置100および制御装置100に接続される各種デバイスのパラメータ（コンフィギュレーション）の設定を支援する機能、生成したユーザプログラムを制御装置100へ送信する機能、制御装置100上で実行されるユーザプログラムなどをオンラインで修正・変更する機能、などを提供する。

50

【 0 0 3 9 】

本実施の形態に係るサポート装置 2 0 0 は、制御装置 1 0 0 に実装される異常検知エンジン 1 5 0 (異常検知モデルを用いて実現される) の生成および更新を支援するための機能を有している。すなわち、サポート装置 2 0 0 は、検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルを生成する。

【 0 0 4 0 】

サポート装置 2 0 0 は、ネットワークなどを介してモデル情報サーバ 3 0 0 に接続可能になっている。

【 0 0 4 1 】

モデル情報サーバ 3 0 0 は、異常検知エンジン 1 5 0 を実現するために必要な異常検知モデルを生成するための情報を提供する。より具体的には、モデル情報サーバ 3 0 0 は、異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納したモデル情報データベース 3 3 0 を有している。モデル情報データベース 3 3 0 は、モデル生成情報を格納した情報格納手段に相当する。

10

【 0 0 4 2 】

なお、モデル情報サーバ 3 0 0 は、インターネット 6 を介してクラウド上に配置してもよいし、サポート装置 2 0 0 の一部として実装してもよい。すなわち、モデル情報サーバ 3 0 0 の実装形態はどのようなものであってもよい。

【 0 0 4 3 】

異常検知モデルを作成する場合には、まず、フィールド装置群 1 0 から検知対象に関する時系列データである実績データが収集されて、T S D B 1 4 0 に格納される ((1) 実績データ収集) 。 T S D B 1 4 0 は、検知対象に関する実績データを収集する収集手段に相当する。T S D B 1 4 0 に格納された実績データは、サポート装置 2 0 0 へ転送される ((2) 実績データ取得) 。

20

【 0 0 4 4 】

ユーザは、サポート装置 2 0 0 を操作することで、モデル情報サーバ 3 0 0 のモデル情報データベース 3 3 0 を参照して、適切なモデル生成情報を取得する ((3) モデル情報 DB 参照) 。そして、サポート装置 2 0 0 は、ユーザ操作に応じて、異常検知モデルを生成し ((4) モデル生成) 、制御装置 1 0 0 に転送する ((5) 異常検知モデル転送) 。これによって、制御装置 1 0 0 に異常検知エンジン 1 5 0 が実現される。

30

【 0 0 4 5 】

図 2 は、本実施の形態に係る異常検知システム 1 における異常検知モデルの生成処理の概略を示す模式図である。図 2 を参照して、異常検知エンジン 1 5 0 を実現するための異常検知モデルの生成処理について概略する。

【 0 0 4 6 】

先に、異常検知の対象となる機構の耐久性などを事前実験することで、データ分布などを取得して、モデル生成情報として、モデル情報サーバ 3 0 0 のモデル情報データベース 3 3 0 に登録する (S T 1) 。すなわち、モデル生成情報は、対象の機構を実験して得られた結果に基づいて生成される。モデル情報データベース 3 3 0 に登録されるモデル生成情報は、可能な限り充実していることが好ましい。

40

【 0 0 4 7 】

任意の検知対象について異常検知モデルを生成する場合には、まず、当該検知対象に関する実績データを収集する (S T 2) 。収集された実績データは、制御装置 1 0 0 の T S D B 1 4 0 に書き込まれる。

【 0 0 4 8 】

サポート装置 2 0 0 は、ユーザ操作に応じて、モデル情報サーバ 3 0 0 のモデル情報データベース 3 3 0 に登録されているモデル生成情報のうち適切なモデル生成情報を取得するとともに、制御装置 1 0 0 の T S D B 1 4 0 から対象の実績データを取得する。そして、サポート装置 2 0 0 は、異常検知モデルを生成する (S T 3) 。

【 0 0 4 9 】

50

本実施の形態に係る異常検知システム 1 において、異常検知モデルは、異常検知用パラメータおよび学習データセットを含む。そのため、以下の説明においては、異常検知モデルを生成する処理は、異常検知用パラメータおよび学習データセットを生成する処理を含む。

【 0 0 5 0 】

本明細書において、「学習データセット」は、異常検知エンジン 1 5 0 において参照される教師データの集合を意味する。基本的には、「学習データセット」は、検知対象の本来の状態あるいは通常の状態を示す情報（すなわち、正常状態の情報）の集合である。但し、「学習データセット」は、検知対象の本来とは異なる状態あるいは通常とは異なる状態を示す情報（すなわち、異常状態の情報）を含んでいてもよい。この場合には、各情報

10

【 0 0 5 1 】

本明細書において、「異常検知用パラメータ」は、正常状態であるか異常状態であるかを判断する（あるいは、識別する）ためのしきい値を含む。「異常検知用パラメータ」は、正常状態であるか異常状態であるかを判断するために使用される特徴量などを指定する情報を含んでいてもよい。

【 0 0 5 2 】

本明細書において、「特徴量」は、検知対象に関連付けられた時系列データに含まれる任意情報を包含する用語であり、検知対象の状態を代表する 1 または複数次元の値を意味する。「特徴量」は、例えば、検知対象に関連付けられた時系列データについての、最大

20

【 0 0 5 3 】

なお、異常検知用パラメータおよび学習データセットの具体例については後述する。

生成された異常検知モデルは、サポート装置 2 0 0 から制御装置 1 0 0 へ転送される。

【 0 0 5 4 】

制御装置 1 0 0 は、サポート装置 2 0 0 から提供された異常検知モデルを用いて、異常検知エンジン 1 5 0 を実現する。これによって、制御装置 1 0 0 では、異常検知の運用が開始される（S T 4）。

【 0 0 5 5 】

制御装置 1 0 0 の異常検知エンジン 1 5 0 は、生成された異常検知モデルに基づいて検知対象に何らかの異常が発生しているか否かを判断する異常検知手段に相当する。より具体的には、異常検知エンジン 1 5 0 は、異常検知モデルに含まれる異常検知用パラメータに従って、1 または複数の入力データから 1 または複数の特徴量を算出し、算出された 1 または複数の特徴量に基づいて、異常の有無を判断する。この異常の有無の判断には、異常検知モデルに含まれる学習データセットが参照される。

30

【 0 0 5 6 】

< B . ハードウェア構成例 >

次に、本実施の形態に係る異常検知システム 1 を構成する主要な装置のハードウェア構成例について説明する。

40

【 0 0 5 7 】

（ b 1 : 制御装置 1 0 0 のハードウェア構成例 ）

図 3 は、本実施の形態に係る異常検知システム 1 を構成する制御装置 1 0 0 のハードウェア構成例を示すブロック図である。図 3 を参照して、制御装置 1 0 0 は、CPU (Central Processing Unit) や MPU (Micro-Processing Unit) などのプロセッサ 1 0 2 と、チップセット 1 0 4 と、主記憶装置 1 0 6 と、二次記憶装置 1 0 8 と、ネットワークコントローラ 1 1 0 と、USB (Universal Serial Bus) コントローラ 1 1 2 と、メモリカードインターフェイス 1 1 4 と、内部バスコントローラ 1 2 2 と、フィールドバスコントローラ 1 1 8 , 1 2 0 と、I/O ユニット 1 2 4 - 1 , 1 2 4 - 2 , ... とを含む。

【 0 0 5 8 】

50

プロセッサ 102 は、二次記憶装置 108 に格納された各種プログラムを読み出して、主記憶装置 106 に展開して実行することで、PLC エンジン 130 および異常検知エンジン 150 を実現する。チップセット 104 は、プロセッサ 102 と各コンポーネントとのデータ伝送などを制御する。

【0059】

二次記憶装置 108 には、PLC エンジン 130 および異常検知エンジン 150 を実現するためのシステムプログラム 126 に加えて、PLC エンジン 130 を利用して実行されるユーザプログラム 132 が格納される。さらに、二次記憶装置 108 には、TSDB 140 を実現するための記憶領域も確保される。

【0060】

ネットワークコントローラ 110 は、ネットワークを介した別の装置とのデータのやり取りを制御する。USB コントローラ 112 は、USB 接続を介したサポート装置 200 とのデータのやり取りを制御する。

【0061】

メモ리카ードインターフェイス 114 は、メモ리카ード 116 を着脱可能に構成されており、メモ리카ード 116 に対してデータを書き込み、メモ리카ード 116 から各種データ（ユーザプログラムやトレースデータなど）を読み出すことが可能になっている。

【0062】

内部バスコントローラ 122 は、制御装置 100 に搭載される I/O ユニット 124 - 1, 124 - 2, ... との間でデータをやり取りするインターフェイスである。

【0063】

フィールドバスコントローラ 118 は、フィールドバス 2 を介した別の装置とのデータのやり取りを制御する。同様に、フィールドバスコントローラ 120 は、フィールドバス 4 を介した別の装置とのデータのやり取りを制御する。

【0064】

図 3 には、プロセッサ 102 がプログラムを実行することで必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路（例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) または FPGA (Field-Programmable Gate Array) など）を用いて実装してもよい。あるいは、制御装置 100 の主要部を、汎用的なアーキテクチャに従うハードウェア（例えば、汎用パソコンをベースとした産業用パソコン）を用いて実現してもよい。この場合には、仮想化技術を用いて、用途の異なる複数の OS (Operating System) を並列的に実行させるとともに、各 OS 上で必要なアプリケーションを実行させるようにしてもよい。

【0065】

(b2: サポート装置 200 のハードウェア構成例)

本実施の形態に係るサポート装置 200 は、一例として、汎用的なアーキテクチャに従うハードウェア（例えば、汎用パソコン）を用いてプログラムを実行することで実現される。

【0066】

図 4 は、本実施の形態に係る異常検知システム 1 を構成するサポート装置 200 のハードウェア構成例を示すブロック図である。図 4 を参照して、サポート装置 200 は、CPU や MPU などのプロセッサ 202 と、光学ドライブ 204 と、主記憶装置 206 と、二次記憶装置 208 と、USB コントローラ 212 と、ローカルネットワークコントローラ 214 と、入力部 216 と、表示部 218 とを含む。これらのコンポーネントは、バス 220 を介して接続される。

【0067】

プロセッサ 202 は、二次記憶装置 208 に格納された各種プログラムを読み出して、主記憶装置 206 に展開して実行することで、後述するような異常検知モデルの生成処理を含む各種処理を実現する。

【0068】

10

20

30

40

50

二次記憶装置 208 は、例えば、HDD (Hard Disk Drive) や SSD (Flash Solid State Drive) など構成される。二次記憶装置 208 には、典型的には、サポート装置 200 において実行されるユーザプログラムの作成、作成したユーザプログラムのデバッグ、システム構成の定義、各種パラメータの設定などを行うための開発プログラム 222 と、ユーザに対してデータを提示するとともに、ユーザからの指示を受け付ける PLC インターフェイスプログラム 224 と、異常検知モデルの生成などを実現するためのモデル生成プログラム 226 と、OS 228 とが格納される。すなわち、PLC インターフェイスプログラム 224 およびモデル生成プログラム 226 は、検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルを生成するための情報処理プログラムに相当する。なお、二次記憶装置 208 には、図 4 に示すプログラム以外の必要なプログラムが格納されてもよい。

10

【0069】

サポート装置 200 は、光学ドライブ 204 を有しており、コンピュータ読取可能なプログラムを非一過的に格納する記録媒体 205 (例えば、DVD (Digital Versatile Disc) などの光学記録媒体) から、その中に格納されたプログラムが読み取られて二次記憶装置 208 などにインストールされる。

【0070】

サポート装置 200 で実行される各種プログラムは、コンピュータ読取可能な記録媒体 205 を介してインストールされてもよいが、ネットワーク上の任意のサーバからダウンロードする形でインストールするようにしてもよい。また、本実施の形態に係るサポート装置 200 が提供する機能は、OS が提供するモジュールの一部を利用する形で実現される場合もある。

20

【0071】

USB コントローラ 212 は、USB 接続を介して制御装置 100 とのデータのやり取りを制御する。ローカルネットワークコントローラ 214 は、任意のネットワークを介した別の装置とのデータのやり取りを制御する。

【0072】

入力部 216 は、キーボードやマウスなどで構成され、ユーザ操作を受け付ける。表示部 218 は、ディスプレイ、各種インジケータ、プリンタなどで構成され、プロセッサ 202 からの処理結果などを出力する。

30

【0073】

図 4 には、プロセッサ 202 がプログラムを実行することで必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路 (例えば、ASIC または FPGA など) を用いて実装してもよい。

【0074】

< C . ソフトウェア構成例 / 機能構成例 >

次に、本実施の形態に係る異常検知システム 1 を構成する制御装置 100 およびサポート装置 200 のソフトウェア構成例および機能構成例について説明する。

【0075】

図 5 は、本実施の形態に係る異常検知システム 1 を構成する制御装置 100 およびサポート装置 200 のソフトウェア構成例を示すブロック図である。

40

【0076】

図 5 を参照して、制御装置 100 は、主要な機能構成として、PLC エンジン 130 と、TSDB 140 と、異常検知エンジン 150 とを含む。

【0077】

PLC エンジン 130 は、ユーザプログラム 132 を逐次解釈して、指定された制御演算を実行する。PLC エンジン 130 は、フィールド装置群 10 などから収集される入力データを変数 138 の形で管理しており、変数 138 の値は所定周期毎に更新される。PLC エンジン 130 は、制御装置 100 のプロセッサ 102 がシステムプログラム 126 (図 3) を実行することで実現されてもよい。

50

【 0 0 7 8 】

異常検知機能の一部として、ユーザプログラム 1 3 2 は、特徴量生成命令 1 3 4 および書込命令 1 3 6 を含む。

【 0 0 7 9 】

特徴量生成命令 1 3 4 は、予め定められた 1 または複数の入力データから予め定められた 1 または複数の特徴量（例えば、所定時間に亘る平均値、最大値、最小値など）を生成するための命令を含む。生成された 1 または複数の特徴量は、異常検知エンジン 1 5 0 における異常検知処理に与えられる。

【 0 0 8 0 】

書込命令 1 3 6 は、フィールド装置群 1 0 などから収集された 1 または複数の入力データを T S D B 1 4 0 に順次書き込むための命令を含む。

10

【 0 0 8 1 】

T S D B 1 4 0 に順次書き込まれる 1 または複数の入力データの一部または全部は、実績データ 1 4 2 として出力することもできる。実績データ 1 4 2 は、サポート装置 2 0 0 における異常検知モデルの生成処理でも利用される。

【 0 0 8 2 】

異常検知エンジン 1 5 0 は、異常検知用パラメータ 1 6 0 および学習データセット 1 6 2 を参照することで、異常検知機能を実現する。但し、異常検知エンジン 1 5 0 の基本的な処理自体は、制御装置 1 0 0 のプロセッサ 1 0 2 がシステムプログラム 1 2 6（図 3）を実行することで実現されてもよい。

20

【 0 0 8 3 】

異常検知エンジン 1 5 0 は、検知対象の 1 または複数の特徴量が学習データセット 1 6 2 に含まれる正常状態を示す特徴量の集合から乖離している度合いを算出するとともに、異常検知用パラメータ 1 6 0 に含まれるしきい値などを判断基準として、何らかの異常が発生しているか否かを判断する。異常検知エンジン 1 5 0 は、何らかの異常が発生していると判断（異常を検知）すると、その旨を P L C エンジン 1 3 0 へ通知し、あるいは、変数 1 3 8 のうち予め定められた値を、異常を示す値に変更する。

【 0 0 8 4 】

一方、サポート装置 2 0 0 は、主要な機能構成として、P L C インターフェイス機能 2 3 0 と、解析機能 2 4 0 とを含む。

30

【 0 0 8 5 】

P L C インターフェイス機能 2 3 0 は、制御装置 1 0 0 から実績データ 1 4 2 を取得する処理、および、生成した異常検知モデル（異常検知用パラメータ 1 6 0 および学習データセット 1 6 2）を制御装置 1 0 0 へ転送する処理などを担当する。P L C インターフェイス機能 2 3 0 は、典型的には、サポート装置 2 0 0 のプロセッサ 2 0 2 が P L C インターフェイスプログラム 2 2 4（図 4）を実行することで実現される。

【 0 0 8 6 】

解析機能 2 4 0 は、モデル情報サーバ 3 0 0 から取得したモデル生成情報と、制御装置 1 0 0 から取得した実績データ 1 4 2 とを用いて、異常検知モデル（異常検知用パラメータ 1 6 0 および学習データセット 1 6 2）を生成する。すなわち、解析機能 2 4 0 は、モデル情報サーバ 3 0 0 に格納されたモデル生成情報のうち検知対象に適したモデル生成情報に、検知対象に関する実績データ 1 4 2 を適用することで、異常検知モデルを生成するモデル生成手段に相当する。解析機能 2 4 0 は、典型的には、サポート装置 2 0 0 のプロセッサ 2 0 2 がモデル生成プログラム 2 2 6（図 4）を実行することで実現される。

40

【 0 0 8 7 】

より具体的には、解析機能 2 4 0 は、特徴量生成モジュール 2 4 2 と、取得モジュール 2 4 4 と、異常検知モジュール 2 4 6 と、モデル生成モジュール 2 4 8 とを含む。

【 0 0 8 8 】

特徴量生成モジュール 2 4 2 は、制御装置 1 0 0 の特徴量生成命令 1 3 4 と同様に、実績データ 1 4 2 に含まれる 1 または複数の入力データから予め定められた 1 または複数の

50

特徴量を生成する。

【 0 0 8 9 】

取得モジュール 2 4 4 は、モデル情報サーバ 3 0 0 のモデル情報データベース 3 3 0 にアクセスして、モデル情報データベース 3 3 0 に格納されている 1 または複数のモデル生成情報を取得する。すなわち、取得モジュール 2 4 4 は、異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納したモデル情報データベース 3 3 0 にアクセスするアクセス手段に相当する。

【 0 0 9 0 】

異常検知モジュール 2 4 6 は、制御装置 1 0 0 の異常検知エンジン 1 5 0 と同様に、特徴量生成モジュール 2 4 2 により生成された 1 または複数の特徴量に基づいて、何らかの異常が発生しているか否かを判断する。

10

【 0 0 9 1 】

モデル生成モジュール 2 4 8 は、異常検知モデル（異常検知用パラメータ 1 6 0 および学習データセット 1 6 2 ）を生成する。

【 0 0 9 2 】

< D . モデル生成情報 >

次に、本実施の形態に係る異常検知システム 1 において使用されるモデル生成情報の一例について説明する。

【 0 0 9 3 】

図 6 は、本実施の形態に係る異常検知システム 1 において使用されるモデル生成情報 3 4 0 の一例を説明するための図である。図 6 には、任意の検知対象（図 6 に示す例では、機構 A ）から取得された特徴量（例えば、機構 A の速度の最大値など）の時間的変化 5 0 の一例を示す。検知対象の正常状態と異常状態との間で値により大きな変化を生じる特徴量を異常検知に使用することが好ましい。

20

【 0 0 9 4 】

図 6 に示す時間的変化 5 0 においては、時間経過とともに、特徴量が全体的により大きな値を示すような傾向が見られる。検知対象の初期動作期間 5 2 における特徴量の変化は、検知対象の正常状態の挙動とみなすことができる。一方、時間経過によって、検知対象が劣化等することで何らかの異常が発生したとする。検知対象に何らかの異常が発生した異常発生期間 5 4 における特徴量の変化は、検知対象の異常状態の挙動とみなすことができる。

30

【 0 0 9 5 】

図 6 には、初期動作期間 5 2 における特徴量の分布を示すヒストグラム 5 6 と、異常発生期間 5 4 における特徴量の分布を示すヒストグラム 5 8 とを示す。図 6 に示す例では、正常状態を示すヒストグラム 5 6 と、異常状態を示すヒストグラム 5 8 とを識別できる異常検知モデルを生成すればよい。また、正常状態から異常状態への変化を示す劣化関数 6 0 を決定できる。劣化関数 6 0 に基づいて、正常状態であるか異常状態であるかを判断するためのしきい値を決定できる。

【 0 0 9 6 】

後述するように、任意の機構についての実験を行うことで、図 6 に示すような特徴量の時間的変化 5 0 を取得し、正常状態および異常状態の情報を含むモデル生成情報 3 4 0 を生成する。

40

【 0 0 9 7 】

より具体的には、モデル生成情報 3 4 0 は、一例として、特徴量情報 3 4 2 と、機構情報 3 4 4 と、異常検知性能 3 4 6 と、劣化情報 3 4 8 と、分布情報 3 5 0 とを含む。

【 0 0 9 8 】

特徴量情報 3 4 2 は、対象の機構から取得されるいずれの情報の特徴量とするかを規定する情報を含む。すなわち、特徴量情報 3 4 2 は、検知対象について算出される特徴量を特定する情報に相当する。例えば、特徴量情報 3 4 2 には、対象の機構の速度の最大値などが設定される。

50

【 0 0 9 9 】

機構情報 3 4 4 は、対象の機構を特定するための情報を含む。例えば、機構情報 3 4 4 は、機構のタイプ、機構のメーカー、機構の形式、機構の運転方式などを含む。

【 0 1 0 0 】

異常検知性能 3 4 6 は、モデル生成情報 3 4 0 を生成したときに算出された異常検知の能力を示す値（例えば、AUC）を含む。

【 0 1 0 1 】

劣化情報 3 4 8 は、劣化関数 6 0 を規定する 1 または複数のパラメータを含む。すなわち、劣化関数 6 0 は、対象の機構が正常状態から異常状態へ変化する特性を特定する情報に相当する。劣化関数 6 0 としては、どのような関数形式を採用してもよい。例えば、劣化関数 6 0 を高次関数としてもよいし、指数関数を含むものとしてもよい。

10

【 0 1 0 2 】

分布情報 3 5 0 は、正常状態における特徴量の分布（図 6 を示すヒストグラム 5 6）を規定する情報を含む。分布情報 3 5 0 は、対象の機構から取得される実績データについての相対的な挙動を示す情報である。

【 0 1 0 3 】

より具体的には、分布情報 3 5 0 は、分布形状情報 3 5 2 と、分布生成手法 3 5 4 と、分布パラメータ群 3 5 6 と、しきい値情報 3 5 8 とを含む。

【 0 1 0 4 】

分布形状情報 3 5 2 は、特徴量の分布の形状を示す情報を含む。例えば、分布形状情報 3 5 2 には「正規分布」と規定される。

20

【 0 1 0 5 】

分布生成手法 3 5 4 は、特徴量の分布を生成（あるいは、規定）する手法を示す情報を含む。例えば、分布生成手法 3 5 4 には「標準」と規定される。あるいは、特徴量を平均化やフィルタリングした上で、分布を生成する場合には、分布生成手法 3 5 4 には、そのような手法を用いることが規定される。

【 0 1 0 6 】

分布パラメータ群 3 5 6 は、分布を定義する 1 または複数のパラメータを含む。例えば、正規分布を考慮すると、分布パラメータ群 3 5 6 は、平均値 μ 、標準偏差 σ 、形状パラメータ α 、 β などを含んでもよい。形状パラメータ α 、 β は、平均値 μ と標準偏差 σ との関係の規定する情報である。すなわち、形状パラメータ α 、 β は、平均値 μ と標準偏差 σ との関係を規格化したものであり、任意の平均値 μ および標準偏差 σ が与えられると、形状パラメータ α 、 β に従って、正規分布を決定できる。

30

【 0 1 0 7 】

このように、モデル生成情報 3 4 0 は、対象の機構を特定するための情報と、対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報とを含む。

【 0 1 0 8 】

検知対象の機構を事前に解析して、異常検知に用いる特徴量の種類や、分布の情報を示す情報が取得される。これらの事前情報を参照することで、任意の検知対象から取得される情報を解析することなく、当該検知対象についての異常検知モデルを容易に生成できる。

40

【 0 1 0 9 】

以下、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法のより詳細な手順について説明する。

【 0 1 1 0 】

< E . モデル生成情報の事前準備 (S T 1) >

次に、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法に必要な処理として、モデル生成情報の事前準備について説明する。

【 0 1 1 1 】

(e 1 : 処理手順)

図 7 は、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法のうちモデル生成情報の事前準備

50

備に係る処理手順を示すフローチャートである。図 7 に示す処理は、基本的には、ユーザ操作に応じてモデル情報サーバ 300 において実行されるが、ユーザ自身が実行してもよい。

【0112】

図 7 を参照して、まず、検査対象になり得る同一の機構を $N(N - 1)$ 個用意する(ステップ S11)。ユーザは、仕様環境を想定して当該機構を配置した上で、初期状態から何らかの異常が発生する(例えば、壊れる)まで稼働させて、1 または複数の値についての時系列データ(以下、「実験データ」とも称す。)を収集する(ステップ S12)。

【0113】

その後、ユーザは、機構から収集した 1 または複数の実験データのうち、当該機構の異常あるいは劣化を検知するのに適した特徴量を選択する(ステップ S13)。このとき、様々な条件変動(環境温度や負荷など)にロバストな特徴量を選択することが好ましい。あるいは、特定の条件においてロバストな特徴量を選択してもよい。

10

【0114】

続いて、モデル情報サーバ 300 は、ユーザ操作に応じて、選択した特徴量の分布を規定する情報である分布情報を決定する(ステップ S14)とともに、劣化関数を決定する(ステップ S15)。ここで、分布情報は、特徴量の分布を再現するための 1 または複数のパラメータを含む。劣化関数 60 は、劣化の傾向を示す情報を含む。

【0115】

さらに、モデル情報サーバ 300 は、ユーザ操作に応じて、決定した分布情報および劣化関数に基づく異常検知を、収集した実験データの少なくとも一部に適用して(すなわち、収集した実験データに基づく検定を行って)、異常検知性能を算出する(ステップ S16)。

20

【0116】

モデル情報サーバ 300 は、ユーザ操作に応じて、算出した情報と検知対象を特定する情報とを対応付けて、モデル生成情報としてモデル情報データベース 330 に登録する(ステップ S17)。検知対象を特定する情報は、機構のタイプ、機構のメーカ、機構の形式、機構の運転方式などを含む。さらに、モデル生成情報は、異常検知モデルの仕様として、異常検知モデルの適用条件、異常検知モデルの現地調整の要否、異常検知モデルの調整方法、特徴量の算出式、特徴量の分布情報、劣化関数、異常検知性能、収集した実験データそのものを含んでいてもよい。

30

【0117】

異常検知モデルに用いる分布および劣化関数については、検知対象に応じて様々なものを用いることができる。

【0118】

図 8 は、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法に従って生成されたモデル生成情報のいくつかの例を示す図である。図 8 (A) には、1 つの特徴量についての正規分布に基づく異常検知モデルの例を示す。図 8 (B) には、1 つの特徴量についての許容範囲を規定した分布に基づく異常検知モデルの例を示す。図 8 (C) には、2 つの特徴量についての分布に基づく異常検知モデルの例を示す。

40

【0119】

図 8 (A) ~ 図 8 (C) にそれぞれ示される異常検知モデルに限らず、任意の異常検知モデルを用いることができる。

【0120】

さらに、同一の機構であっても、条件を異ならせて複数のモデル生成情報を登録してもよい。

【0121】

例えば、(1) 特定の適用条件(環境温度が 25 ± 5) で使用できる異常検知性能の高い異常検知モデルに対応するモデル生成情報と、(2) 特定の適用条件より広い適用条件(環境温度が 25 ± 15) で使用できるが、異常検知性能が劣る異常検知モデル

50

に対応するモデル生成情報と、を登録するようにしてもよい。

【0122】

また、(1)現地調整は不要であるが、検知性能が劣る異常検知モデルに対応するモデル生成情報と、(2)現地調整が必要ではあるが、検知性能が高い異常検知モデルに対応するモデル生成情報と、を登録するようにしてもよい。

【0123】

以下、モデル生成情報を派生して登録するいくつかの方法について説明する。すなわち、以下に示すような方法によって、対象の機構を実験して得られた結果を拡張することで、適用条件の異なる複数のモデル生成情報が生成されてもよい。

【0124】

(e2:データ拡張によるモデル生成情報の充実化)

図9は、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法に従って収集された実験データおよび異常検知モデルの一例を示す図である。図9には、異常検知の対象の機構をエアースリンドとした場合の例を示す。図9に示す特徴量1は、エアースリンドの押込時間に依存する値であり、特徴量2は、エアースリンドの引抜時間に依存する値である。

【0125】

図9に示すグラフにおいて、等高線は、異常の度合いを示しており、外側にいくほど異常の度合いが高いことを意味する。

【0126】

図9(A)は、例えば、適用条件として、環境温度が 25 ± 5 の範囲で収集された2つの特徴量を2次元座標360Aにプロットしたものである。図9(A)には、環境温度が20における正常状態を示す特徴量の組(学習データ)に加えて、ロッドリーク量が許容限界を超えたときの特徴量の組(ロッドリーク限界)、および、ピストンリーク量が許容限界を超えたときの特徴量の組(ピストンリーク限界)を示す。

【0127】

これらの情報に基づいて、異常状態を示す識別境界362Aと、異常状態に近い注意状態を示す識別境界364Aとを決定できる。すなわち、識別境界362Aおよび識別境界364Aは、特定の適用条件(環境温度が 25 ± 5)で使用できる異常検知モデルの一部を意味する。

【0128】

検知対象から測定された実験データであるテストデータを識別境界362Aおよび識別境界364Aに適用することで、ロッドリーク異常およびピストンリング異常を検知できる(すなわち、ロッドリーク異常およびピストンリング異常に対応する座標は識別境界362Aの外側に位置する)。

【0129】

このとき、環境温度が10における正常状態、および、環境温度が40における正常状態に対応する座標も識別境界362Aの内側に位置しているので、特定の適用条件(環境温度が 25 ± 5)外においても、一応は適用可能である。但し、正常状態の実験データ(特徴量の組)を収集できていないので、誤検知の可能性は否定できない。

【0130】

そこで、収集された実験データを拡張した学習データセット162を生成した上で、新たな異常検知モデルを生成した結果を図9(B)に示す。図9(B)の2次元座標360Bに示される異常検知モデルにおいては、異常状態を示す識別境界362Bおよび異常状態に近い注意状態を示す識別境界364Bは、識別境界362Aおよび識別境界364A(図9(A)参照)に比較して広がっている。すなわち、正常状態であると判定される範囲が拡大(条件が緩和)されていることを意味する。

【0131】

このようなデータ拡張によって得られた異常検知モデルは、環境温度の変化への適応範囲が拡大している一方で、検知性能は劣る場合がある。

【0132】

10

20

30

40

50

図9(B)に示す例では、ロッドリーク異常およびピストンリング異常の一部が異常状態を示す識別境界362Bの範囲内に位置しているため、これらの異常を検知できないことになる。

【0133】

図9(A)に示されるような異常検知モデルに対応するモデル生成情報と、図9(B)に示されるような異常検知モデルに対応するモデル生成情報とを、検知対象や要求される仕様などに応じて、適切に選択することになる。

【0134】

(e3:モデル生成情報のロバスト性拡張)

収集された実験データの拡張によるモデル生成情報の充実化に限らず、特徴量の変動要因を調査した上で、変動要因別にモデル生成情報を用意してもよい。

10

【0135】

図10は、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法におけるロバスト性拡張の一例を説明するための図である。図10には、エアシリンダの取付方向を異ならせた場合の要因分析の例を示す。図10(A)には垂直上方向に設置した場合を示し、図10(B)には垂直下方向に設置した場合を示し、図10(C)には水平方向に設置した場合を示す。図10(A)~図10(C)に示す特徴量1は、エアシリンダの押込時間に依存する値であり、特徴量2は、エアシリンダの引抜時間に依存する値である。

【0136】

図10(A)~図10(C)に示すように、取得される特徴量に変化を与える要因としては、(1)負荷の影響、(2)温度の影響、(3)リークの影響が想定される。

20

【0137】

(1)負荷の影響としては、シリンダ内の空気圧が発生する力と負荷方向とが反対である場合には、空気圧が発生する力を打消すことになり、移動速度は低下する。一方、シリンダ内の空気圧が発生する力と負荷方向とが同じである場合には、空気圧が発生する力より大きな力が発生することになり、移動速度は増加する。また、空気圧が発生する力は、エアシリンダの取付方向に依存する。

【0138】

(2)温度の影響としては、グリスの粘度、ロッドとシリンダチューブとの摩擦、ピストンとシリンダチューブとの摩擦などが考えられる。

30

【0139】

グリスの粘度は、温度が高くなると粘性が低くなり、柔らかくなる。これによって、摩擦力が低下して、移動速度は増加する。

【0140】

ロッドとシリンダチューブとの間については、ロッドが炭素鋼であり、シリンダチューブがステンレスである場合には、材質の違いにより線膨張係数が異なるため、温度が高くなると抵抗値が低下して、移動速度は増加する。

【0141】

ピストンとシリンダチューブとの間については、ピストンがアルミであり、シリンダチューブがステンレスである場合には、材質の違いにより線膨張係数が異なるため、温度が高くなると抵抗値が増加して、移動速度は低下する。

40

【0142】

(3)リークの影響としては、ロッドリークが大きければ、残圧が早く抜けることになり、押込速度は増加する一方で、内圧が分散するので、引抜速度は低下する。また、ピストンリークが大きければ、内圧が分散するので、押込速度および引抜速度とも低下する。

【0143】

上述したような要因に加えて、測定される特徴量の変化方向は取付方向に応じて異なることになる。そのため、変動要因別にモデル生成情報を用意してもよい。

【0144】

例えば、負荷率を0-25%、25-50%、50-75%、75-100%と異なら

50

せた異常検知モデルを用意してもよい。また、環境温度を 15 ± 5 , 25 ± 5 , 35 ± 5 , 20 ± 10 , 30 ± 10 , 25 ± 15 と異ならせたモデル生成情報を用意してもよい。

【0145】

条件毎および仕様毎に用意されるモデル生成情報の集合のうち、検知対象や要求される仕様などに応じて、適切なモデル生成情報が選択される。

【0146】

< F . 実績データ収集 (S T 2) >

次に、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法に必要な処理として、実績データ収集の処理について説明する。

【0147】

任意の検知対象を現実に設置した後、ユーザは、サポート装置200を操作するなどして、制御装置100が当該検知対象に関する実績データを収集するように設定する。当該検知対象を含む製造装置や生産ラインが所定期間あるいは所定サイクルに亘って動作したときの1または複数の実績データを制御装置100で収集する。

【0148】

異常検知モデルの異常検知性能を高めるためには、収集する実績データは多い方が好ましいが、試運転の期間を長く取れないことも多いので、収集する実績データの量は状況に応じて決定されてもよい。

【0149】

制御装置100は、収集した実績データをTSDB140に格納する。TSDB140に格納された実績データは、ユーザ操作に応じて、サポート装置200に転送される。サポート装置200に転送された実績データが異常検知モデルの生成に用いられる。

【0150】

< G . 異常検知モデルの生成 (S T 3) >

次に、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法に必要な処理として、異常検知モデルを生成する処理について説明する。

【0151】

図11は、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法のうち異常検知モデルの生成に係る処理手順を示すフローチャートである。図11に示す処理は、基本的には、ユーザ操作に応じてサポート装置200において実行される。この場合、サポート装置200のプロセッサ202がPLCインターフェイスプログラム224およびモデル生成プログラム226を実行することで、後述するような処理が実現される。

【0152】

図11を参照して、まず、サポート装置200は、ユーザ操作に応じて、検知対象の機構の仕様情報（機構のタイプ、機構のメーカー、機構の形式、機構の運転方式など）に基づいて、モデル情報サーバ300のモデル情報データベース330から対象のモデル生成情報を取得する（ステップS31）。

【0153】

通常、ユーザは、現地調整の要否、適用条件の範囲、異常検知性能などを考慮して、モデル生成情報を選択する。但し、モデル情報サーバ300に検索機能を実装しておき、ユーザが検知対象の機構の仕様情報および要望などを入力すると、当該ユーザの入力に対応するモデル生成情報を検索して、ユーザへ提示するようにしてもよい。

【0154】

また、サポート装置200は、ユーザ操作に応じて、制御装置100のTSDB140に格納されている検知対象から収集された実績データを取得する（ステップS32）。

【0155】

サポート装置200は、ユーザ操作に応じて、取得したモデル生成情報に従って、検知対象から取得された実績データに基づいて学習データセット162を生成する（ステップS33）。また、サポート装置200は、取得したモデル生成情報に従って、異常検知用

10

20

30

40

50

パラメータ 160 を生成する (ステップ S 34)。

【0156】

そして、サポート装置 200 は、検知対象から収集された実績データを、生成した異常検知用パラメータ 160 および学習データセット 162 に適用して、異常検知性能を算出する (ステップ S 35)。

【0157】

さらに、ユーザは、サポート装置 200 が算出した異常検知性能を確認して、必要に応じて、異常検知用パラメータ 160 を調整する (ステップ S 36)。

【0158】

ユーザが異常検知性能を確認して、制御装置 100 への転送を指示すると (ステップ S 37 において YES)、制御装置 100 は、生成された異常検知用パラメータ 160 および学習データセット 162 (異常検知モデル) を制御装置 100 へ転送する (ステップ S 38)。制御装置 100 では、検知対象についての異常検知の運用が開始される。

【0159】

ここで、学習データセットの生成方法の一例について説明する。

図 12 は、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法における学習データセットを生成する方法を説明するための図である。図 12 (A) および図 12 (B) に示すように、サポート装置 200 は、モデル生成情報に含まれる特徴量の分布を規定する情報に基づいて、学習データセット 162 を生成する。

【0160】

図 12 (A) には、検知対象から取得された実績データ 142 に基づいて学習データセット 162 を生成する例を示す。この場合、サポート装置 200 は、検知対象に関する実績データに基づいて算出される統計量をモデル生成情報に含まれる特徴量の分布を規定する情報に反映することで、学習データセットを生成する。より具体的には、学習データセット 162 に規定される分布情報 350 に従って、実績データ 142 から複数の特徴量を算出するとともに、算出した複数の特徴量についての平均値および標準偏差 (統計量の一例) を算出する。算出した平均値および標準偏差に従う正規分布乱数を学習データセット 162 として決定する。

【0161】

図 12 (B) には、モデル生成情報 340 のみから学習データセット 162 を生成する例を示す。より具体的には、学習データセット 162 に含まれる平均値および標準偏差を抽出する。抽出した平均値および標準偏差に従う正規分布乱数を学習データセット 162 として決定する。

【0162】

このように、環境条件に応じて取得される特徴量が変化するような検知対象については、図 12 (A) に示すような手順で異常検知モデルを決定し、環境条件によらず取得される特徴量が変化しない検知対象については、図 12 (B) に示すような手順で異常検知モデルを決定してもよい。

【0163】

なお、上述の説明においては、ユーザが予め登録されたモデル生成情報を選択する例を示したが、要求に応じて、モデル生成情報を動的に生成するようにしてもよい。

【0164】

図 13 は、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法のうち異常検知モデルの生成に係る別の処理手順を示すフローチャートである。図 13 に示す処理は、基本的には、ユーザ操作に応じてサポート装置 200 において実行される。この場合、サポート装置 200 のプロセッサ 202 が PLC インターフェイスプログラム 224 およびモデル生成プログラム 226 を実行することで、後述するような処理が実現される。

【0165】

図 13 を参照して、まず、ユーザは、検知対象の機構の仕様情報 (機構のタイプ、機構のメーカー、機構の形式、機構の運転方式など) を入力して、モデル情報サーバ 300 のモ

10

20

30

40

50

デル情報データベース 330 に登録されている 1 または複数のモデル生成情報を抽出する (ステップ S301)。そして、ユーザは、異常検知を行う環境を示す環境条件を入力する (ステップ S302)。

【0166】

すると、要求された環境条件に適合する異常検知モデルを含むモデル生成情報が生成される (ステップ S303)。要求された環境条件に適合する異常検知モデルを含むモデル生成情報の生成は、異常検知モデルの生成を担当するユーザ (モデル登録者) が手動で行ってもよいし、モデル情報サーバ 300 が自動的に行ってもよい。

【0167】

上述したように、実験データに対応する環境条件に適合するように、特徴量を選択するとともに、指定された環境において異常検知性能がより高くなる異常検知モデルを決定してもよい。

【0168】

そして、サポート装置 200 は、ユーザ操作に応じて、生成された異常検知モデルを含むモデル生成情報を取得する (ステップ S304)。

【0169】

このようにモデル生成情報を決定することで、異常検知を適用する環境により合致させた形で異常検知を実施できるようになる。

【0170】

ステップ S32 以降の処理は、図 11 と同様である。

< H . 異常検知の運用 (S T 4) >

次に、本実施の形態に係る異常検知モデルの生成方法に必要な処理として、制御装置 100 における異常検知の運用の処理について説明する。

【0171】

上述したように、サポート装置 200 から制御装置 100 には、異常検知モデル (異常検知用パラメータ 160 および学習データセット 162) が転送される。制御装置 100 において周期的に実行されるユーザプログラム 132 は、異常検知用パラメータ 160 により指定された 1 または複数の特徴量を生成するための命令 (特徴量生成命令 134) を含んでおり、周期的に算出される 1 または特徴量を異常検知モデルに適用することで、検知対象に何らかの異常が発生したか否かを推定できる。

【0172】

なお、異常検知機能は、ユーザプログラム 132 に含まれる命令によって、所定条件が満たされた場合に限り有効化するようにしてもよいし、任意のタイミングで有効化 / 無効化できるようにしてもよい。

【0173】

また、検知対象に何らの異常も発生していない状態で、異常検知機能が異常の発生と判断する場合、および、検知対象に何らかの異常が発生している状態で、異常検知機能が異常の発生を検知できなかった場合には、異常検知モデルを再生成するようにしてもよい。

【0174】

異常検知性能がより高くなるように、異常検知モデルの再学習や再調整を行ってもよい。また、異常検知の運用によって得られた実績データを用いて、追加のモデル生成情報を生成してもよい。

【0175】

< I . 変形例 >

上述の実施の形態においては、典型的には、サポート装置 200 が異常検知モデルを生成し、生成した異常検知モデルを制御装置 100 へ転送する構成例について説明したが、サポート装置 200 が有している機能の一部を制御装置 100 に実装してもよい。また、サポート装置 200 が有している機能の一部をクラウド環境などで実装してもよい。

【0176】

このように、本実施の形態に係る異常検知システム 1 は、要求される性能や利用可能な

10

20

30

40

50

リソースなどに応じて、任意の形態で実装できる。

【 0 1 7 7 】

< J . 付記 >

上述したような本実施の形態は、以下のような技術思想を含む。

【 0 1 7 8 】

[構成 1]

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデル (1 6 0 , 1 6 2) の生成に用いられるモデル生成情報 (3 4 0) を格納した情報格納手段 (3 3 0) を備え、前記モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報 (3 4 4) と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報 (3 5 0) とを含み、

10

前記情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち前記検知対象に適したモデル生成情報に、前記検知対象に関する実績データを適用することで、前記異常検知モデルを生成するモデル生成手段 (2 4 0 ; 2 4 8) と、

前記生成された異常検知モデルに基づいて前記検知対象に何らかの異常が発生しているか否かを判断する異常検知手段 (1 5 0) とを備える、異常検知システム。

【 0 1 7 9 】

[構成 2]

前記モデル生成情報は、前記検知対象について算出される特徴量を特定する情報 (3 4 2) を含む、構成 1 に記載の異常検知システム。

【 0 1 8 0 】

20

[構成 3]

前記モデル生成情報は、前記対象の機構が前記正常状態から異常状態へ変化する特性を特定する情報 (3 4 8) を含む、構成 1 または 2 に記載の異常検知システム。

【 0 1 8 1 】

[構成 4]

前記検知対象に関する実績データを収集する収集手段 (1 4 0) をさらに備える、構成 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の異常検知システム。

【 0 1 8 2 】

[構成 5]

前記モデル生成手段は、前記モデル生成情報に含まれる前記特徴量の分布を規定する情報に基づいて、学習データセット (1 6 2) を生成する、構成 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の異常検知システム。

30

【 0 1 8 3 】

[構成 6]

前記モデル生成手段は、前記検知対象に関する実績データに基づいて算出される統計量を前記モデル生成情報に含まれる前記特徴量の分布を規定する情報に反映することで、前記学習データセットを生成する、構成 5 に記載の異常検知システム。

【 0 1 8 4 】

[構成 7]

前記モデル生成情報は、前記対象の機構を実験して得られた結果に基づいて生成される、構成 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の異常検知システム。

40

【 0 1 8 5 】

[構成 8]

前記対象の機構を実験して得られた結果を拡張することで、適用条件の異なる複数の前記モデル生成情報が生成される、構成 7 に記載の異常検知システム。

【 0 1 8 6 】

[構成 9]

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデル (1 6 0 , 1 6 2) を生成するための情報処理装置 (2 0 0) であって、

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルの生成に用いられるモデル生

50

成情報を格納した情報格納手段にアクセスするアクセス手段(240; 244)を備え、前記モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報(344)と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報(350)とを含み、

前記情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち前記検知対象に適したモデル生成情報に、前記検知対象に関する実績データを適用することで、前記異常検知モデルを生成するモデル生成手段(240; 248)を備える、情報処理装置。

【0187】

[構成10]

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデル(160, 162)を生成するための情報処理プログラム(222, 224)であって、前記情報処理プログラムは、コンピュータ(200)に、

10

検知対象に生じ得る異常を検知するための異常検知モデルの生成に用いられるモデル生成情報を格納した情報格納手段にアクセスするステップ(S31)を実行させ、前記モデル生成情報は、対象の機構を特定するための情報(344)と、当該対象の機構の正常状態における特徴量の分布を規定する情報(350)とを含み、

前記情報格納手段に格納されたモデル生成情報のうち前記検知対象に適したモデル生成情報に、前記検知対象に関する実績データを適用することで、前記異常検知モデルを生成するステップ(S33)を実行させる、情報処理プログラム。

【0188】

< K . 利点 >

20

本実施の形態に係る異常検知システムにおいては、任意の機構について事前実験することで、データ分布を取得する。この取得されたデータ分布を含むモデル生成情報と、実際の検知対象から取得された実績データとに基づいて、当該検知対象における異常を検知するための異常検知モデルを容易に生成できる。そのため、異常検知モデルを生成する際に、高度な専門知識が必要ではないので、専門知識が少ないユーザであっても、異常検知モデルを容易に作成できる。これによって、生産設備における異常検知機能をより容易に実現できる。

【0189】

また、生成される異常検知モデルの異常検知性能についても、個人のスキルに依存することなく、ある程度の精度を確保できる。

30

【0190】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0191】

1 異常検知システム、2, 4 フィールドバス、6 インターネット、10 フィールド装置群、12 リモートI/O装置、14 リレー群、16, 124 I/Oユニット、18 画像センサ、20 カメラ、22 サーボドライバ、24 サーボモータ、50 時間的变化、52 初期動作期間、54 異常発生期間、56, 58 ヒストグラム、60 劣化関数、100 制御装置、102, 202 プロセッサ、104 チップセット、106, 206 主記憶装置、108, 208 二次記憶装置、110 ネットワークコントローラ、112, 212 USBコントローラ、114 メモリカードインターフェイス、116 メモリカード、118, 120 フィールドバスコントローラ、122 内部バスコントローラ、126 システムプログラム、130 PLCエンジン、132 ユーザプログラム、134 特徴量生成命令、136 書込命令、138 変数、142 実績データ、150 異常検知エンジン、160 異常検知用パラメータ、162 学習データセット、200 サポート装置、204 光学ドライブ、205 記録媒体、214 ローカルネットワークコントローラ、216 入力部、218 表示部、220 バス、222 開発

40

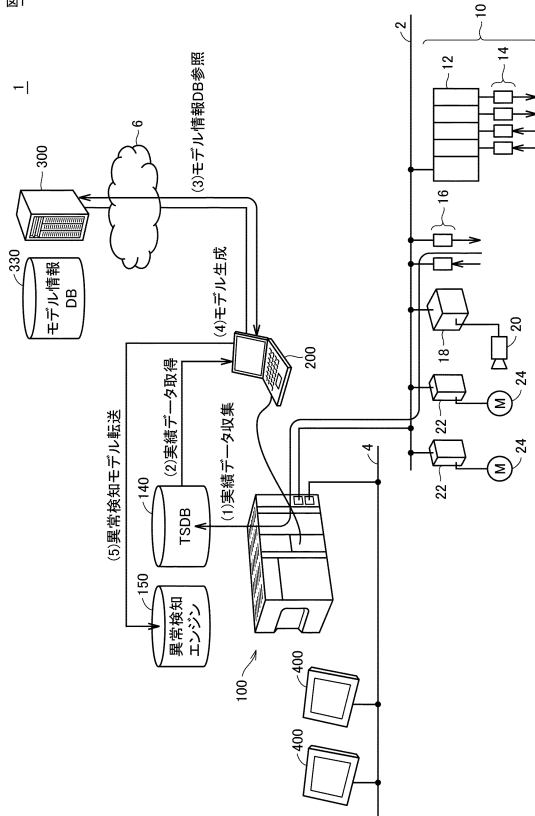
50

プログラム、224 インターフェイスプログラム、226 モデル生成プログラム、230 インターフェイス機能、240 解析機能、242 特徴量生成モジュール、244 取得モジュール、246 異常検知モジュール、248 モデル生成モジュール、300 モデル情報サーバ、330 モデル情報データベース、340 モデル生成情報、342 特徴量情報、344 機構情報、346 異常検知性能、348 劣化情報、350 分布情報、352 分布形状情報、354 分布生成手法、356 分布パラメータ群、358 しきい値情報、360A, 360B 2次元座標、362A, 362B, 364A, 364B 識別境界、400 表示装置。

【図面】

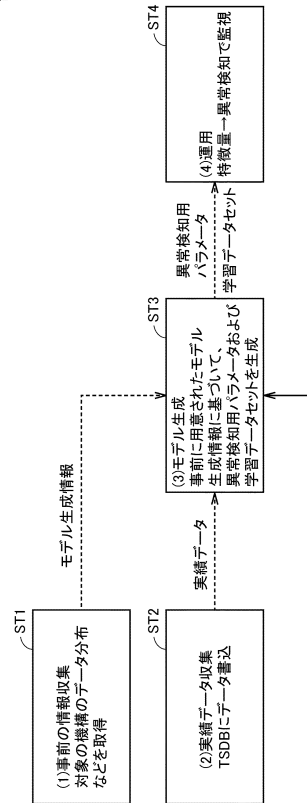
【図1】

図1



【図2】

図2



10

20

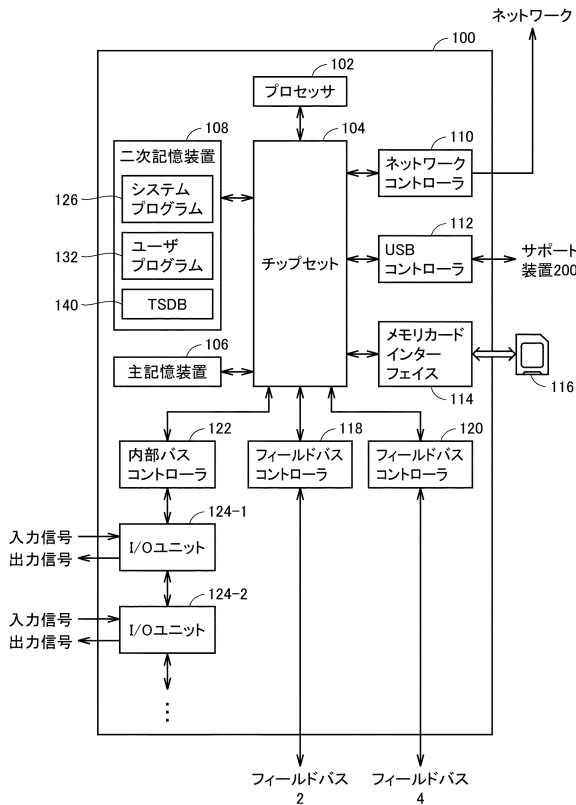
30

40

50

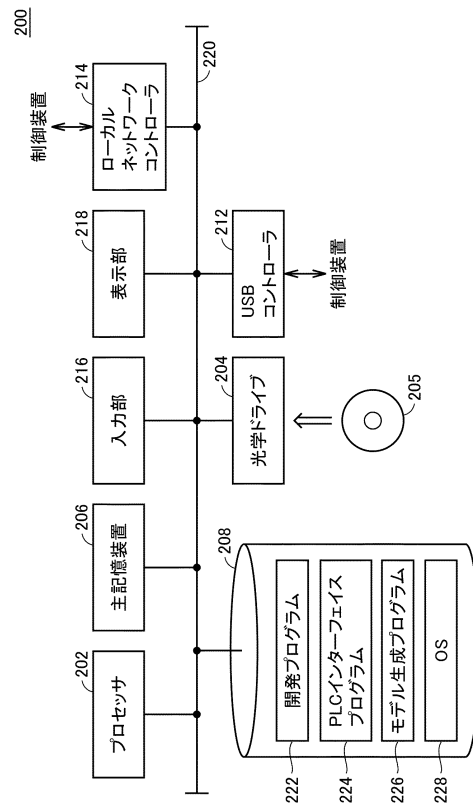
【図3】

図3



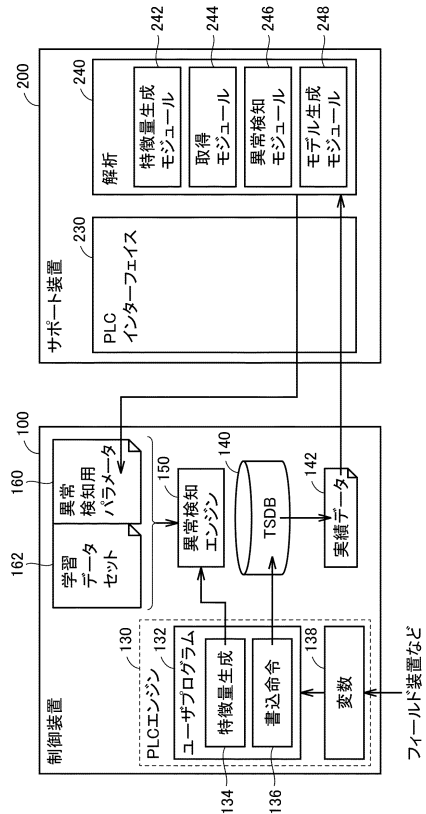
【図4】

図4



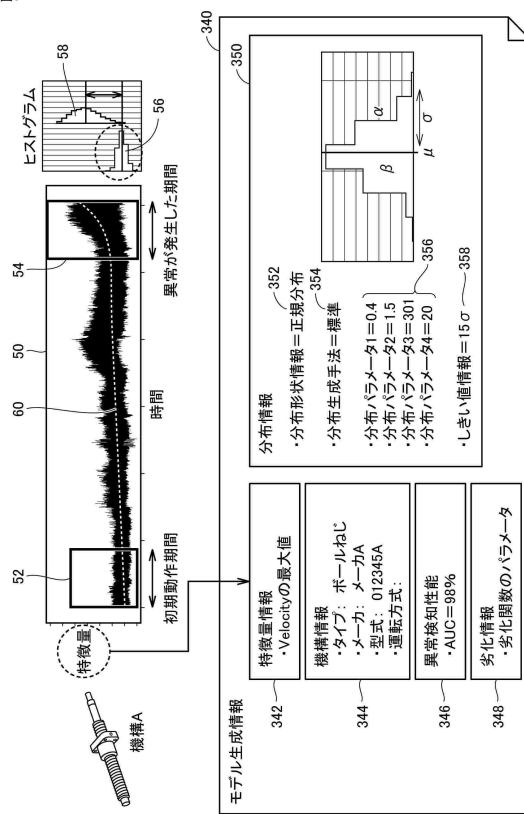
【図5】

図5



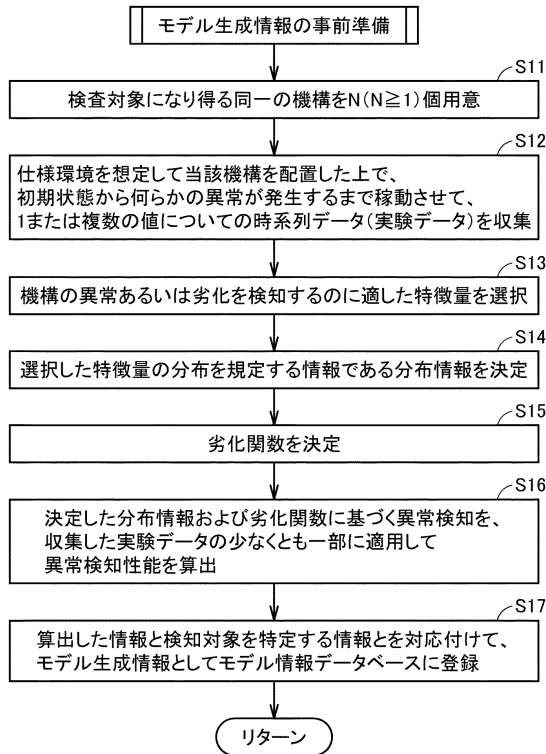
【図6】

図6



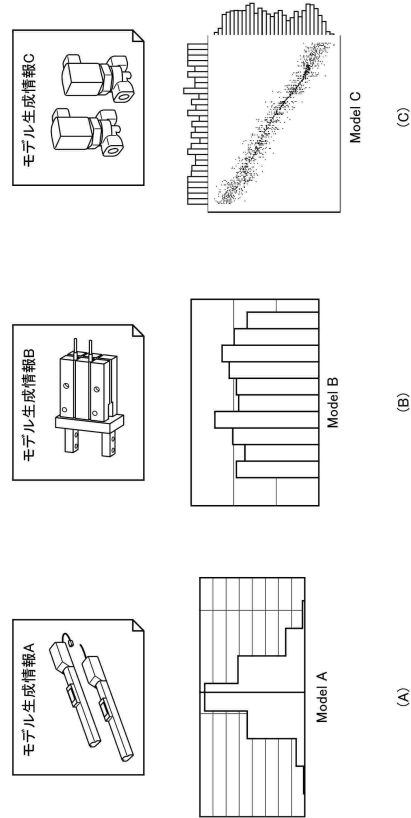
【 図 7 】

図7



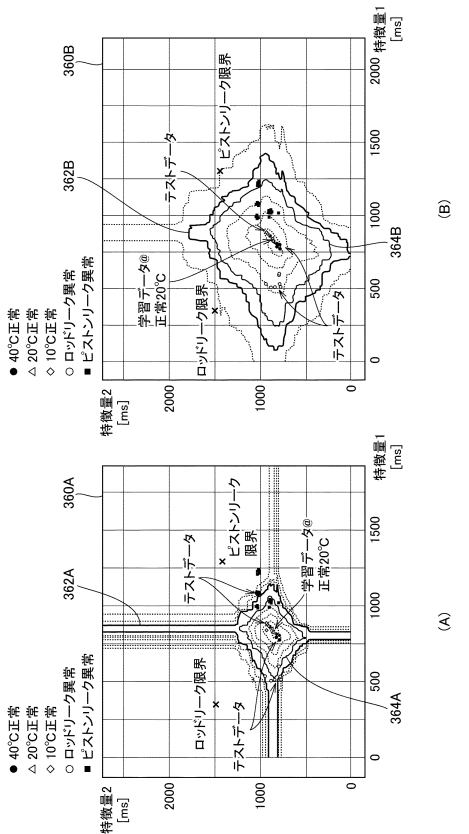
【 図 8 】

図8



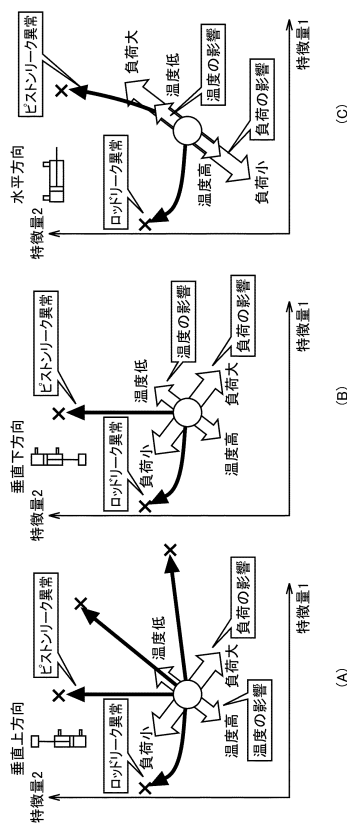
【 図 9 】

図9



【 図 10 】

図10



10

20

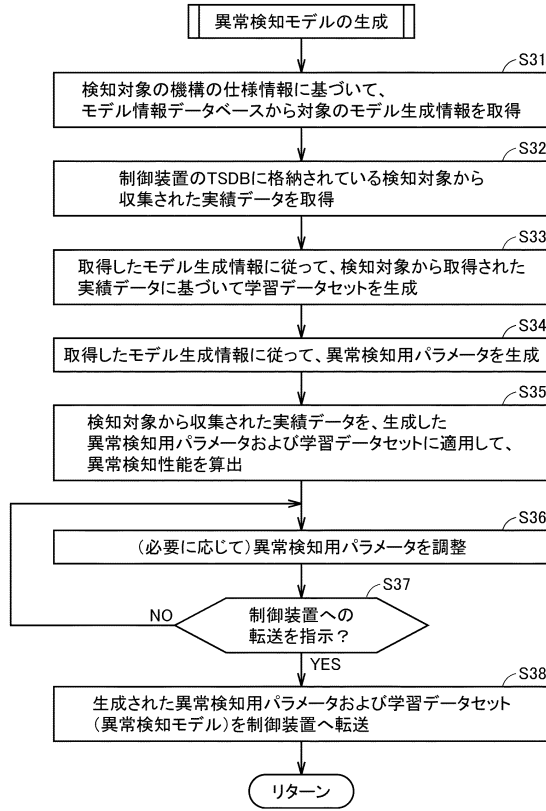
30

40

50

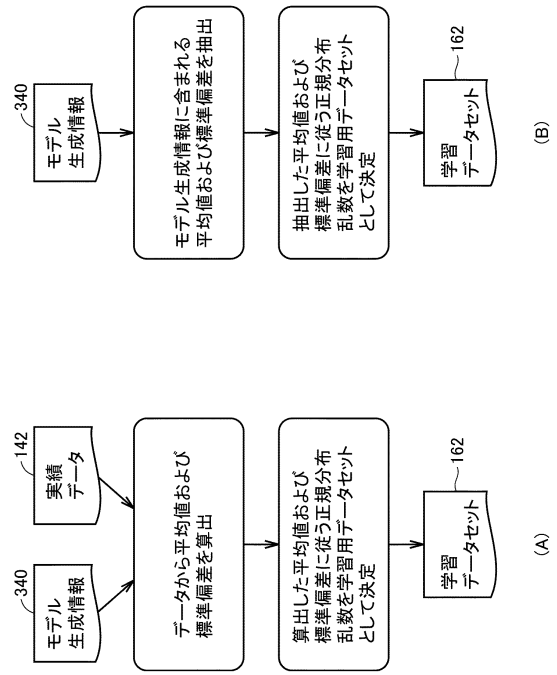
【 図 1 1 】

図11



【 図 1 2 】

図12

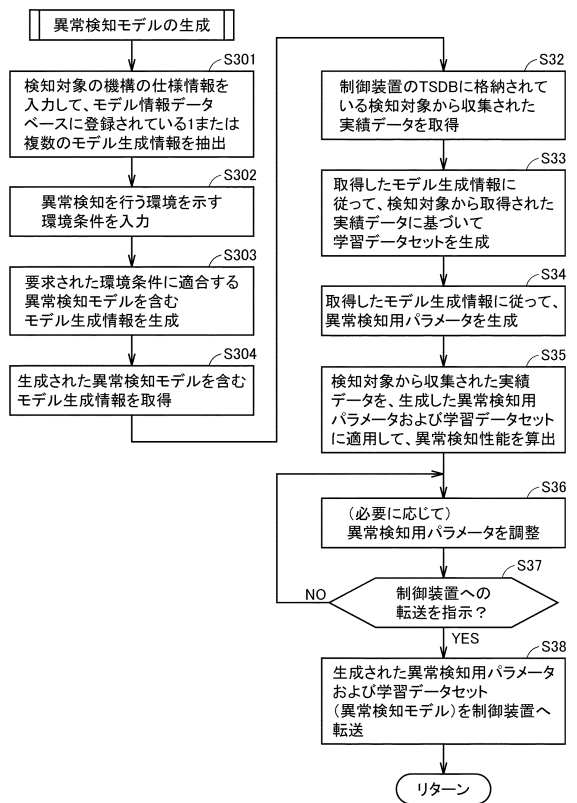


10

20

【 図 1 3 】

図13



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 2 3 4 3 0 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 6 / 1 4 3 1 1 8 (W O , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 5 B 2 3 / 0 2