

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6424874号  
(P6424874)

(45) 発行日 平成30年11月21日(2018.11.21)

(24) 登録日 平成30年11月2日(2018.11.2)

(51) Int. Cl.	F I				
<b>G05B 23/02 (2006.01)</b>	G05B	23/02	V		
<b>G05B 19/418 (2006.01)</b>	G05B	19/418	Z		

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-201289 (P2016-201289)	(73) 特許権者	000002945
(22) 出願日	平成28年10月12日(2016.10.12)		オムロン株式会社
(65) 公開番号	特開2018-63559 (P2018-63559A)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
(43) 公開日	平成30年4月19日(2018.4.19)		動堂町801番地
審査請求日	平成30年2月14日(2018.2.14)	(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹
		(74) 代理人	100179062
			弁理士 井上 正
		(74) 代理人	100189913
			弁理士 鶴飼 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動作状態監視装置、学習データ生成装置、方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の製品と第2の製品を選択的に生産する設備の動作状態を学習データに基づいて監視する動作状態監視装置であって、

前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す測定データを、基準学習データとして記憶する基準学習データ記憶部と、

前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態と、前記第2の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態との差に基づいて設定された変換モデルを記憶する変換モデル記憶部と、

前記設備が前記第2の製品を生産する際に、前記基準学習データ記憶部に記憶された基準学習データを前記変換モデル記憶部に記憶された変換モデルに基づいて変換し、前記第2の製品に対応する個別学習データを生成する個別学習データ生成手段と

を具備する動作状態監視装置。

【請求項2】

前記基準学習データ記憶部は、前記第1の製品を生産するために定義された複数の制御項目の各々について生成された学習データを記憶し、

前記個別学習データ生成手段は、前記第1の製品に対し定義された前記複数の制御項目と同一の制御項目を前記第2の製品に対し定義し、当該定義された複数の制御項目の各々について前記第2の製品に対応する個別学習データを生成するものである請求項1記載の動作状態監視装置。

**【請求項 3】**

前記個別学習データ生成手段は、前記変換モデルとして、前記第 2 の製品に対し設定された正常な動作状態を表す設定値に、前記基準学習データに含まれる実測値と設定値との差分を加算することにより、前記第 2 の製品に対応する個別学習データの推定値を計算する変換式を使用する請求項 1 記載の動作状態監視装置。

**【請求項 4】**

前記個別学習データ生成手段は、前記変換モデルとして、前記基準学習データにおける実測値と設定値との差分に、前記第 1 および第 2 の製品間の標準偏差の比を乗算し、当該乗算後の計算値に前記第 2 の製品に対し設定された正常な動作状態を表す設定値を加算することにより、前記第 2 の製品に対応する個別学習データの推定値を計算する変換式を使用する請求項 1 記載の動作状態監視装置。

10

**【請求項 5】**

前記第 2 の製品を生産するときの前記設備の動作状態を、前記個別学習データ生成手段により生成された個別学習データに基づいて判別する判別手段と、

前記判別手段により得られた判別結果を表す情報を表示器に表示させる手段と、

前記個別学習データの修正指示の入力を受け付ける手段と、

前記受け付けた修正指示に従い、修正対象となる前記個別学習データを再生成する処理を前記個別学習データ生成手段に実行させる手段と

を、さらに具備する請求項 1 記載の動作状態監視装置。

**【請求項 6】**

第 1 の製品と第 2 の製品を選択的に生産する設備の動作状態を、予め記憶された学習データに基づいて監視する動作状態監視装置との間でデータ伝送が可能な学習データ生成装置であって、

前記第 1 の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態と、前記第 2 の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態との差に基づいて設定された変換モデルを記憶する変換モデル記憶部と、

前記設備が前記第 2 の製品を生産する際に、前記動作状態監視装置から、前記第 1 の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す基準学習データを取得する手段と、

前記取得された基準学習データを前記変換モデル記憶部に記憶された変換モデルに基づいて変換し、前記第 2 の製品に対応する個別学習データを生成する個別学習データ生成手段と、

前記生成された個別学習データを前記動作状態監視装置へ出力する手段と

を具備する学習データ生成装置。

**【請求項 7】**

第 1 の製品と第 2 の製品を選択的に生産する設備の動作状態を学習データに基づいて監視する動作状態監視装置が実行する学習データ生成方法であって、

前記設備が前記第 2 の製品を生産する際に、前記第 1 の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す基準学習データを基準学習データ記憶部から読み出す過程と、

前記第 1 の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態と、前記第 2 の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態との差に基づいて設定された変換モデルを変換モデル記憶部から読み出す過程と、

前記読み出された基準学習データを前記読み出された変換モデルに基づいてデータ変換して、前記第 2 の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す個別学習データを推定する過程と

を具備する学習データ生成方法。

**【請求項 8】**

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の動作状態監視装置が備える各手段としてコンピュータを機能させるプログラム。

**【請求項 9】**

請求項 6 に記載の学習データ生成装置が備える各手段としてコンピュータを機能させる

20

30

40

50

プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、設備の動作状態を学習データを用いて監視するための動作状態監視装置、学習データ生成装置、方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

生産設備や発電設備等の各種設備において、設備の動作異常を早期に検出することは、稼働効率の低下を未然に防ぐ上できわめて重要である。そこで、例えば複数のセンサから設備の動作状態を表す測定データを取得し、この取得した測定データを、事前に生成しておいた学習データに照会することで、設備の動作異常の予兆を検出するシステムが提案されている（例えば特許文献1を参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第5530019号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

ところが、従来提案されているシステムには以下のような解決すべき課題があった。すなわち、最近の生産設備は、単一種類の製品のみを生産するのではなく、多品種の製品を選択的に生産することが可能となっている。そのため、生産対象となる多種類の製品に対応するすべての学習データを、システムの稼働前に生成し記憶しておく必要がある。

【0005】

しかし、製品に対応するすべての学習データを設備の稼働前にもれなく生成し記憶することは、システムを稼働させる前に多くの時間を費やして準備工程を実行しなければならず、設備の稼働効率の低下を招いていた。

【0006】

この発明は上記事情に着目してなされたもので、設備が生産する複数の製品に対応するすべての学習データを事前に生成し記憶しておくことなく設備の動作状態の監視を開始できるようにし、これにより設備の稼働効率の向上を図った動作状態監視装置、学習データ生成装置、方法およびプログラムを提供しようとするものである。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するためにこの発明の第1の態様は、第1の製品と第2の製品を選択的に生産する設備の動作状態を学習データに基づいて監視する動作状態監視装置であって、前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す測定データを基準学習データとして記憶する基準学習データ記憶部と、前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態と、前記第2の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態との差に基づいて設定された変換モデルを記憶する変換モデル記憶部と、個別学習データ生成手段とを備える。そして、前記設備が前記第2の製品を生産する際に、個別学習データ生成手段により、前記基準学習データ記憶部に記憶された基準学習データを、前記変換モデル記憶部に記憶された変換モデルに基づいて変換して、前記第2の製品に対応する個別学習データを生成するようにしたものである。

40

【0008】

この発明の第2の態様は、前記基準学習データ記憶部に、前記第1の製品を生産するために定義された複数の制御項目の各々について生成された学習データを記憶し、前記個別学習データ生成手段が、前記第1の製品に対し定義された前記複数の制御項目と同一の制御項目を前記第2の製品に対し定義し、当該定義された複数の制御項目の各々について前

50

記第2の製品に対応する個別学習データを生成するようにしたものである。

【0009】

この発明の第3の態様は、前記個別学習データ生成手段が、前記変換モデルとして、前記第2の製品に対し設定された正常な動作状態を表す設定値に、前記基準学習データに含まれる実測値と設定値との差分を加算することにより、前記第2の製品に対応する個別学習データの推定値を計算する変換式を使用するものである。

【0010】

この発明の第4の態様は、前記個別学習データ生成手段が、前記変換モデルとして、前記基準学習データにおける実測値と設定値との差分に、前記第1および第2の製品間の標準偏差の比を乗算し、当該乗算後の計算値に前記第2の製品に対し設定された正常な動作状態を表す設定値を加算することにより、前記第2の製品に対応する個別学習データの推定値を計算する変換式を使用するものである。

10

【0011】

この発明の第5の態様は、前記第2の製品を生産するときの前記設備の動作状態を、前記個別学習データ生成手段により生成された個別学習データに基づいて判別する判別手段と、前記判別手段により得られた判別結果を表す情報を表示器に表示させる手段と、前記個別学習データの修正指示の入力を受け付ける手段と、前記受け付けた修正指示に従い、修正対象となる前記個別学習データを再生成する処理を前記個別学習データ生成手段に実行させる手段とを、さらに具備するようにしたものである。

【0012】

この発明の第6の態様は、第1の製品と第2の製品を選択的に生産する設備の動作状態を、予め記憶された学習データに基づいて監視する動作状態監視装置との間でデータ伝送が可能な学習データ生成装置であって、前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態と、前記第2の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態との差に基づいて設定された変換モデルを記憶する変換モデル記憶部を備える。そして、前記設備が前記第2の製品を生産する際に、前記動作状態監視装置から、前記第1の製品を生産しているときの前記設備の正常な動作状態を表す基準学習データを取得し、この取得された基準学習データを前記変換モデル記憶部に記憶された変換モデルに基づいて変換することにより前記第2の製品に対応する個別学習データを生成し、当該生成された個別学習データを前記動作状態監視装置へ出力するようにしたものである。

20

30

【発明の効果】

【0013】

この発明の第1の態様によれば、第2の製品を設備で生産する際に、第1の製品の動作状態監視用として事前に記憶しておいた基準学習データを変換モデルによりデータ変換することにより、第2の製品に対応する個別学習データが生成される。このため、複数の製品に対応するすべての学習データを設備の稼働前に生成し記憶しておく必要がなくなり、これにより設備を稼働させる前の準備工程を簡素化して、設備を短時間のうちに稼働させることが可能となる。従って、生産者にとっては設備の稼働効率の高めることができる。また、各製品に対応するすべての個別学習データを同時に記憶しておかなくても済むので、学習データ記憶部の記憶容量を減らすことができる。

40

【0014】

この発明の第2の態様によれば、第2の製品が第1の製品と同様に複数の制御項目を有する場合に、第2の製品についても制御項目毎に個別学習データを生成することができる。

【0015】

この発明の第3の態様によれば、変換モデルとして、第2の製品に対し設定された正常な動作状態を表す設定値に基準学習データに含まれる実測値と設定値との差分を加算することにより、第2の製品に対応する個別学習データの推定値を計算する変換式が使用される。これにより、第1の製品を生産するときの動作状態の実測値が、平均が設定値となる正規分布に従い、かつ実測値の標準偏差が設定値に依存しないという条件の下で、当該条

50

件に適したデータ変換を行うことができる。

【0016】

この発明の第4の態様によれば、変換モデルとして、基準学習データにおける実測値と設定値との差分に、前記第1および第2の製品間の標準偏差の比を乗算し、当該乗算後の計算値に前記第2の製品に対し設定された正常な動作状態を表す設定値を加算することにより、前記第2の製品に対応する個別学習データの推定値を計算する変換式が使用される。これにより、第1の製品を生産するときの動作状態の実測値が、平均が設定値となる正規分布に従い、かつ実測値の標準偏差が設定値に比例するという条件の下で、当該条件に適したデータ変換を行うことができる。

【0017】

この発明の第5の態様によれば、第2の製品を生産するときの設備の動作状態の判別結果を表す情報が表示器に表示される。そして、例えばこの表示を確認したオペレータが個別学習データの修正指示を入力すると、この修正指示に従い個別学習データが再生成される。このため、例えば、設備の動作状態が異常と判定されても、設備自体の動作状態は正常範囲と判断できるような場合には、個別学習データを生成し直すことが可能となる。

【0018】

この発明の第5の態様によれば、基準学習データのみを記憶した動作状態監視装置に学習データ生成装置を外付けすることで、例えば既存の動作状態監視装置を引き続き使用した状態で、この発明を実施することができる。

【0019】

すなわちこの発明の各態様によれば、設備が生産する複数の製品に対応するすべての学習データを事前に生成し記憶しておくことなく設備の動作状態の監視を開始できるようにし、これにより設備の稼働効率の向上を図った動作状態監視装置、学習データ生成装置、方法およびプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】この発明の一実施形態に係る動作状態監視装置を含む生産管理システムの概略構成図。

【図2】図1に示した生産管理システムのうち動作状態管理装置の機能構成を示すブロック図。

【図3】図2に示した動作状態監視装置による動作状態監視制御のメインルーチンの制御手順と制御内容を示すフローチャート。

【図4】図3に示したメインルーチンにおける基準学習データ生成処理の処理手順と処理内容を示すフローチャート。

【図5】図3に示したメインルーチンにおける個別学習データ生成処理の処理手順と処理内容を示すフローチャート。

【図6】図5に示した個別学習データ生成処理のうちのデータ変換処理の処理手順と処理内容を示すフローチャート。

【図7】図6に示したデータ変換処理に使用する変換モデルの第1の例を説明するための図。

【図8】図6に示したデータ変換処理に使用する変換モデルの第2の例を説明するための図。

【図9】図4に示した基準学習データ生成処理により生成される基準学習データの一例と、その実測値の頻度分布を示す図。

【図10】図5に示した個別学習データ生成処理により生成される個別学習データの一例と、その推定値の頻度分布を示す図。

【図11】この発明の一実施形態に係る生産管理システムの具体例である基板実装ラインの概略構成図。

【図12】図11に示した基板実装ラインで使用する基準学習データおよび個別学習データの一例を示す図。

10

20

30

40

50

【図 1 3】図 1 2 に示した基準学習データから個別学習データを推定する際の変換モデルの一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、図面を参照してこの発明に係わる実施形態を説明する。

[一実施形態]

(構成)

図 1 は、この発明の一実施形態に係る動作状態監視装置を含む生産管理システムの概略構成図であり、図中 2 は生産管理の対象となる製造装置等の設備を示している。

設備 2 は、多品種少量生産の要求に応え、複数の製品を選択的に生産することが可能なものである。ここで、生産には、例えば製品の製作に限らず、製品の組み立て、加工、縫製、包装、印刷等の、製品を生産する上で必要なすべての工程が含まれる。

【0022】

生産管理システムは、上記設備 2 が設置された現場に配置される装置群と、事務所に配置される装置とから構成される。

このうち現場に配置される装置群は、設備 2 の動作状態を測定するための複数のセンサ 4 1 ~ 4 n と、動作状態監視装置 1 と、コンソール端末 3 とを備えている。センサ 4 1 ~ 4 n は、例えばアナログ温度センサや振動センサ、画像センサからなり、設備 2 の動作中にその動作状態を表す温度や振動の測定データ、設備 2 を撮像した画像データを出力する。上記センサ 4 1 ~ 4 n から出力された測定データおよび画像データは、Ethernet (登録商標) 等のネットワーク 7 を介して動作状態監視装置 1 に伝送される。

【0023】

一方、事務所に配置される装置は管理サーバ 5 により構成される。管理サーバ 5 は、動作状態監視装置 1 から LAN (Local Area Network) や無線 LAN 等の構内ネットワーク 6 を介して伝送される、設備 2 の動作状態の判別結果を表す情報を受信し蓄積する。そして、当該蓄積された判別結果を表す情報をもとに、例えば設備 2 の日単位での動作状況の確認、不良の頻度の高い製品または工程の特定、現場への動作状況の報告等の生産管理処理を行う。なお、上記管理サーバ 5 は、インターネットを含む公衆ネットワーク 8 を介して設備 2 のメーカーが使用する管理端末にも接続され、これにより設備 2 の異常や故障に関するデータをメーカーに通知できるようになっている。

【0024】

動作状態監視装置 1 は以下のように構成される。図 2 はその機能構成を示すブロック図である。

すなわち、動作状態監視装置 1 は、制御ユニット 10 と、入出力インタフェースユニット 20 と、記憶ユニット 30 とを備えている。

【0025】

入出力インタフェースユニット 20 は、上記センサ 4 1 ~ 4 n から送信される測定データや画像データ、およびコンソール端末 3 から出力されるコマンドデータをそれぞれ受信して、制御ユニット 10 へ出力する機能を有する。また入出力インタフェースユニット 20 は、制御ユニット 10 から出力された予兆・異常の判別結果を表すデータを、構内ネットワーク 6 を介して管理サーバ 5 またはメーカー管理端末へ送信する機能も備えている。

【0026】

記憶ユニット 30 は、記憶媒体として、例えば SSD (Solid State Drive) や HDD (Hard Disk Drive) 等の随時書き込みおよび読み出しが可能な不揮発性メモリを使用している。記憶ユニット 30 は、本実施形態を実施するために使用する記憶領域として、基準学習データ記憶部 3 1 と、変換モデル記憶部 3 2 と、個別学習データ記憶部 3 3 と、判別モデル記憶部 3 4 を備えている。

【0027】

このうち変換モデル記憶部 3 2 には、生産対象として想定される製品を識別する製品 ID と、当該製品の各生産工程で使用される各制御項目に対応付けて、複数の変換モデルが

10

20

30

40

50

記憶される。制御項目とは、製品を製造するときの設備の制御項目である。例えば、基板実装ラインでは、印刷機の印圧、印刷速度、印刷位置、実装機の実装位置、リフロー炉の炉内温度を含む。他にも、制御項目としては、コンベアの色度、ロボットアームのトルク、ヒーター電流等がある。

#### 【0028】

変換モデルは、基準学習データ記憶部31に記憶される基準学習データをデータ変換して個別学習データを生成する際の変換ルールとして用いられるもので、変換式により表される。

#### 【0029】

制御ユニット10は、コンピュータを構成するCPU (Central Processing Unit) およびプログラムメモリを有し、本実施形態を実施するために必要な制御機能として、基準学習データ生成部11と、データ変換部12と、判別モデル生成部13と、予兆・異常判別部14とを備えている。なお、これらの制御機能はいずれも上記プログラムメモリに格納されたアプリケーション・プログラムを、上記CPUに実行させることにより実現される。

10

#### 【0030】

基準学習データ生成部11は、学習モードが指定された状態で、コンソール端末3から製品IDおよび制御項目の設定データを受け取ると共に、センサ41～4nから設備2が正常に動作している状態における測定データを一定の時間間隔で所定の学習期間に亘り受信する。そして、上記正常動作状態における測定データを上記製品IDと制御項目毎の設定データと関連付け、これを基準学習データとして基準学習データ記憶部31に格納する処理を行う。

20

#### 【0031】

データ変換部12は、設備2の動作異常を判別するための判別モードが指定された場合に、以下の処理を行う。

(1) 上記コンソール端末3から生産対象の製品の製品IDとその複数の制御項目の設定値の入力を受け付け、当該製品IDと複数の制御項目との組み合わせにそれぞれ対応する変換モデルを、上記変換モデル記憶部32から読み込む処理。

(2) 上記読み込んだ変換モデルに従い、上記基準学習データ記憶部31に記憶された基準学習データをデータ変換し、変換後のデータを個別学習データとして個別学習データ記憶部33に記憶させる処理。

30

#### 【0032】

判別モデル生成部13は、上記個別学習データ記憶部33に記憶された個別学習データをもとに、設備2の動作異常を判別するための判別モデルを生成し、この生成された判別モデルを判別モデル記憶部34に格納する処理を行う。

#### 【0033】

予兆・異常判別部14は、上記判別モデル記憶部34に格納された判別モデルに従い、設備2の各センサから出力される測定データが正常か異常かを判別する。そして、その判別結果を表す情報を入出力インタフェースユニット20から図示しない管理サーバ等へ送信する処理を行う。なお、判別の手法としては、正常か異常かの二値判別だけでなく、正常か異常か予兆かの多値判別や、個別学習データに対する測定データの異常度(例えば、MTメソッドのような学習データに対する測定データのマハラノビス距離など)を含むようにしてもよい。

40

#### 【0034】

(動作)

次に、以上のように構成された動作状態監視装置1の動作を説明する。図3はその全体の処理手順と処理内容を示すフローチャートである。

#### 【0035】

(1) 基準学習データの生成

動作状態監視装置1は、コンソール端末3におけるコマンドの入力を監視している。こ

50

の状態、オペレータがコンソール端末3において学習モードの指示操作を行うと、その指示コマンドが動作状態監視装置1へ送られる。

【0036】

動作状態監視装置1は、上記コンソール端末3から送られたモード指示コマンドを、入出力インタフェースユニット20を介してステップS1により受信する。そして、受信したモード指示コマンドが学習モードを指示するものか判別モードを指示するものかを、ステップS2において判定する。この判定の結果、モード指示コマンドが学習モードを指示するものであれば、動作状態監視装置1はステップS3に移行し、以後基準学習データ生成部11の制御の下で、基準学習データを生成する処理を以下のように実行する。図4はその処理手順と処理内容を示すフローチャートである。

10

【0037】

すなわち、オペレータは先ず設備2を起動し、基準学習データの生成対象とする製品の生産動作を開始させる。またコンソール端末3において、基準学習データの生成対象とする製品IDと、その複数の制御項目について正常な動作状態に対応する理論上の設定値を入力する。

【0038】

基準学習データ生成部11は、上記コンソール端末3から送信された上記製品IDと複数の制御項目の設定値を表す設定データを、入出力インタフェースユニット20を介してステップS31により受信する。続いて、上記設備2の生産動作中に、制御項目毎にセンサ41～4nから出力される測定データを、入出力インタフェースユニット20を介して

20

【0039】

以上の基準学習データ生成処理は、予め設定した学習期間に亘り行われる。そして、上記学習期間が経過したことをステップS34で判定すると、基準学習データ生成部11は基準学習データの生成処理を終了する。

【0040】

図9(a)は以上のように作製された基準学習データの一例を示すものである。同図では、製品ID=AB001の製品について、制御項目X1, X2, ...毎に一定の時間間隔で取得されたN個の実測値“6.05”, “22.89”, ...を、当該制御項目X1, X2, ...の設定値“6”, “23”, ...と関連付けて記憶した場合を示している。図9(b)は上記制御項目X1, X2, ...毎に取得された上記実測値の頻度分布を示した図である。

30

【0041】

(2)設備の動作状態の監視

設備2の動作状態を監視しようとする場合、オペレータはコンソール端末3において先ず判別モードの指示コマンドを入力する。

そうすると動作状態監視装置1は、上記コンソール端末3により入力されたモード指示コマンドを、入出力インタフェースユニット20を介してステップS1により受信する。そして、ステップS2において、上記受信したモード指示コマンドが、学習モードを指示するものか判別モードを指示するものかを判定する。この判定の結果、モード指示コマンドが判別モードを指示するものであれば、動作状態監視装置1は以後、設備2の動作状態の監視制御を実行する。

40

【0042】

(2-1)個別学習データの生成

動作状態監視装置1は、先ずステップS4に移行し、データ変換部12の制御の下、以下のように個別学習データの生成処理を実行する。図5はその処理手順と処理内容を示すフローチャートである。

【0043】

50

オペレータは、コンソール端末3において、設備2で生産しようとする製品の製品IDとその複数の制御項目の設定値を入力する。データ変換部12は、上記コンソール端末3において入力された生産対象の製品の製品IDとその複数の制御項目の設定値を、入出力インタフェースユニット20を介してステップS41で受信する。そして、ステップS42において以下のようにデータ変換処理を実行する。図6はその処理手順と処理内容を示すフローチャートである。

【0044】

すなわち、例えば制御項目を $X_1 \sim X_n$ とすると、まず制御項目 $X_1$ について、ステップS421により、製品IDと当該制御項目 $X_1$ の設定値をキーにして変換モデル記憶部32から対応する変換モデルを選択的に読み込む。そしてステップS422により、上記読み込んだ変換モデルに従い、基準学習データ記憶部31に記憶された基準学習データをデータ変換する。

10

【0045】

以下、その具体例を述べる。

(第1の例)

第1の例は、製品AB001の制御項目 $X_1$ の実測値が、平均が制御項目 $X_1$ の設定値となる正規分布に従い、かつ実測値の標準偏差が設定値に依存しない場合に適用した例である。

【0046】

例えば、製品AB001の制御項目 $X_1$ について、その設定値を $X_1AB001(\text{set})$ 、実測値を $X_1AB001(\text{msr})$ とし、生産対象の製品CD002の制御項目 $X_1$ について、その設定値を $X_1CD002(\text{set})$ 、推定値を $X_1CD002(\text{msr})$ とすると、変換モデルとしての変換式は

20

$$X_1CD002(\text{msr}) = X_1AB001(\text{msr}) - X_1AB001(\text{set}) + X_1CD002(\text{set}) \quad \dots (1)$$

と表される。

そして、この変換式(1)を使用して、基準学習データの制御項目 $X_1$ のデータを変換すると、製品CD002の制御項目 $X_1$ のデータは図7に示すようになる。

【0047】

(第2の例)

第2の例は、製品AB001の基準学習データにおいて、制御項目 $X_1$ の実測値が、平均が制御項目 $X_1$ の設定値となる正規分布に従い、かつ実測値の標準偏差が設定値に比例する場合に適用した例である。

30

【0048】

例えば、製品AB001の制御項目 $X_1$ について、その設定値を $X_1AB001(\text{set}1)$ 、 $X_1AB001(\text{set}2)$ とすると共に、標準偏差を $1X_1AB001$ 、 $2X_1AB001$ とすると、

製品CD002の標準偏差 $X_1CD002$ は、

$$X_1CD002 = \frac{(2X_1AB001 - 1X_1AB001) / (X_1AB001(\text{set}2) - X_1AB001(\text{set}1)) \times (X_1CD002(\text{set}) - X_1AB001(\text{set}1)) + 1X_1AB001}{1}$$

で表される計算式により推定される。

【0049】

なお、推定式としては、

$$X_1CD002 = \frac{(2X_1AB001 - 1X_1AB001) / (X_1AB001(\text{set}2) - X_1AB001(\text{set}1)) \times (X_1CD002(\text{set}) - X_1AB001(\text{set}2)) + 2X_1AB001}{1}$$

を用いることもできる。

40

【0050】

そして、上記推定式より製品CD002の推定値 $X_1CD002(\text{msr})$ を求めるための変換モデルとしての変換式は、

$$X_1CD002(\text{msr}) = X_1CD002 / X_1AB001 (X_1AB001(\text{msr}) - X_1AB001(\text{set}))$$

50

+ X 1 CD002(set) ... (2)

と表される。

そして、この変換式(2)を使用して、基準学習データの制御項目 X 1 のデータをデータ変換すると、製品CD002の制御項目 X 1 のデータは図 8 に示すようになる。

【 0 0 5 1 】

データ変換部 1 2 は、残りの制御項目 X 2 ~ X n の各々に対し、以上述べたステップ S 4 2 1 ~ S 4 2 2 において、それぞれの変換モデルを用いたデータ変換処理を順次実行する。そして、上記制御項目 X 2 ~ X n に対する変換処理を終了すると、ステップ S 4 2 3 において、上記データ変換処理により生成された推定値のデータを、上記ステップ S 4 1 において受信した製品 I D および制御項目 X 1 ~ X n の設定値とマージすることにより、製品CD002に対応する個別学習データを生成する。

10

【 0 0 5 2 】

図 1 0 ( a ) は以上のように生成された個別学習データの一例を示す図、図 1 0 ( b ) はその制御項目 X 1 , X 2 , ... 毎の推定値の頻度分布を示した図である。なお、図 1 0 ( a ) , ( b ) に示した個別学習データは、第 1 の例で述べた変換式(1)を使用して生成したものである。

【 0 0 5 3 】

データ変換部 1 2 は、最後にステップ S 4 3 において、上記生成された個別学習データを個別学習データ記憶部 3 3 に記憶させる。なお、個別学習データ記憶部 3 3 には、新たな個別学習データが生成される毎に当該個別学習データを順次追加記憶するようにしてもよく、また新たな個別学習データが生成される毎に当該個別学習データを既存の学習データに上書き記憶するようにしてもよい。

20

【 0 0 5 4 】

追加記憶方式を採用すると、再度同一の個別学習データを生成する必要がなくなるので、動作状態監視装置 1 の処理負荷の軽減と、予兆・異常判別処理を開始するまでの時間短縮を図ることができる。一方、上書き記憶方式を採用すると、個別学習データ記憶部 3 3 の記憶容量を個別学習データ 1 つ分に抑制することができる。

【 0 0 5 5 】

( 具体例 )

以上述べた個別学習データの生成方法を基板実装ラインに適用した場合の実施例を以下に述べる。

30

図 1 1 は、基板実装ラインの概略構成を示すものである。この基板実装ラインは、印刷機 2 0 1 と、実装機 2 0 2 と、リフロー炉 2 0 3 とを備えている。先ず印刷機 2 0 1 では、搬入されたプリント基板 2 0 4 の必要な箇所にペースト状またはクリーム状のはんだをスキージを用いて印刷する処理が行われる。次に実装機 2 0 2 では、上記印刷機 2 0 1 から搬送されたプリント基板 2 0 4 の所定の位置に表面実装部品をチップマウンタにより載置する処理が行われる。最後にリフロー炉 2 0 3 では、上記実装機 2 0 2 から搬送されたプリント基板を加熱することではんだを溶かし、上記表面実装部品をプリント基板に形成された回路パターンにはんだ付けする処理が行われる。図中 2 0 5 はリフロー炉 2 0 3 から搬出された製品を示す。

40

【 0 0 5 6 】

ところで、上記印刷機 2 0 1 において、印刷圧およびスキージの移動量は製品ごとに最適な値に設定され、制御項目 X 1 , X 2 として定義される。図 1 2 ( a ) は、製品AB002 に対し設定された印刷圧およびスキージの移動量の設定値の例を示し、また図 1 2 ( b ) は、製品CD003に対し設定された印刷圧およびスキージの移動量の設定値の例を示す。

【 0 0 5 7 】

以上述べた印刷機 2 0 1 によるはんだ印刷処理工程に対し本実施形態の個別学習データ生成方法を適用すると、データ変換部 1 2 では以下のようなデータ変換処理が行われる。すなわち、先ず製品 I D ( CD003 ) と制御項目 X 1 ( 印刷圧 ) の設定値をキーにして変換モデル記憶部 3 2 から対応する変換モデルを選択的に読み込む。そして、上記読み込んだ

50

変換モデルに従い、基準学習データ記憶部 3 1 に記憶された基準学習データをデータ変換する。

【 0 0 5 8 】

例えば、いま製品AB002、CD003の制御項目 X 1 の実測値が、平均が制御項目 X 1 の設定値となる正規分布に従い、かつ実測値の標準偏差が設定値に依存しない場合を例にとると、先に（実施例 1）で述べた変換式(1)を使用して、基準学習データの制御項目 X 1 のデータを、製品CD003の制御項目 X 1 用のデータに変換する処理が行われる。図 1 3 にその変換後の推定値の頻度分布を示す。なお、図 1 3 では製品AB002の実測値が図 1 2 ( a ) に示す設定値と一致する場合を例にとって説明したが、実測値が設定値と差がある場合にも適用可能である。実測値と設定値との間に差があっても、変換式により当該差を考慮することで、製品CD003の推定値を算出してその個別学習データを生成することができる。

10

【 0 0 5 9 】

同様に、制御項目 X 2 ( スキージ移動量 ) についても、製品AB002の制御項目 X 1 のデータを変換式(1) を使用して製品CD003の制御項目 X 2 用のデータに変換する処理が行われる。なお、変換式として（実施例 2）で述べた変換式(2) を使用することが可能であることは言うまでもない。

【 0 0 6 0 】

そして、上記データ変換処理により生成された製品CD003の制御項目 X 1 , X 2 の推定値が、製品CD003の個別学習データとして個別学習データ記憶部 3 3 に記憶される。

【 0 0 6 1 】

20

なお、以上述べた具体例では、印刷機 2 0 1 における印刷処理工程に対し本実施形態の個別データ生成方法を適用した場合を例示したが、実装機 2 0 2 およびリフロー炉 2 0 3 における実装処理工程およびリフロー処理工程にも本実施形態の個別データ生成方法を適用できる。

【 0 0 6 2 】

( 2 - 2 ) 判別モデルの生成

上記個別学習データの生成が終了すると、動作状態監視装置 1 は、次に判別モデル生成部 1 3 の制御の下、ステップ S 5 により判別モデルを生成する。例えば、個別学習データを k 平均法や E M アルゴリズム等により複数のクラスタに分類する。E M アルゴリズムは、E ( Expectation ) ステップと M ( Maximization ) ステップとを交互に繰り返すもので、E ステップでは現在推定されている潜在変数の分布に基づいてモデルの尤度の期待値を計算する。M ステップでは、E ステップで求めた尤度の期待値を最大化するようなパラメータを求める。M ステップで求めたパラメータは次の E ステップで使われる潜在変数の分布を決定するために用いられる。判別モデル生成部 1 3 は、上記のように生成された複数のクラスタを判別モデル記憶部 3 4 に格納する。

30

【 0 0 6 3 】

( 2 - 3 ) 予兆・異常の判別

上記判別モデルの生成が終了すると、動作状態監視装置 1 は、続いて予兆・異常判別部 1 4 の制御の下、ステップ S 6 により、設備 2 のセンサから送信される測定データを入出力インタフェースユニット 2 0 を介して一定の時間間隔で受信する。そして、ステップ S 7 において、例えば、上記判別モデル記憶部 3 4 に記憶された複数のクラスタの中から測定データに近いクラスタを選択し、上記測定データと上記選択したクラスタとの距離を算出し、算出した距離をもとに上記測定データが異常であるか否かを判別する。

40

【 0 0 6 4 】

予兆・異常判別部 1 4 は、上記判別結果が得られる毎に、或いは判別結果が所定期間分蓄積される毎に、当該判別結果を表す情報を入出力インタフェースユニット 2 0 から構内ネットワーク 6 を介して管理サーバ 5 へ送信する。管理サーバ 5 は、上記動作状態監視装置 1 から送られた判別結果を表す情報を判別タイミングを示すタイムスタンプを付して時系列に蓄積する。そして、当該蓄積された判別結果を表す情報をもとに、例えば設備 2 の日単位での動作状況の確認、不良の頻度の高い製品または工程の特定、現場への動作状況

50

の報告等の生産管理処理を行う。

【 0 0 6 5 】

また予兆・異常判別部 1 4 は、以下の機能を備えてもよい。例えば、判別閾値を複数段階設定することで、測定データの異常の度合いを判定する。そして、異常の度合いが警告レベルを超えた場合、或いは警告レベルに満たなくても異常の判別結果が予め設定した時間または回数連続して得られた場合に、当該判別結果をアラーム情報として構内ネットワーク 6 および公衆ネットワーク 8 を介してメーカ管理端末へ送信する。上記アラーム情報により、メーカのオペレータは設備 2 の動作異常の発生または予兆をいち早く認識し対応することができる。

【 0 0 6 6 】

(効果)

以上詳述したようにこの発明の一実施形態では、所定の製品に対応する基準学習データを生成する基準学習データ生成部 1 1 と、当該基準学習データを記憶する基準学習データ記憶部 3 1 に加え、変換モデル記憶部 3 2 と、データ変換部 1 2 とを備える。そして、上記所定の製品とは異なる製品を設備 2 で生産する際に、コンソール端末 3 から生産対象の製品の製品 ID とその複数の制御項目の設定値を受信して、当該製品 ID と複数の制御項目との組み合わせに対応する変換モデルを上記変換モデル記憶部 3 2 から読み込む。そして、この読み込んだ変換モデルに従い、上記基準学習データ記憶部 3 1 に記憶された基準学習データをデータ変換して上記生産対象の製品に対応する個別学習データを生成し、この個別学習データを用いて、上記設備 2 のセンサから出力される測定データが異常か否かを判別するようにしている。

【 0 0 6 7 】

したがって、製品を生産する際に、事前に作成しておいた基準学習データを変換モデルによりデータ変換することで個別学習データが生成され、この個別学習データをもとに、上記製品の生産時に検出される測定データが異常か否か判別される。このため、生産対象のすべての製品について当該各製品に対応する学習データを事前に生成して記憶しておく必要がなくなり、これにより設備 2 を稼働させる前の準備工程を簡素化して、設備 2 を短時間に稼働させることが可能となる。また、生産対象の全製品に対応する学習データを事前に記憶しておかなくても済むので、学習データ記憶部の記憶容量を大幅に減らすことができる。

【 0 0 6 8 】

また、変換モデルとして、(1) 式に示した線形変換式を使用することで、製品 AB001 の制御項目 X 1 の実測値が、平均が設定値となる正規分布に従い、かつ実測値の標準偏差が設定値に依存しないという条件の下で、当該条件に適した変換を行うことができる。

【 0 0 6 9 】

さらに、変換モデルとして、(2) 式に示した変換式を使用すれば、製品 AB001 の制御項目 X 1 の実測値が、平均が設定値となる正規分布に従い、かつ実測値の標準偏差が設定値に比例するという条件の下で、当該条件に適したデータ変換を行うことができる。

【 0 0 7 0 】

[ 他の実施形態 ]

前記一実施形態では、動作状態監視装置 1 において製品 AB001 の基準学習データを生成し記憶するようにしたが、基準学習データの生成処理は他の装置で行い、動作状態監視装置 1 は上記他の装置から基準学習データを受け取って基準学習データ記憶部 3 1 に記憶するようにしてもよい。また前記一実施形態では、生産システムを、設備 2 が設置された現場と事務所とに分散配置する場合を例にとって説明したが、生産システムを構成するすべての装置を現場に配置するように構成してもよい。

【 0 0 7 1 】

変換モデルとしては、線形変換のほか、ユークリッド幾何学的な線形変換と平行移動との組み合わせによりデータ変換するアフィン変換や、データの二次元分布を斜めに傾かせるスキュー変換、回転させるローテーション変換、内容を変えずにデータ全体をシフトす

10

20

30

40

50

るトランスレーション変換等を使用することができる。

【0072】

また、前記一実施形態では、変換モデル記憶部32およびデータ変換部12を動作状態監視装置1内に設けた場合を例にとって説明した。しかしこれに限らず、上記変換モデル記憶部32およびデータ変換部12を動作状態監視装置1とは別の学習データ生成装置に設けるようにしてもよい。

【0073】

この場合、動作状態監視装置1と学習データ生成装置との間は信号ケーブルまたはネットワークを介して接続される。そして、学習データ生成装置が、コンソール端末3から入力された製品IDと制御項目毎の設定値と、上記動作状態監視装置1から取得した基準学習データとをともに個別学習データを生成し、生成した個別学習データを動作状態監視装置1へ転送し記憶させることにより実現できる。なお、学習データ生成装置は動作状態監視装置1と同様にプロセッサとメモリを備え、プログラムを上記プロセッサに実行させることによりその各制御機能を実現する。

【0074】

また、動作状態監視装置1にさらに以下の制御機能を持たせることも可能である。すなわち、設備2の動作状態が異常と判定されても、設備2自体の動作状態は正常範囲と判断できる場合には、個別学習データの推定値が実状から乖離していることが考えられる。

【0075】

そこでこの場合には、例えば、動作状態監視装置1がコンソール端末3に対し、対象製品の個別学習データの修正を促すメッセージを表示させる。このメッセージを受けて、オペレータは動作状態監視装置1に学習モードを設定し、上記対象製品の学習データの再生成を指示する修正指示情報を入力する。この修正指示には、選択する変換モデルの変更指示、或いは変換モデルの制御項目に対する設定値の変更指示が含まれる。動作状態監視装置1は、上記修正指示を受けて上記対象製品の学習データを生成する処理を実行し、生成し直された個別学習データを個別学習データ記憶部33に記憶する。このようにすると、動作状態監視装置1では、次回上記対象製品の生産動作を実行する際に、上記生成し直された個別学習データに基づいて予兆・異常の判別処理が実行される。

【0076】

或いは、オペレータは上記対象製品に対応する変換モデルを修正し、変換モデル記憶部32に記憶されている対応する変換モデルを上記修正された変換モデルに置き換える。このようにすると、動作状態監視装置1では、次回上記対象製品の生産動作を開始する際に、上記修正された変換モデルに従い、上記対象製品に対応する個別学習データが生成される。そして、この生成し直された個別学習データに基づいて予兆・異常の判別処理が実行される。

【0077】

なお、上記変換モデルの修正処理を動作状態監視装置1が自律的に実行するようにしてもよい。この場合は、例えば、推定値から一定距離以上離れた実測値が得られた場合に、その離間の方向と量を算出して、その算出結果をもとに変換式の設定値を修正するか、または変換式を他の変換式に交換することにより実現可能である。

【0078】

さらに、前記一実施形態では、第1の製品としての製品AB001に対応する基準学習データを予め生成して記憶しておき、当該製品AB001とは異なる第2の製品としての製品CD002の製作時に、当該製品CD002に対応する個別学習データを生成して設備の動作状態を監視する場合について述べた。しかし、製品AB001と同一の製品で制御項目の設定値が異なる製品の製作時に、当該製品に対応する個別学習データを生成して設備の動作状態を監視するようにしてもよい。この場合は、製品AB001と同一の製品で制御項目の設定値が異なる製品に対し、製品AB001とは異なる製品ID(例えばAB001-2)を付与し、当該製品AB001-2を第2の製品として扱うことで実施可能である。このようにすると、第1の製品の製造効率を上げる目的でその制御項目の一部を変更する場合にも、この発明のデータ変換が適応

10

20

30

40

50

可能となる。

【0079】

その他、設備の種類、生産システムの構成、動作状態監視装置の構成とその制御手順および制御内容、変換モデルの種類、生産する製品の種類等についても、この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施可能である。

【0080】

要するにこの発明は、上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態に亘る構成要素を適宜組み合わせてもよい。

10

【0081】

また、上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

(付記1)

第1の製品と第2の製品を選択的に生産する設備の動作状態を学習データに基づいて監視する動作状態監視装置であって、

ハードウェアプロセッサと、メモリとを有し、

前記メモリは、

前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す測定データを、基準学習データとして記憶する基準学習データ記憶部と、

20

前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態と、前記第2の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態との差に基づいて設定された変換モデルを記憶する変換モデル記憶部と

を有し、

前記ハードウェアプロセッサは、

前記設備が前記第2の製品を生産する際に、前記基準学習データ記憶部に記憶された基準学習データを前記変換モデル記憶部に記憶された変換モデルに基づいて変換し、前記第2の製品に対応する個別学習データを生成する動作状態監視装置。

【0082】

30

(付記2) 第1の製品と第2の製品を選択的に生産する設備の動作状態を、予め記憶された学習データに基づいて監視する動作状態監視装置との間でデータ伝送が可能な学習データ生成装置であって、

ハードウェアプロセッサと、メモリとを有し、

前記メモリは、

前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態と、前記第2の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態との差に基づいて設定された変換モデルを記憶する変換モデル記憶部

を有し、

前記ハードウェアプロセッサは、

40

前記設備が前記第2の製品を生産する際に、前記動作状態監視装置から、前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す基準学習データを取得し、

前記取得された基準学習データを前記変換モデル記憶部に記憶された変換モデルに基づいて変換して、前記第2の製品に対応する個別学習データを生成し、

前記生成された個別学習データを前記動作状態監視装置へ出力する学習データ生成装置。

【0083】

(付記3)

第1の製品と第2の製品を選択的に生産する設備の動作状態を学習データに基づいて監視する動作状態監視装置が実行する学習データ生成方法であって、

50

少なくとも1つのハードウェアプロセッサを用いて、前記設備が前記第2の製品を生産する際に、前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す基準学習データを基準学習データ記憶部から読み出す過程と、

少なくとも1つのハードウェアプロセッサを用いて、前記第1の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態と、前記第2の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態との差に基づいて設定された変換モデルを変換モデル記憶部から読み出す過程と、

少なくとも1つのハードウェアプロセッサを用いて、前記読み出された基準学習データを前記読み出された変換モデルに基づいてデータ変換して、前記第2の製品を生産するときの前記設備の正常な動作状態を表す個別学習データを推定する過程と

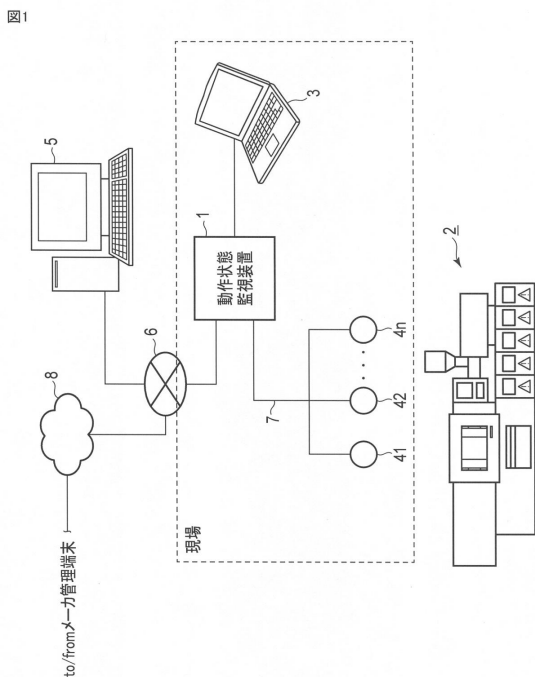
を具備する学習データ生成方法。

【符号の説明】

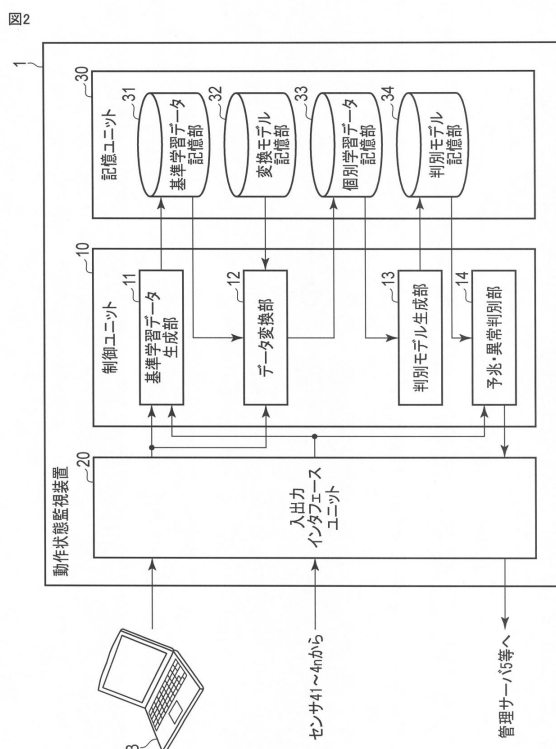
【0084】

1...動作状態監視装置、2...設備、3...コンソール端末、41~4n...センサ、5...管理サーバ、6,7,8...ネットワーク、10...制御ユニット、11...基準学習データ生成部、12...データ変換部、13...判別モデル生成部、14...予兆・異常判別部、20...入出力インタフェースユニット、30...記憶ユニット、31...基準学習データ記憶部、32...変換モデル記憶部、33...個別学習データ記憶部、34...判別モデル記憶部、201...印刷機、202...実装機、203...リフロー炉、204,205...製品。

【図1】

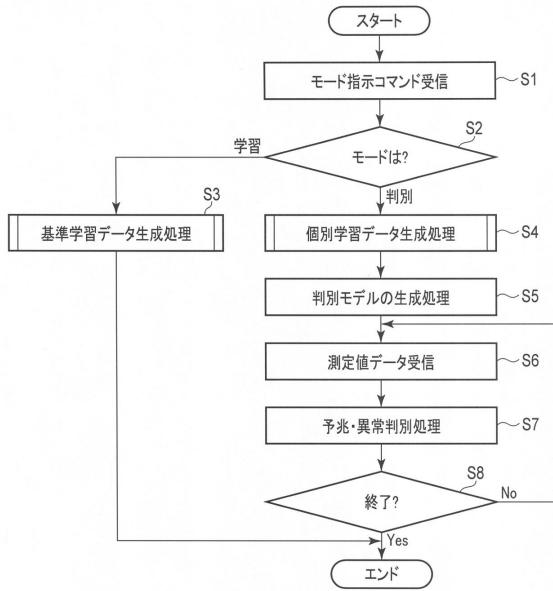


【図2】



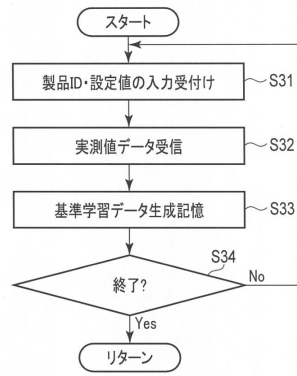
【図3】

図3



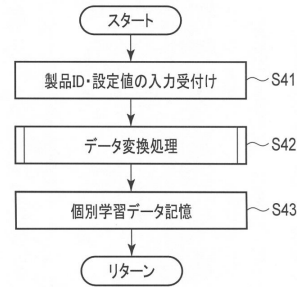
【図4】

図4



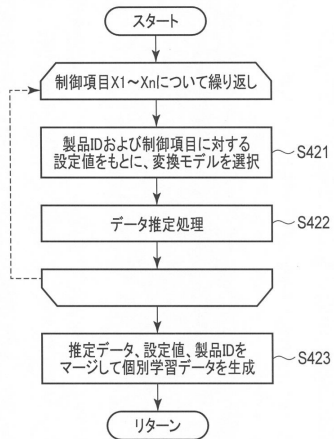
【図5】

図5



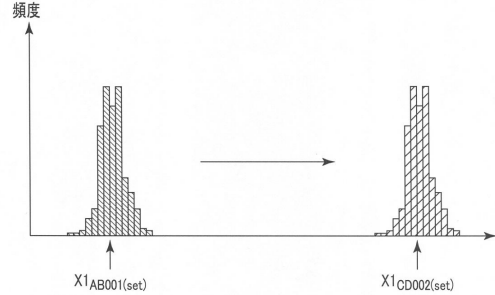
【図6】

図6



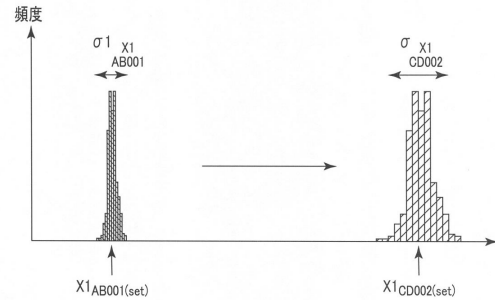
【図7】

図7

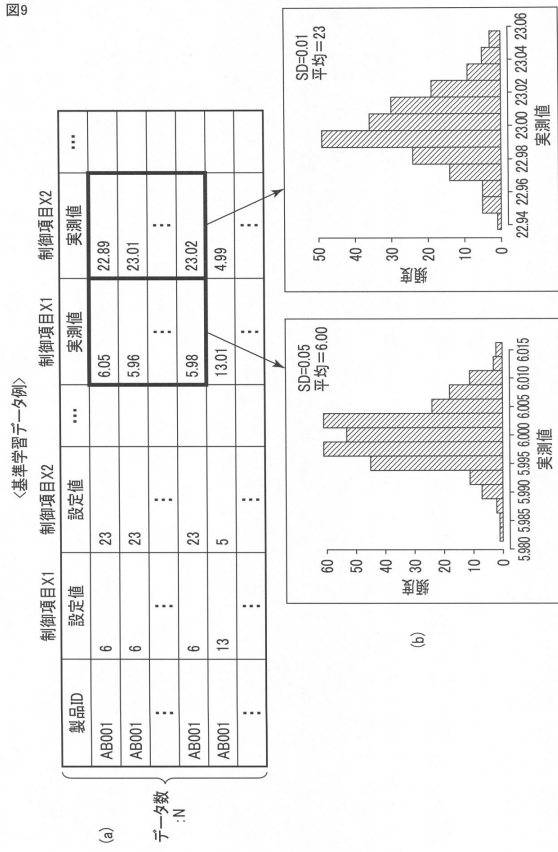


【図8】

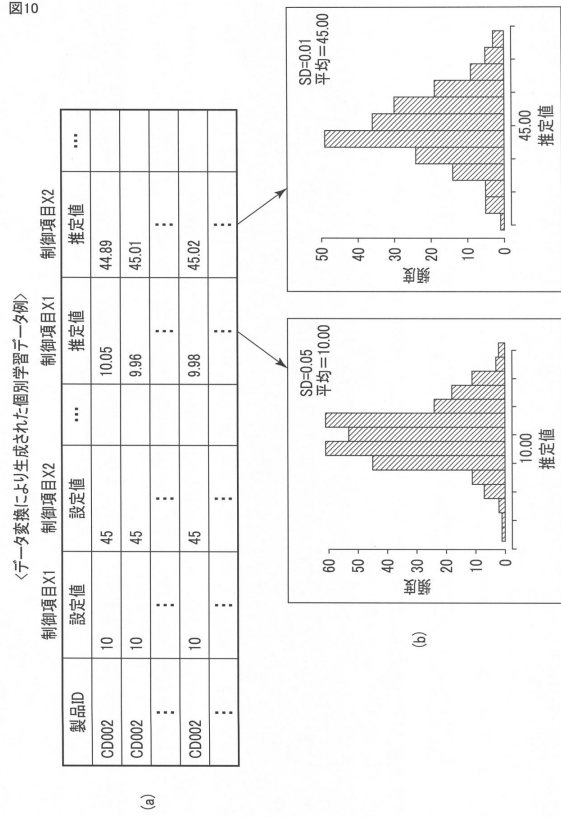
図8



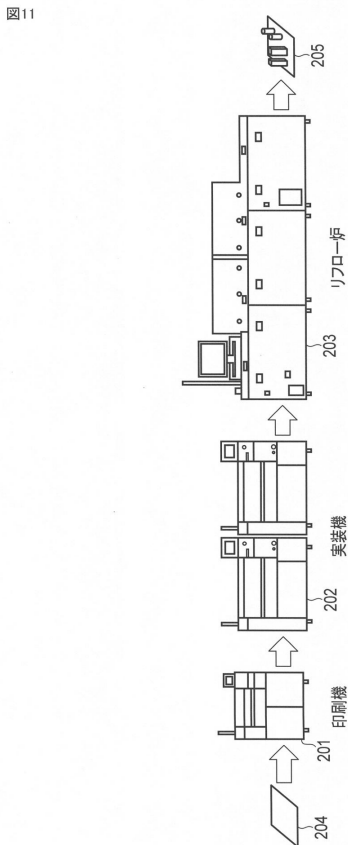
【 図 9 】



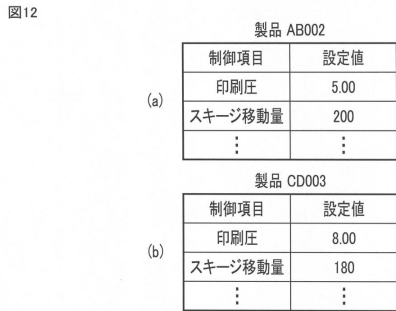
【 図 10 】



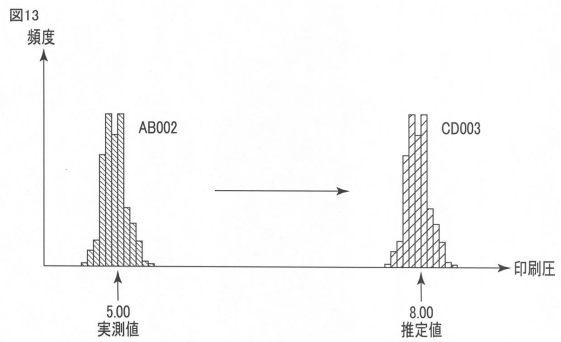
【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 13 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100199565

弁理士 飯野 茂

(72)発明者 太田 雄也

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

(72)発明者 河合 直浩

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

(72)発明者 服部 玲子

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

審査官 山村 秀政

(56)参考文献 特開2015-142084(JP,A)

特開2015-153914(JP,A)

特開2014-179060(JP,A)

国際公開第2018/070388(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 23/02

G05B 19/418