

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6756374号
(P6756374)

(45) 発行日 令和2年9月16日(2020.9.16)

(24) 登録日 令和2年8月31日(2020.8.31)

(51) Int.Cl. F I
G 0 5 B 23/02 (2006.01)
 G 0 5 B 23/02 3 0 1 Y
 G 0 5 B 23/02 3 0 2 V

請求項の数 11 (全 23 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-546556 (P2018-546556) (86) (22) 出願日 平成30年6月19日 (2018.6.19) (86) 国際出願番号 PCT/JP2018/023253 (87) 国際公開番号 W02018/235807 (87) 国際公開日 平成30年12月27日 (2018.12.27) 審査請求日 平成30年9月3日 (2018.9.3) (31) 優先権主張番号 特願2017-119475 (P2017-119475) (32) 優先日 平成29年6月19日 (2017.6.19) (33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000001258 J F E スチール株式会社 東京都千代田区内幸町二丁目2番3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 平田 丈英 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 審査官 山村 秀政</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロセスの異常状態診断装置および異常状態診断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

正常時のプロセスの状態を基準として、前記基準からの逸脱の大きさを指標化した複数の逸脱指標に基づいて、前記プロセスの異常状態を診断するプロセスの異常状態診断装置であって、

第一の軸を時間を含む経時的要素の軸とし、第二の軸を前記逸脱指標の項目の軸として二次元のマトリックスを構成し、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の項目ごとおよび前記経時的要素ごとのデータを対応付け、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の大きさに応じた色を割り当てるカラーマッピング部と、

前記カラーマッピング部により作成されたカラーマップを表示するカラーマップ表示部と、

を備え、

前記カラーマップ表示部は、所定期間に亘る前記逸脱指標ごとの経時変化を、前記逸脱指標の大きさに応じて色によって表示し、

前記カラーマッピング部は、前記マトリックスの各セルを、前記第一の軸の所定区間ごとに集約することにより、複数の階層構造を有するマトリックスを構成し、各階層のマトリックスの各セルに対して、集約した逸脱指標の集約値を対応付け、前記各階層のマトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の集約値の大きさに応じた色を割り当て、

前記カラーマップ表示部は、ある階層のマトリックスに対応するカラーマップのセルに対して第一のポインタ操作がなされた場合、一つ下の階層のマトリックスに対応するカラ

ーマップを表示することを特徴とするプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 2】

正常時のプロセスの状態を基準として、前記基準からの逸脱の大きさを指標化した複数の逸脱指標に基づいて、前記プロセスの異常状態を診断するプロセスの異常状態診断装置であって、

第一の軸を時間を含む経時的要素の軸とし、第二の軸を前記逸脱指標の項目の軸として二次元のマトリックスを構成し、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の項目ごとおよび前記経時的要素ごとのデータに対応付け、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の大きさに応じた色を割り当てるカラーマッピング部と、

前記カラーマッピング部により作成されたカラーマップを表示するカラーマップ表示部と、

を備え、

前記カラーマップ表示部は、所定期間に亘る前記逸脱指標ごとの経時変化を、前記逸脱指標の大きさに応じて色によって表示し、

前記カラーマッピング部は、前記マトリックスの各セルを、前記第二の軸の前記逸脱指標の項目ごとに集約することにより、複数の階層構造を有するマトリックスを構成し、各階層のマトリックスの各セルに対して、集約した逸脱指標の集約値に対応付け、前記各階層のマトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の集約値の大きさに応じた色を割り当て、

前記カラーマップ表示部は、ある階層のマトリックスに対応するカラーマップのセルに対して第二のポインタ操作がなされた場合、一つ下の階層のマトリックスに対応するカラーマップを表示することを特徴とするプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 3】

前記プロセスの状態を示す複数の変数を選択し、選択した前記変数の実績値を予測する予測モデルによる予測値と実績値との差に基づいて前記逸脱指標を算出する逸脱指標算出部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 4】

前記逸脱指標は、前記プロセスを構成する設備の振動値または温度値を含む、前記設備の健全性を示す物理量であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 5】

前記カラーマッピング部は、前記マトリックスの各セルを、前記プロセスにおけるバッチ処理ごとに集約することを特徴とする請求項 1 に記載のプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 6】

前記カラーマッピング部は、前記マトリックスの各セルを、前記逸脱指標の属性ごとに集約することを特徴とする請求項 2 に記載のプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 7】

前記逸脱指標の属性は、前記プロセスを構成するサブプロセス、または前記プロセスの状態を示す物理量であることを特徴とする請求項 6 に記載のプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 8】

前記マトリックスの各セルに対して、対応する前記プロセスの条件に対応付け、前記セルに対して第三のポインタ操作がなされた場合、このセルに対応する前記逸脱指標の値および前記プロセスの条件を、別のウィンドウで表示する情報表示部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 9】

前記マトリックスの各セルに対して、対応する前記逸脱指標の時系列チャート、または対応する前記逸脱指標ごとに指定される複数の変数間の散布図に対応付け、前記セルに対して第四のポインタ操作がなされた場合、このセルに対応する前記時系列チャートまたは

10

20

30

40

50

前記散布図を、別のウィンドウで表示する関連グラフ表示部をさらに備えることを特徴とする請求項 1、請求項 2 または請求項 8 に記載のプロセスの異常状態診断装置。

【請求項 10】

正常時のプロセスの状態を基準として、前記基準からの逸脱の大きさを指標化した複数の逸脱指標に基づいて、前記プロセスの異常状態を診断するプロセスの異常状態診断方法であって、

第一の軸を時間を含む経時的要素の軸とし、第二の軸を前記逸脱指標の項目の軸として二次元のマトリックスを構成し、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の項目ごとおよび前記経時的要素ごとのデータを対応付け、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の大きさに応じた色を割り当てるカラーマッピングステップと、

前記カラーマッピングステップで作成されたカラーマップを表示するカラーマップ表示ステップと、

を含み、

前記カラーマップ表示ステップは、所定期間に亘る前記逸脱指標ごとの経時変化を、前記逸脱指標の大きさに応じて色によって表示し、

前記カラーマッピングステップは、前記マトリックスの各セルを、前記第一の軸の所定区間ごとに集約することにより、複数の階層構造を有するマトリックスを構成し、各階層のマトリックスの各セルに対して、集約した逸脱指標の集約値を対応付け、前記各階層のマトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の集約値の大きさに応じた色を割り当て、

前記カラーマップ表示ステップは、ある階層のマトリックスに対応するカラーマップのセルに対して第一のポインタ操作がなされた場合、一つ下の階層のマトリックスに対応するカラーマップを表示することを特徴とするプロセスの異常状態診断方法。

【請求項 11】

正常時のプロセスの状態を基準として、前記基準からの逸脱の大きさを指標化した複数の逸脱指標に基づいて、前記プロセスの異常状態を診断するプロセスの異常状態診断方法であって、

第一の軸を時間を含む経時的要素の軸とし、第二の軸を前記逸脱指標の項目の軸として二次元のマトリックスを構成し、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の項目ごとおよび前記経時的要素ごとのデータを対応付け、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の大きさに応じた色を割り当てるカラーマッピングステップと、

前記カラーマッピングステップで作成されたカラーマップを表示するカラーマップ表示ステップと、

を含み、

前記カラーマップ表示ステップは、所定期間に亘る前記逸脱指標ごとの経時変化を、前記逸脱指標の大きさに応じて色によって表示し、

前記カラーマッピングステップは、前記マトリックスの各セルを、前記第二の軸の前記逸脱指標の項目ごとに集約することにより、複数の階層構造を有するマトリックスを構成し、各階層のマトリックスの各セルに対して、集約した逸脱指標の集約値を対応付け、前記各階層のマトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の集約値の大きさに応じた色を割り当て、

前記カラーマップ表示ステップは、ある階層のマトリックスに対応するカラーマップのセルに対して第二のポインタ操作がなされた場合、一つ下の階層のマトリックスに対応するカラーマップを表示することを特徴とするプロセスの異常状態診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、製造プロセス等のプロセスの異常状態診断装置および異常状態診断方法に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

製造プロセス、発電プロセス、搬送プロセス等のプロセスの異常状態を診断する方法としては、モデルベースアプローチとデータベースアプローチとがある。モデルベースアプローチは、プロセスにおける物理的または化学的な現象を数式で表現したモデルを構築し、構築したモデルを用いてプロセスの異常状態を診断するアプローチである。一方、データベースアプローチは、プロセスで得られた操業データから統計解析的なモデルを構築し、構築したモデルを用いてプロセスの異常状態を診断するアプローチである。

【0003】

鉄鋼プロセスのような製造プロセスでは、一つの製造ラインで多品種、多サイズの製品が製造されるため、操業パターンが無数に存在する。また、高炉のような製造プロセスでは、鉄鉱石やコークス等のような自然物を原材料として用いるために、製造プロセスのばらつきが大きい。このため、鉄鋼プロセスのような製造プロセスの異常状態を診断する場合、モデルベースアプローチのみによるアプローチでは限界がある。

10

【0004】

データベースアプローチとしては、過去の異常発生時の操業データをデータベース化して現在の操業データとの類似性を判定する診断方法や、逆に正常時の操業データをデータベース化して現在の操業データとの違いを判定する診断方法がある。ところが、鉄鋼プロセスのような製造プロセスでは、製造に用いられる設備点数が多い上に、特に日本のように老朽化が進んだ設備が多い場合、過去に前例のないトラブルが発生することが少なくない。このため、過去のトラブル事例をベースとする前者のような診断方法では、異常状態の予知に限界がある。

20

【0005】

一方、後者の診断方法としては、特許文献1, 2に記載されているものがある。特許文献1, 2には、具体的には、正常時の操業データを用いて作成されたモデルによる予測に基づき製造プロセスの異常状態を予知または検知する方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】国際公開第2013/011745号

【特許文献2】特許第4922265号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1, 2で記載されるような統計モデルを用いる場合、現象が複雑な製造プロセスに対しては、多数の統計モデルで総合的に判定する必要があるが、統計モデル間で予測精度のばらつきがあるため、ノイズが多く、予測結果から真の異常を把握しにくいという問題がある。

【0008】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、モデルによる予測に基づいて製造プロセス等のプロセスの異常状態を診断する際に、真の異常であるか否かを容易に把握することができるプロセスの異常状態診断装置および異常状態診断方法を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、正常時のプロセスの状態を基準として、前記基準からの逸脱の大きさを指標化した複数の逸脱指標に基づいて、前記プロセスの異常状態を診断するプロセスの異常状態診断装置であって、第一の軸を時間を含む経時的要素の軸とし、第二の軸を前記逸脱指標の項目の軸として二次元のマトリックスを構成し、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の項目ごとおよび前記経時的要素ごとのデータを対応付け、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の大きさに応じた色を割り当てるカラーマッピング部と

50

、前記カラーマッピング部により作成されたカラーマップを表示するカラーマップ表示部と、を備えることを特徴とする。

【0010】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記プロセスの状態を示す複数の変数を選択し、選択した前記変数の実績値を予測する予測モデルによる予測値と実績値との差に基づいて前記逸脱指標を算出する逸脱指標算出部をさらに備えることを特徴とする。

【0011】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記逸脱指標は、前記プロセスを構成する設備の振動値または温度値を含む、前記設備の健全性を示す物理量であることを特徴とする。

10

【0012】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記カラーマッピング部は、前記マトリックスの各セルを、前記第一の軸の所定区間ごとに集約することにより、複数の階層構造を有するマトリックスを構成し、各階層のマトリックスの各セルに対して、集約した逸脱指標の集約値を対応付け、前記各階層のマトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の集約値の大きさに応じた色を割り当て、前記カラーマップ表示部は、ある階層のマトリックスに対応するカラーマップのセルに対して第一のポインタ操作がなされた場合、一つ下の階層のマトリックスに対応するカラーマップを表示することを特徴とする。

20

【0013】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記カラーマッピング部は、前記マトリックスの各セルを、前記プロセスにおけるバッチ処理ごとに集約することを特徴とする。

【0014】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記カラーマッピング部は、前記マトリックスの各セルを、前記第二の軸の前記逸脱指標の項目ごとに集約することにより、複数の階層構造を有するマトリックスを構成し、各階層のマトリックスの各セルに対して、集約した逸脱指標の集約値を対応付け、前記各階層のマトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の集約値の大きさに応じた色を割り当て、前記カラー

30

マップ表示部は、ある階層のマトリックスに対応するカラーマップのセルに対して第二のポインタ操作がなされた場合、一つ下の階層のマトリックスに対応するカラーマップを表示することを特徴とする。

【0015】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記カラーマッピング部は、前記マトリックスの各セルを、前記逸脱指標の属性ごとに集約することを特徴とする。

【0016】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記逸脱指標の属性は、前記プロセスを構成するサブプロセス、または前記プロセスの状態を示す物理

40

量であることを特徴とする。

【0017】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記マトリックスの各セルに対して、対応する前記プロセスの条件を対応付け、前記セルに対して第三のポインタ操作がなされた場合、このセルに対応する前記逸脱指標の値および前記プロセスの条件を、別のウィンドウで表示する情報表示部をさらに備えることを特徴とする。

【0018】

また、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置は、上記発明において、前記マトリックスの各セルに対して、対応する前記逸脱指標の時系列チャート、または対応する前記逸脱指標ごとに指定される複数の変数間の散布図を対応付け、前記セルに対して第四のポイ

50

ンタ操作がなされた場合、このセルに対応する前記時系列チャートまたは前記散布図を、別のウィンドウで表示する関連グラフ表示部をさらに備えることを特徴とする。

【0019】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るプロセスの異常状態診断方法は、正常時のプロセスの状態を基準として、前記基準からの逸脱の大きさを指標化した複数の逸脱指標に基づいて、前記プロセスの異常状態を診断するプロセスの異常状態診断方法であって、第一の軸を時間を含む経時的要素の軸とし、第二の軸を前記逸脱指標の項目の軸として二次元のマトリックスを構成し、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の項目ごとおよび前記経時的要素ごとのデータを対応付け、前記マトリックスの各セルに対して、前記逸脱指標の大きさに応じた色を割り当てるカラーマッピングステップと、前記カラーマッピングステップで作成されたカラーマップを表示するカラーマップ表示ステップと、を含むことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、プロセスの状態をカラーマップによって表示することにより、オペレータに対して、異常発生の予兆を目で見えてわかりやすく示すことができ、かつ異常発生の予兆がある場合にオペレータに強い印象を与えて注意喚起することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置の構成を示すブロック図である。

20

【図2】図2は、本発明の第1実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置のサブモデルテーブルに格納されているサブモデルの構成と、各サブモデルの属性とを示す概念図である。

【図3】図3は、本発明の第1実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置による異常状態診断方法の全体の流れを示すフローチャートである。

【図4】図4は、本発明の第1実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置において、サブモデルごとの逸脱指標の経時変化を、色を変えて表示した一例を示す概念図である。

【図5】図5は、本発明の第1実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置において、属性ごとの逸脱指標の経時変化を、色を変えて表示した一例を示す概念図である。

30

【図6】図6は、本発明の第1実施形態の実施例において、実操業から得たサブモデル別の逸脱指標を、色を変えて表示した図である。

【図7】図7は、本発明の第2実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置の構成を示すブロック図である。

【図8】図8は、本発明の第2実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置のカラーマッピング部で作成した二次元のマトリックスの一例を示す図である。

【図9】図9は、本発明の第2実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置のカラーマッピング部で作成した二次元のマトリックスの別の一例を示す図である。

【図10】図10は、本発明の第2実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置のカラーマップ表示部によって、あるセルに対応するカラーマップを別のウィンドウで表示した一例を示す図である。

40

【図11】図11は、本発明の第2実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置の情報表示部によって、あるセルに対応する逸脱指標の値およびプロセスの条件を別のウィンドウで表示した一例を示す図である。

【図12】図12は、本発明の第2実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置の関連グラフ表示部において、あるセルに対応する散布図を別のウィンドウで表示した一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

(第1実施形態)

50

以下、本発明の第1実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置および異常状態診断方法について、図面を参照しながら説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。また、以下の説明において、「Aおよび/またはB」とは、具体的には「AおよびB」または「AまたはB」のことを意味している。

【0023】

[異常状態診断装置]

異常状態診断装置1は、鉄鋼設備等の製造設備の製造プロセス、発電設備の発電プロセス、搬送設備の搬送プロセス等の、種々のプロセスの異常状態を診断する装置であり、図1に示すように、入力部10と、出力部20と、外部装置30と、記憶部40と、定義部50と、制御部60と、を主な構成要素として備えている。なお、以下の説明では、鉄鋼プロセスのような製造プロセスに異常状態診断装置1を適用した例について、説明する。

10

【0024】

入力部10は、後記するサブモデルによる予測や原因推定を行う診断対象の実操業データを情報・制御系ネットワークを介して受信する装置である。入力部10は、例えば図示しないプロセスコンピュータ等から受信した診断対象の実操業データを制御部60に入力する。なお、異常状態診断装置1は、入力部10として、例えばマウスやキーボード等を備えていてもよい。

【0025】

出力部20は、表示装置や印刷装置等の出力装置によって構成されており、制御部60の各種処理情報を出力する。

20

【0026】

外部装置30は、電気通信回線を介して情報通信可能な形態で、定義部50および制御部60に接続されている。外部装置30は、操業データベース(以下、「操業DB」という)31を備えている。この操業DB31には、製造プロセスの過去の操業時に取得された複数種類の変数の実績値、すなわち複数種類の変数の時系列データ(以下、「変数データ」という)のうち、正常操業時に得られた複数種類の変数データが、電気通信回線を介して読み取り可能な形態で格納されている。

【0027】

記憶部40は、ハードディスク装置等の記憶装置によって構成されており、定義部50および制御部60に接続されている。記憶部40には、サブモデル、属性、色表示および信頼度がテーブル値として記憶されており、具体的には、サブモデルテーブル41、属性テーブル42、色表示テーブル43および信頼度テーブル44が記憶されている。

30

【0028】

定義部50は、演算処理装置がコンピュータプログラムを実行することによって、サブモデル定義部51、属性定義部52および色表示定義部53として機能する。サブモデル定義部51は、正常操業時に得られた複数種類の変数データを操業DB31から取得し、当該変数データから製造プロセスの製造状態を予測するサブモデルを複数作成する。そして、サブモデル定義部51は、作成したサブモデルのデータをサブモデルテーブル41に格納する。

40

【0029】

なお、サブモデルは、必ずしもサブモデル定義部51で作成する必要はなく、既存のモデルがあれば、サブモデル定義部51を機能させることなく、予めサブモデルテーブル41に格納しておくことも可能である。すなわち、サブモデルは、製造プロセスの製造状態を予測するモデルであれば、回帰式等で新たに作成したものでよく、あるいは文献等で知られている既存のものでよい。

【0030】

属性定義部52は、サブモデルに対して、製造プロセスにおける属性を定義し、定義した属性のデータを属性テーブル42に格納する。色表示定義部53は、サブモデルの逸脱

50

指標を表示する際の色を定義し、定義した色のデータを色表示テーブル43に格納する。

【0031】

制御部60は、CPU (Central Processing Unit) 等の演算処理装置によって構成されており、異常状態診断装置1全体の動作を制御する。制御部60は、演算処理装置がコンピュータプログラムを実行することによって、逸脱指標算出部61、逸脱指標表示部62および信頼度算出部63として機能する。これら各部の機能については後記する。

【0032】

(サブモデル)

本発明において、サブモデルとは、例えば製造前の材料の状態、製造前の設備の設定、製造中の設備の状態、製造中および/または製造後の製品の状態等の間の関係を示した数式のことを意味する。サブモデルとしては、例えば、製造前の材料の状態、製造前の設備の設定状態、製造中の設備の状態等から、製造中および/または製造後の製品の状態を予測する順モデルとしての数式の他に、製造前の材料の状態、製造中の設備の状態、製造中および/または製造後の製品の状態等から、製造前の設備の設定は妥当だったのかを逆推定する逆モデルとしての数式といったように、相互に推定し合う様々な数式モデルが存在する。また、製造プロセスに含まれる発電設備や搬送設備の状態量を各種センサーや他の状態量、設定値から推定するモデルであっても構わない。このように、複数種類のサブモデルを構築することにより、製造プロセス全体で一つのモデルを構築するよりも異常状態の早期検知および原因推定が容易になる。

【0033】

製造プロセスでは、目標通りの品質や寸法で製品を作り込むため、様々なモデルが構築されており、製造プロセスの状態や製造中の製品の状態を予測することがなされているが、このような既存のモデルをサブモデルとして用いてもよい。また、サブモデルが不足している場合は、統計的な処理によって新たなサブモデルを追加することもできる。例えば製造プロセスの正常操業時に取得した自身以外の複数の変数を用いて回帰式を求め、サブモデルとして用いることができる。また、各サブモデルには、所定の評価期間におけるサブモデルの予測誤差に応じて信頼度(予測誤差が小さくなるのに応じて大きくなる値。信頼度の計算方法は後述する)が付与されている。なお、算出された信頼度が低い場合には、サブモデルの構成を見直すことが望ましいが、いつでも自由に見直すことはできないため、例えばある期間内は、低い信頼度でも見直さずに利用しなければならないこともある。

【0034】

(逸脱指標)

本発明において、逸脱指標とは、例えばサブモデルから算出された予測値と、これに対応する製造プロセスの実績値の差分値または比率、もしくはこれらを元に算出される値のことを意味している。逸脱指標は、前記した信頼度を組み合わせて算出される値であると、より好ましい。この場合の組み合わせ方法は、例えば「信頼度考慮ありの逸脱指標」=「信頼度考慮なしの逸脱指標×信頼度」等が考えられる。なお、逸脱指標は監視したいタイミングの値であるのに対して、信頼度は監視したいタイミングよりも以前の期間で評価された値であり、両者のタイミングは異なる。

【0035】

(属性)

各サブモデルには、前記した属性定義部52によって、製造プロセスにおける属性が定義されている。本実施形態における各サブモデルには、例えば図2に示すように、一つ目の属性として、製造プロセスにおける処理前の材料の状態(例えば温度、厚さ、形状等)の実績値(同図の「製造前材料」)関連、製造プロセスに含まれる設備の設定値(同図の「設備設定」)関連、製造プロセスに含まれる設備から取得した実績値(同図の「設備実績」)関連、製造プロセスに含まれる設備におけるオペレータの操作量の実績値(同図の「手介入実績」)関連、製造プロセスにおける処理中の中間製品の状態の実績値(同図の「中間製品状態実績」)関連、および、製造プロセスにおける処理後の製品の状態の実績

10

20

30

40

50

値（同図の「製造後製品」）関連が予め定義されている。なお、本実施形態では、一つ目の属性として六つの属性を定義したが、必ずしもこれら六つの属性全てを定義する必要はなく、六つの属性のうちの少なくとも二つ以上の属性を定義してもよい。但し、より詳細な原因推定を行うためには、可能な限り多く定義する方が望ましい。

【0036】

また、各サブモデルには、二つ目の属性として、設備の区分、具体的には、製造プロセスの上流側から下流側に向かって順に配列された N ($N = 1 \sim n$) 個の設備の区分が定義されている。また、製造プロセスが複数の圧延機を含む鉄鋼プロセスである場合には、二つ目の属性として、圧延機の操作側関連、圧延機の駆動側関連、および、圧延機の操作側と駆動側の両側関連が含まれている。なお、圧延機の操作側とは、圧延機を駆動するモータが設置されていない圧延機の幅方向端部側を意味している。また、圧延機の駆動側とは、圧延機を駆動するモータが設置されている圧延機の幅方向端部側を意味している。

10

【0037】

[異常状態診断方法]

以下、前記した異常状態診断装置1による異常状態診断方法について、図3～図5を参照しながら説明する。本実施形態に係る異常状態診断方法は、正常操業時に得られた複数種類の変数の実績値からプロセスの状態を予測するサブモデルを複数作成し、サブモデルの予測誤差に基づいて、プロセスの正常状態からの逸脱指標を算出し、サブモデルごとに算出した逸脱指標に基づいて、プロセスの異常状態を診断する。

【0038】

異常状態診断方法は、具体的には図3に示すように、読み込みステップと、逸脱指標算出ステップと、逸脱指標表示ステップと、を行う。また、異常状態診断方法では、必要に応じて、サブモデル作成ステップと、信頼度算出ステップと、修正逸脱指標算出ステップと、を行う。なお、以下の説明では、鉄鋼プロセスのような製造プロセスに異常状態診断方法を適用した例について、説明する。

20

【0039】

<読み込みステップ>

読み込みステップでは、逸脱指標算出部61が、処理対象時刻において製造プロセスから取得された複数種類の変数データを、操業DB31から読み込む（ステップS1）。

【0040】

<逸脱指標算出ステップ>

続いて、逸脱指標算出ステップでは、逸脱指標算出部61が、読み込みステップで読み込んだ複数種類の変数データを用いて、処理対象時刻における製造プロセスの製造状態が正常操業時における製造プロセスの製造状態とどの程度異なるかを示す値を、逸脱指標としてサブモデルごとに算出する（ステップS2）。

30

【0041】

逸脱指標算出部61は、具体的には、まずサブモデルテーブル41からサブモデルのデータを取得し、操業DB31から読み込んだ変数データを、対応するサブモデルに代入することにより、変数ごとに処理対象時刻における予測値を算出する。次に、逸脱指標算出部61は、変数間の絶対量や単位の違いを規格化するために複数種類の変数の実績値および予測値のデータを正規化する。次に、逸脱指標算出部61は、処理対象時刻における変数の正規化された予測値と正規化された実績値との差分値を、製造プロセスの正常状態からの逸脱指標として、サブモデルごとに算出する。

40

【0042】

<サブモデル作成ステップ>

ここで、本実施形態では、逸脱指標算出ステップを実施するタイミング以前に、サブモデル作成ステップを実施する。サブモデル作成ステップでは、サブモデル定義部51が、正常操業時に得られた複数種類の変数データを操業DB31から取得し、当該変数データから製造プロセスの製造状態を予測するサブモデルを複数作成する。そして、サブモデル定義部51は、作成した複数のサブモデルをサブモデルテーブル41に格納する。なお、

50

サブモデル作成ステップは、必ずしも実施する必要はなく、サブモデルテーブル 4 1 に既存のモデルを予め格納している場合は、サブモデル作成ステップを実施せずに、逸脱指標算出ステップの後に逸脱指標表示ステップを実施してもよい。

【 0 0 4 3 】

< 逸脱指標表示ステップ >

続いて、逸脱指標表示ステップでは、逸脱指標表示部 6 2 が、出力部 2 0 を介して、サブモデルごとの逸脱指標の経時変化を、色を変えて表示する（ステップ S 3）。なお、逸脱指標表示ステップにおいて逸脱指標を表示する複数のサブモデルは、具体的には、製造プロセスの異常状態を診断するために必要であって、かつ当該製造プロセスの全体を評価可能なサブモデルである。

10

【 0 0 4 4 】

図 4 は、逸脱指標表示部 6 2 によって、サブモデルごとの逸脱指標の経時変化を表示した一例を示した概念図である。同図において、左側の表の 1 列目はサブモデルの番号、2 列目は設備区分の属性（図 2 参照）、3 列目は実績区分の属性（図 2 参照）、4 列目は基本量区分の属性を示している。なお、基本量区分とは、製造プロセスにおける現象に基づく区分のことを示しており、変数 A, B, C は、例えば圧下系なのか、張力系なのか、あるいは速度系なのか、等を示している。また、同図右上の凡例は、色表示定義部 5 3 によって定義されたものであり、白抜きで示した左端のマスは逸脱指標が最も低く、ドットが濃くなるほど逸脱指標が高くなる。

【 0 0 4 5 】

20

また、図 4 において、右側のヒートマップの縦軸方向はサブモデルごとの逸脱指標であり、1 セルが一つのサブモデルを示している。また、ヒートマップの横軸方向は時間推移であり、1 セルが製造プロセスにおける 1 バッチを示している。

【 0 0 4 6 】

図 4 の例では、サブモデル M + 2 の逸脱指標が 1 0 バッチ前から、サブモデル M + 5 の逸脱指標が 5 バッチ前から、それぞれ高い状態が継続している。このように、所定バッチに亘ってサブモデルの逸脱指標が高い場合、当該サブモデルが、製造プロセスで発生した異常状態の主因子であると考えられることができる。従って、同図のヒートマップを参照することにより、サブモデル M + 2, M + 5 が製造プロセスの異常状態の主因子（真の異常）であることを容易に特定することができる。

30

【 0 0 4 7 】

一方、図 4 の例では、サブモデル 4 の逸脱指標が、1 7, 1 6, 1 2, 8, 7, 1 バッチ前において一瞬だけ高くなっているものの、これらの逸脱指標は、前記したサブモデル M + 2, M + 5 のように、所定バッチに亘って高い状態が継続していない。このようにサブモデルの逸脱指標が一瞬だけ上昇するのは、当該サブモデルの予測精度に起因するノイズが原因であると考えられることができる。従って、同図のヒートマップを参照することにより、サブモデル 4 が製造プロセスの異常状態の主因子ではないことを容易に特定することができる。

【 0 0 4 8 】

このように、逸脱指標表示ステップでは、長期間に亘って、サブモデルの逸脱指標の経時変化を、当該逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示するため、逸脱指標が上昇した際に、真の異常を示しているのか、あるいは単なるノイズなのかを把握しやすくなり、例えば現場のオペレータ等に対して、真の異常を早期に認識させることが可能となる。

40

【 0 0 4 9 】

ここで、逸脱指標表示ステップでは、例えば図 5 に示すように、サブモデルの逸脱指標を、属性ごとに集約して表示してもよい。この場合、属性定義部 5 2 は、サブモデルごとに属性を定義する。これを受けて、逸脱指標表示ステップでは、逸脱指標表示部 6 2 が、属性ごとに逸脱指標を集約し、当該属性ごとの逸脱指標の経時変化を、逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示する。

【 0 0 5 0 】

50

図5では、サブモデルの逸脱指標を、3つの属性、すなわち属性1（設備区分）、属性2（実績区分）および属性3（基本量区分）に分け、かつ、属性ごとに逸脱指標を合計したものを、同図右上の凡例に示す色（白抜きまたはドット）で表示している。例えば同図の上から1行目では、属性1の設備1に含まれるサブモデルの逸脱指標をバッチごとに合計し、その合計値に対応する色で表示している。

【0051】

図5の例では、属性1の設備2の逸脱指標が5バッチ前から、属性2の設備実績の逸脱指標が5バッチ前から、属性3の変数Aの逸脱指標が10バッチ前から、属性3の変数Cの逸脱指標が5バッチ前から、それぞれ高い状態が継続している。従って、同図のヒートマップを参照することにより、設備2、設備実績、変数A、Cが製造プロセスの異常状態の主因子であることを容易に特定することができる。

10

【0052】

なお、図5では、同じ属性で定義されたサブモデルの逸脱指標を合計したものを色で表示しているが、例えば同じ属性で定義されたサブモデルの逸脱指標の平均値や最大値を色で表示してもよい。

【0053】

ここで、本実施形態に係る異常状態診断方法では、逸脱指標表示ステップを実施するタイミング以前に、信頼度算出ステップを実施してもよい。

【0054】

<信頼度算出ステップ>

20

信頼度算出ステップでは、信頼度算出部63が、所定の評価期間を設定し、当該評価期間において、サブモデルの予測誤差に基づいて信頼度を算出する。信頼度算出部63は、具体的には、入力部10を介して、前記した評価期間に合致する製造プロセスの変数データを、図示しないプロセスコンピュータから取得する。次に、信頼度算出部63は、取得した変数データを用いて、前記した評価期間におけるサブモデルの予測誤差を算出し、当該予測誤差に基づいて信頼度を算出する。ここで信頼度は、例えば、 $1 / (1 + \text{正規化予測誤差})$ として計算することができる。また、正規化予測誤差は、評価期間の予測誤差の標準偏差で予測誤差を正規化したものである。そして、信頼度算出部63は、作成した信頼度のデータを信頼度テーブル44に格納する。

【0055】

30

なお、信頼度算出ステップで算出される信頼度と、サブモデルに予め付与されている信頼度とはそれぞれ別のものであり、それぞれの信頼度を求める際の評価期間や変数データもそれぞれ別のものである。すなわち、信頼度算出ステップでは、サブモデルごとに予め付与されている信頼度を、別の評価期間で再度算出する。

【0056】

これを受けて、逸脱指標表示ステップでは、信頼度の高いサブモデルを選択し、選択したサブモデルごとの逸脱指標の経時変化を、前記した図4と同様に、逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示する。

【0057】

また、本実施形態に係る異常状態診断方法では、信頼度算出ステップの後に修正逸脱指標算出ステップを実施してもよい。

40

【0058】

<修正逸脱指標算出ステップ>

修正逸脱指標算出ステップでは、逸脱指標算出部61が、信頼度算出ステップで算出された信頼度の大きさに応じてサブモデルの逸脱指標に重みを付けて修正逸脱指標を算出する。これを受けて、逸脱指標表示ステップでは、逸脱指標表示部62が、サブモデルごとの修正逸脱指標の経時変化を、前記した図4と同様に、修正逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示する。

【0059】

以上説明したような第1実施形態に係る異常状態診断方法によれば、サブモデルごとの

50

逸脱指標の経時変化を、色を変えて表示するため、真の異常であるか否かを容易に把握することができる。これにより、微小異常を早期に発見し、重大なトラブルを未然に防止することができる。

【0060】

[実施例]

以下、実施例を挙げて本発明の第1実施形態をより具体的に説明する。図6は、本発明によって、実操業から得たサブモデル別の逸脱指標を、色を変えて表示した例である。同図の縦軸方向はサブモデルごとの逸脱指標である。また、同図の横軸方向は時間推移であり、1セルにつき1バッチを示したものを日別に示したものである。横軸の数値は、当日に対して何日前であるかを示している。

10

【0061】

図6に示すように、サブモデル11~15, 20は、約10日前から逸脱指標が継続して高い傾向を示している。また、サブモデル26, 31, 32は、約20日前から逸脱指標が継続して高い傾向を示している。従って、同図を参照することにより、これらのサブモデルが製造プロセスの異常状態の主因子であることを一目で把握することができる。

【0062】

一方、サブモデル7, 17, 18は、逸脱指標が高い部分が一部存在するものの、高い状態が継続していない。従って、これらのサブモデルの逸脱指標の上昇は、サブモデルの予測精度に起因するノイズである可能性が高いことがわかる。

【0063】

このように、本発明によれば、長期間に亘って、サブモデルごとの逸脱指標の経時変化を、色を変えて表示することにより、逸脱指標の上昇がノイズを示しているのか、あるいは真の異常を示しているのかを容易に把握することができる。

20

【0064】

(第2実施形態)

以下、本発明の第2実施形態に係るプロセスの異常状態診断装置および異常状態診断方法について、図7~図12を参照しながら説明する。なお、本実施形態は、前記した第1実施形態に対して、プロセスの異常状態を診断するためのプラットフォームとしての機能をより明確化・具体化させたものである。

【0065】

[異常状態診断装置]

異常状態診断装置1Aは、予め指定した正常時のプロセスの状態を基準として、基準からの逸脱の大きさを指標化した複数の逸脱指標に基づいて、プロセスの異常状態を診断する装置であり、図7に示すように、入力部10と、出力部20と、外部装置30と、記憶部40Aと、定義部50Aと、制御部60Aと、を主な構成要素として備えている。なお、以下の説明では、鉄鋼プロセスのような製造プロセスに異常状態診断装置1Aを適用した例について、説明する。

30

【0066】

入力部10は、逸脱指標の算出に用いる実操業データを情報・制御系ネットワークである制御系LAN70を介して受信する装置である。また、入力部10は、後記するように、逸脱指標と対応付けられる製造プロセスの操業条件を、プロセスコンピュータ(プロコン)80から受信する。なお、異常状態診断装置1Aは、入力部10として、例えばマウスやキーボード等を備えていてもよい。

40

【0067】

出力部20は、表示装置や印刷装置等の出力装置によって構成されており、制御部60Aの各種処理情報を出力する。

【0068】

外部装置30は、電気通信回線を介して情報通信可能な形態で、定義部50Aに接続されている。外部装置30は、操業DB31を備えている。この操業DB31には、製造プロセスの過去の操業時に取得された複数種類の変数の実績値、すなわち複数種類の変数の

50

時系列データである変数データが、電気通信回線を介して読み取り可能な形態で格納されている。

【 0 0 6 9 】

記憶部 4 0 A は、ハードディスク装置等の記憶装置によって構成されており、定義部 5 0 A および制御部 6 0 A に接続されている。記憶部 4 0 A には、サブモデル、色表示、表示情報、関連グラフおよび階層構造がテーブル値として記憶されており、具体的には、サブモデルテーブル 4 1、色表示テーブル 4 3、表示情報テーブル 4 5、関連グラフテーブル 4 6 および階層構造テーブル 4 7 が記憶されている。

【 0 0 7 0 】

定義部 5 0 A は、演算処理装置がコンピュータプログラムを実行することによって、サブモデル定義部 5 1、色表示定義部 5 3、表示情報定義部 5 4、関連グラフ定義部 5 5 および階層構造定義部 5 6 として機能する。サブモデル定義部 5 1 は、正常操業時に得られた複数種類の変数データを操業 DB 3 1 から取得し、当該変数データから製造プロセスの製造状態を予測するサブモデルを複数作成する。そして、サブモデル定義部 5 1 は、作成したサブモデルのデータをサブモデルテーブル 4 1 に格納する。

10

【 0 0 7 1 】

なお、サブモデルは、必ずしもサブモデル定義部 5 1 で作成する必要はなく、既存のモデルがあれば、サブモデル定義部 5 1 を機能させることなく、予めサブモデルテーブル 4 1 に格納しておくことも可能である。すなわち、サブモデルは、製造プロセスの製造状態を予測するモデルであれば、回帰式等で新たに作成したものでよく、あるいは文献等で知られている既存のものでよい。

20

【 0 0 7 2 】

色表示定義部 5 3 は、後記するマトリックスの各セルに対応付けられた逸脱指標の大きさに応じて色を定義し、定義した色のデータを色表示テーブル 4 3 に格納する。各セルに対応付けられた逸脱指標は、全項目に関して、例えば正常時に対して何 外れているのか等で正規化されており、「6 以上で赤」、「4 以上で橙」、「2 以上で黄」、「2 以下は青」等、統一的に定義することができる。

【 0 0 7 3 】

表示情報定義部 5 4 は、後記するカラーマッピング部 6 4 においてカラーマッピングを行う各セルに対して対応付けるプロセスの条件を表示情報として定義し、定義した表示情報を表示情報テーブル 4 5 に格納する。このプロセスの条件としては、例えば製造プロセスの場合、製造 No.、操業開始日時、操業終了日時および代表的な製造仕様（例えば規格やサイズ等）等の操業条件が挙げられる。

30

【 0 0 7 4 】

関連グラフ定義部 5 5 は、後記するマトリックスの各セルに対応付けられた逸脱指標に対して、予め指定した変数項目との関係を示す関連グラフを作成し、作成した関連グラフを関連グラフテーブル 4 6 に格納する。この関連グラフは、プロセスの異常状態の診断の解析を支援するためのものであり、例えば逸脱指標の時系列チャートや、複数の変数間の散布図等が挙げられる。

【 0 0 7 5 】

関連グラフ定義部 5 5 は、関連グラフの作成にあたり、例えば予め指定した正常区間のデータと指定したセルとの関係が分かるように、色や形状を変えてプロットしてもよい。また、関連グラフ定義部 5 5 は、後記するように、予測モデル（サブモデル）に基づいて逸脱指標が演算される場合は、当該逸脱指標とその予測モデルの説明変数、当該逸脱指標に対応する実績値とその予測モデルの説明変数、との関係を示す散布図を作成することができる（例えば後記する図 1 2 参照）。

40

【 0 0 7 6 】

階層構造定義部 5 6 は、対象とする項目、時間表示区間に関して階層構造を定義し、定義した階層構造を階層構造テーブル 4 7 に格納する。例えば、項目に関しては、最下層として機器別、一つ上層として複数機器から構成される設備別、更に上層として複数の設備

50

から構成される工程別等が考えられる。あるいは、プロセスの上流から下流までの状態を対象とした状態変数別(温度等の製造対象の特性値等)の集約も考えられる。一方、時間表示区間に関しては、最下層としてサンプリング時間別、一つ上層として時間別の集約、更に上層として日別の集約等が考えられる。あるいは、プロセスがバッチ処理である場合は、バッチ処理別の集約も考えられる。

【 0 0 7 7 】

制御部 6 0 A は、CPU 等の演算処理装置によって構成されており、異常状態診断装置 1 A 全体の動作を制御する。制御部 6 0 A は、入力部 1 0 に入力された操業実績と操業条件に対して、記憶部 4 0 A の各種テーブルに保管されている設定値や予測モデル(サブモデル)等に基づいて、各種処理を行う。制御部 6 0 A は、演算処理装置がコンピュータプログラムを実行することによって、逸脱指標算出部 6 1、カラーマッピング部 6 4、カラーマップ表示部 6 5、情報表示部 6 6 および関連グラフ表示部 6 7 として機能する。

10

【 0 0 7 8 】

逸脱指標算出部 6 1 は、プロセスの状態を示す複数の変数を選択し、選択した前記変数の実績値を予測する予測モデルによる予測値と実績値との差に基づいて逸脱指標を算出する。逸脱指標算出部 6 1 は、具体的には、入力部 1 0 に入力された操業実績に対して、サブモデルテーブル 4 1 に保管されているサブモデルに基づいて、逸脱指標を算出する。サブモデルが回帰式等の予測モデルである場合、逸脱指標算出部 6 1 は、回帰係数に基づいて予測値を算出し、続いて実績値との誤差を算出し、予めテーブルで指定した正常区間の集約値に対する相対的な値として逸脱指標を算出する。

20

【 0 0 7 9 】

なお、本実施形態における逸脱指標は、逸脱指標算出部 6 1 で算出されるものに限定されず、それ自体が逸脱指標として機能するもの、例えばプロセスを構成する設備の振動値または温度値を含む、設備の健全性を示す物理量を逸脱指標として用いてもよい。このようなセンサ等で検出した値をそのまま逸脱指標として用いることにより、逸脱指標算出部 6 1 による逸脱指標の算出処理が不要となるため、プロセスの異常状態をより迅速に診断することが可能となる。

【 0 0 8 0 】

カラーマッピング部 6 4 は、後記するカラーマップ表示、情報表示、関連グラフ表示を迅速に行うために、階層的な二次元マトリックスの構造化を行う。カラーマッピング部 6 4 は、第一の軸を時間を含む経時的要素の軸とし、第二の軸を逸脱指標の項目の軸として二次元のマトリックスを構成する。そして、カラーマッピング部 6 4 は、マトリックスの各セルに対して、逸脱指標の項目ごとおよび経時的要素ごとのデータを対応付けるとともに、色表示テーブル 4 3 に基づいて、マトリックスの各セルに対して、逸脱指標の大きさに応じた色を割り当てる。

30

【 0 0 8 1 】

また、カラーマッピング部 6 4 は、階層構造テーブル 4 7 に基づいて、マトリックスの各セルを、第一の軸の所定区間ごと、または第二の軸の逸脱指標の項目ごとに集約することにより、複数の階層構造を有するマトリックスを構成する。そして、カラーマッピング部 6 4 は、各階層のマトリックスの各セルに対して、集約した逸脱指標の集約値を対応付けるとともに、色表示テーブル 4 3 に基づいて、マトリックスの各セルに対して、逸脱指標の集約値の大きさに応じた色を割り当てる。

40

【 0 0 8 2 】

カラーマッピング部 6 4 は、マトリックスの各セルを第一の軸の所定区間ごとに集約する場合、プロセスにおけるバッチ処理ごとに集約することができる。また、カラーマッピング部 6 4 は、所定区間ごとに集約した二次元データを更に所定区間ごとに集約して多層化することができる。区間の多層化(階層化)は、当初の計測間隔(ms e c オーダー)から、例えば 1 秒程度の区間、1 時間単位、日単位、あるいはバッチ処理を含む場合はバッチ処理単位の区間も含め、段階的に集約する方法等が例示できる。

【 0 0 8 3 】

50

カラーマッピング部 64 は、マトリックスの各セルを第二の軸の逸脱指標の項目ごとに集約する場合、逸脱指標の属性ごとに集約することができる。また、カラーマッピング部 64 は、属性ごとに集約した二次元データを更に集約して多層化することができる。

【0084】

カラーマッピング部 64 は、例えば図 8 および図 9 に示すように、第一のマトリックス M_{t1} と、第二のマトリックス M_{t2} と、を含む階層構造のマトリックスを構成する。鉄鋼プロセスに適用される場合、第一のマトリックス M_{t1} のセルには、圧延工程における複数の圧延材のデータが対応付けられており、第二のマトリックス M_{t2} のセルには、一つの圧延材のデータが集約して対応付けられている。なお、図 8 および図 9 では、便宜上、最下層の第一のマトリックス M_{t1} と、その一つ上層の第二のマトリックス M_{t2} とを上下逆に図示している。また、同図では、二階層のマトリックスを一例として示しているが、マトリックスの階層数は必要に応じて三階層以上としてもよい。

10

【0085】

図 8 の第一のマトリックス M_{t1} は、縦軸（第二の軸）が逸脱指標の項目であり、横軸（第一の軸）がプロセスにおけるバッチ処理の順番である。なお、「逸脱指標の項目」とは、例えば鉄鋼プロセスの場合、圧下位置、荷重等の変数の種類のことを示している。同図の第一のマトリックス M_{t1} の各セルには、(1) 逸脱指標の値と、(2) 操業条件と、が対応付けられている。

【0086】

図 8 の第二のマトリックス M_{t2} は、縦軸（第二の軸）が逸脱指標の属性であり、横軸（第一の軸）がプロセスにおけるバッチ処理の順番である。なお、「逸脱指標の属性」とは、例えばプロセスを構成するサブプロセス、またはプロセスの状態を示す物理量である。同図の第二のマトリックス M_{t2} の各セルには、第一のマトリックス M_{t1} における縦軸方向の複数のセルに対応付けられた逸脱指標の集約値が対応付けられている。

20

【0087】

なお、「サブプロセス」としては、例えば複数の圧延機からなる圧延設備を対象とする場合、各圧延機等、一部のまとまった設備を例示することができる。また、「物理量」としては、各圧延機の圧延荷重、差荷重、和荷重、各圧延機モータの電流、各圧延機間の材料張力等が一例として挙げられる。

【0088】

例えば、図 8 の第二のマトリックス M_{t2} のセル A1 には、最下層の第一のマトリックス M_{t1} の縦軸方向の複数のセル群 A2 の逸脱指標の平均値または最大値が割り当てられている。また、同図の第二のマトリックス M_{t2} の各セルには、入力部 10 から入力された操業条件も、同様に集約化されて割り当てられている。例えば、操業条件が「製造 No.」のような場合は、該当セルにおける製造開始時の製造 No. および製造終了時の製造 No. 等が集約値として割り当てられている。

30

【0089】

図 9 の第一のマトリックス M_{t1} は、縦軸（第二の軸）が逸脱指標の属性であり、横軸（第一の軸）がプロセスにおける一回分のバッチ処理におけるサンプリング点の順番である。同図の第一のマトリックス M_{t1} の各セルには、(1) 逸脱指標の値と、(2) 操業条件と、が対応付けられている。

40

【0090】

図 9 の第二のマトリックス M_{t2} は、縦軸（第二の軸）が逸脱指標の属性であり、横軸（第一の軸）がプロセスにおけるバッチ処理の順番である。同図の第二のマトリックス M_{t2} の各セルには、第一のマトリックス M_{t1} における横軸方向の複数のセルに対応付けられた逸脱指標の集約値が対応付けられている。

【0091】

例えば、図 9 の第二のマトリックス M_{t2} のセル B1 には、最下層の第一のマトリックス M_{t1} の横軸方向の複数のセル群 B2 の逸脱指標の平均値または最大値が割り当てられている。また、同図の第二のマトリックス M_{t2} の各セルには、入力部 10 から入力され

50

た操業条件も、同様に集約化されて割り当てられている。

【0092】

カラーマップ表示部65は、カラーマッピング部64により作成されたカラーマップを表示する。また、カラーマップ表示部65は、例えば図示しない表示装置の画面上において、図示しないポインティングデバイスの移動により、ある階層のマトリックスに対応するカラーマップのセルに対してポインタ操作（第一のポインタ操作、第二のポインタ操作）がなされた場合、一つ下の階層のマトリックスに対応するカラーマップを表示する。なお、カラーマップ表示部65は、前記した表示装置の画面上において、予め指定された期間のカラーマップと、常に最新の一定区間のカラーマップと、をそれぞれ表示してもよい。

10

【0093】

例えば図8および図9に示すような二階層のマトリックスが作成されている場合、前記したカラーマッピング部64は、第一のマトリックスMt1の各セルに対して逸脱指標の大きさに応じた色を割り当てた第一のカラーマップと、第二のマトリックスMt2の各セルに対して逸脱指標の集約値（平均値または最大値）の大きさに応じた色を割り当てた第二のカラーマップとを作成する。この場合、カラーマップ表示部65は、例えば図10に示すように、まず第二のカラーマップCm2を表示し、第二のカラーマップCm2のあるセルに対してポインタ操作がなされた場合、このセルに対応する第一のカラーマップCm1を表示する。

【0094】

情報表示部66は、図示しないポインティングデバイスの移動により指定のセルにポインタを合わせて指定のポインタ操作（第三のポインタ操作）がなされた場合、表示情報テーブル45で指定された操業条件や逸脱指標の値等の情報を表示する。

20

【0095】

情報表示部66は、具体的には、カラーマッピング部64で構成されたマトリックスの各セルに対して、対応するプロセスの条件（例えば製造プロセスの条件）を対応付け、図11に示すように、あるセルに対してポインタ操作がなされた場合、このセルに対応する逸脱指標の値およびプロセスの条件を、別のウィンドウで表示（ポップアップ表示）する。なお、「プロセスの条件」としては、例えば製造プロセスの場合、製造規格、指令値等が一例として挙げられる。

30

【0096】

関連グラフ表示部67は、図示しないポインティングデバイスの移動により指定のセルにポインタを合わせて指定のポインタ操作（第四のポインタ操作）がなされた場合、関連グラフテーブル46で定義された関連グラフを表示する。

【0097】

関連グラフ表示部67は、具体的には、カラーマッピング部64で構成されたマトリックスの各セルに対して、対応する逸脱指標の時系列チャート、または図12に示すような逸脱指標ごとに指定される複数の変数間の散布図を対応付け、あるセルに対してポインタ操作がなされた場合、このセルに対応する時系列チャートまたは散布図を、別のウィンドウで表示（ポップアップ表示）する。

40

【0098】

ここで、図12に示した散布図は、例えば変数Aを予測するサブモデルがあり、そのサブモデルに基づいて逸脱指標を求めた場合を想定しており、変数Aは自分自身、変数Bおよび変数Cは説明変数のことを示している。また、同図の上段に示した三つの散布図は、縦軸が逸脱指標の値、横軸が各変数の実績値（生値）、である。この上段の散布図では、破線の枠で囲ったものが逸脱指標の値、それ以外が各変数の実績値、を示しており、逸脱指標と実績値の生値とがどのように分布しているのかを視覚的に示している。

【0099】

また、図12の下段に示した二つの散布図は、縦軸および横軸がともに各変数の実績値である。この下段の散布図では、破線の枠で囲ったものが縦軸の変数の実績値、それ以外

50

が横軸の変数の実績値、を示しており、実績値の生値同士がどのように分布しているのかを視覚的に示している。

【0100】

ここで、カラーマップ表示部65、情報表示部66、関連グラフ表示部67における第一～第四のポインタ操作は、それぞれ異なる操作を割り当てる。また、カラーマップ表示部65、情報表示部66、関連グラフ表示部67におけるポインタ操作および表示の具体的な態様としては、例えば以下の(1)～(3)が挙げられる。

【0101】

(1)ポインタをカラーマップ上のどこかのセルで止めると、別のウィンドウが表示され、そのウィンドウ内に表示できるもの(第一軸(横軸)の拡大、第二軸(縦軸)の拡大、プロセスの条件、時系列チャート、散布図またはその他のグラフ)が表示される。そして、そのうちのいずれかをクリックすることにより、選択した情報またはグラフが表示される。

10

【0102】

(2)ポインタをカラーマップ上のいずれかのセルに移動させて右クリックをすると、プルダウンメニューで表示項目(第一軸(横軸)の拡大、第二軸(縦軸)の拡大、プロセスの条件、時系列チャート、散布図またはその他のグラフ)が表示される。そして、そのうちのいずれかをクリックすることにより、選択した情報またはグラフが表示される。

【0103】

(3)クリックの仕方(例えばクリック回数)に応じて表示項目を切り替える、またはキーボードの「Fn」キーや、その他のキーとの組み合わせによって表示項目を切り替える等、表示項目ごとに区別できるように、表示方法をそれぞれ割り当てる。

20

【0104】

以上説明したような第2実施形態に係る異常状態診断装置1Aおよび異常状態診断方法によれば、プロセスの状態を圧縮したカラーマップによって表示することにより、オペレータに対して、異常発生の予兆を目で見てわかりやすく示すことができ、かつ異常発生の予兆がある場合にオペレータに強い印象を与えて注意喚起することができる。また、逸脱指標をベースとして、正常状態からの逸脱が認められた時に、簡単な操作により、詳細な時系列データ、操業条件、関連統計データ、散布図等の関連グラフを適宜表示することができるため、異常の原因となる設備や計測信号等を早期に特定することが可能となる。

30

【0105】

また、第2実施形態に係る異常状態診断装置1Aおよび異常状態診断方法では、逸脱指標が階層的なデータ構造となっているため、例えば最初は上層のマトリックスに対応するカラーマップ(例えば第二のマトリックスMt2に対応するカラーマップ)を参照して全体のデータを概観しつつ、異常の兆候が見られた場合は対応するセルを選択(クリック)し、最下層のマトリックスに対応するカラーマップ(例えば第一のマトリックスMt1に対応するカラーマップ)を参照し、より詳細なデータを参照し、異常の原因を追究することが可能となる。

【0106】

以上、本発明に係るプロセスの異常状態診断装置および異常状態診断方法について、発明を実施するための形態および実施例により具体的に説明したが、本発明の趣旨はこれらの記載に限定されるものではなく、請求の範囲の記載に基づいて広く解釈されなければならない。また、これらの記載に基づいて種々変更、改変等したのも本発明の趣旨に含まれることはいうまでもない。

40

【0107】

例えば本発明の第1実施形態に係る異常状態診断装置1は、予め作成され、かつ記憶部40の各DBのテーブルに格納されたサブモデル、属性、色表示を用いて異常状態診断方法を実施することもできる。この場合、異常状態診断装置1は、図1に示すサブモデル定義部51、属性定義部52および色表示定義部53を備えていなくてもよい。

【0108】

50

また、本発明の第1実施形態および第2実施形態では、鉄鋼プロセスのような製造プロセスに異常状態診断装置1および異常状態診断方法を適用した例を説明したが、発電プロセスや搬送プロセス等に異常状態診断装置1および異常状態診断方法を適用することも可能である。

【0109】

また、本発明の第2実施形態に係る異常状態診断装置1Aは、第1実施形態と同様に、信頼度を考慮して逸脱指標を求めてもよい。この場合、所定の評価期間を設定し、当該評価期間において、サブモデルの予測誤差に基づいて信頼度を算出する信頼度算出部を異常状態診断装置1Aに追加し、逸脱指標算出部61によって、信頼度算出部によって算出された信頼度の大きさに応じてサブモデルの逸脱指標に重みを付けて修正逸脱指標を算出する。

10

【0110】

また、本明細書は、前記した第1実施形態に対応する、以下の発明(1)~(5)についても開示している。

【0111】

(1)正常操業時に得られた複数種類の変数の実績値からプロセスの製造状態を予測するサブモデルを用い、前記サブモデルの予測誤差に基づいて、前記プロセスの正常状態からの逸脱指標を算出し、前記サブモデルごとに算出した前記逸脱指標に基づいて、前記プロセスの異常状態を診断するプロセスの異常状態診断装置であって、前記サブモデルごとの前記逸脱指標の経時変化を、前記逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示する逸脱指標表示手段を備えることを特徴とするプロセスの異常状態診断装置。

20

【0112】

(2)上記発明において、評価期間を設定し、前記評価期間において、前記サブモデルの予測誤差に基づいて信頼度を算出する信頼度算出手段を備え、前記逸脱指標表示手段は、前記信頼度の高い前記サブモデルを選択し、選択した前記サブモデルごとの前記逸脱指標の経時変化を、前記逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示することを特徴とするプロセスの異常状態診断装置。

【0113】

(3)上記発明において、前記信頼度の大きさに応じて前記サブモデルの逸脱指標に重みを付けて修正逸脱指標を算出する逸脱指標算出手段を備え、前記逸脱指標表示手段は、前記サブモデルごとの前記修正逸脱指標の経時変化を、前記修正逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示することを特徴とするプロセスの異常状態診断装置。

30

【0114】

(4)上記発明において、前記サブモデルごとに属性を定義する属性定義手段を備え、前記逸脱指標表示手段は、前記属性ごとに前記逸脱指標を集約し、前記属性ごとの前記逸脱指標の経時変化を、前記逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示することを特徴とするプロセスの異常状態診断装置。

【0115】

(5)正常操業時に得られた複数種類の変数の実績値からプロセスの製造状態を予測するサブモデルを用い、前記サブモデルの予測誤差に基づいて、前記プロセスの正常状態からの逸脱指標を算出し、前記サブモデルごとに算出した前記逸脱指標に基づいて、前記プロセスの異常状態を診断するプロセスの異常状態診断方法であって、前記サブモデルごとの前記逸脱指標の経時変化を、前記逸脱指標の大きさに応じて色を変えて表示することを特徴とするプロセスの異常状態診断方法。

40

【符号の説明】

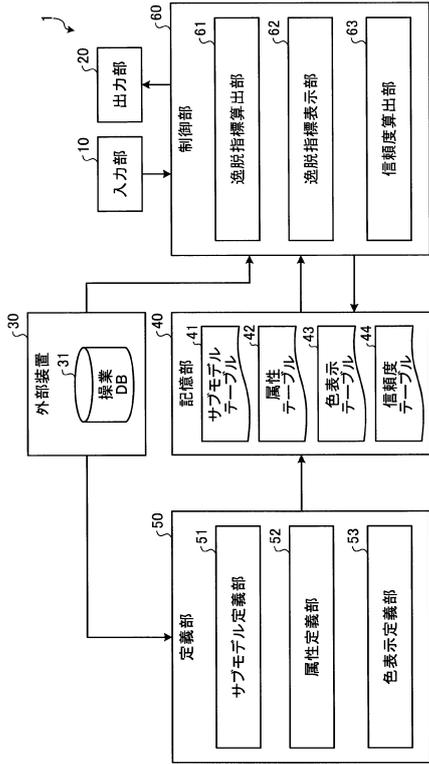
【0116】

- 1, 1A 異常状態診断装置
- 10 入力部
- 20 出力部
- 30 外部装置

50

3 1	操業データベース (操業 D B)	
4 0 , 4 0 A	記憶部	
4 1	サブモデルテーブル	
4 2	属性テーブル	
4 3	色表示テーブル	
4 4	信頼度テーブル	
4 5	表示情報テーブル	
4 6	関連グラフテーブル	
4 7	階層構造テーブル	
5 0 , 5 0 A	定義部	10
5 1	サブモデル定義部	
5 2	属性定義部	
5 3	色表示定義部	
5 4	表示情報定義部	
5 5	関連グラフ定義部	
5 6	階層構造定義部	
6 0 , 6 0 A	制御部	
6 1	逸脱指標算出部	
6 2	逸脱指標表示部	
6 3	信頼度算出部	20
6 4	カラーマッピング部	
6 5	カラーマップ表示部	
6 6	情報表示部	
6 7	関連グラフ表示部	
7 0	制御系 L A N	
8 0	プロセスコンピュータ (プロコン)	
C m 1	第一のカラーマップ	
C m 2	第二のカラーマップ	
M t 1	第一のマトリックス	
M t 2	第二のマトリックス	30

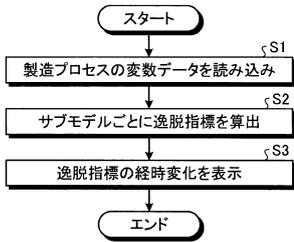
【図1】



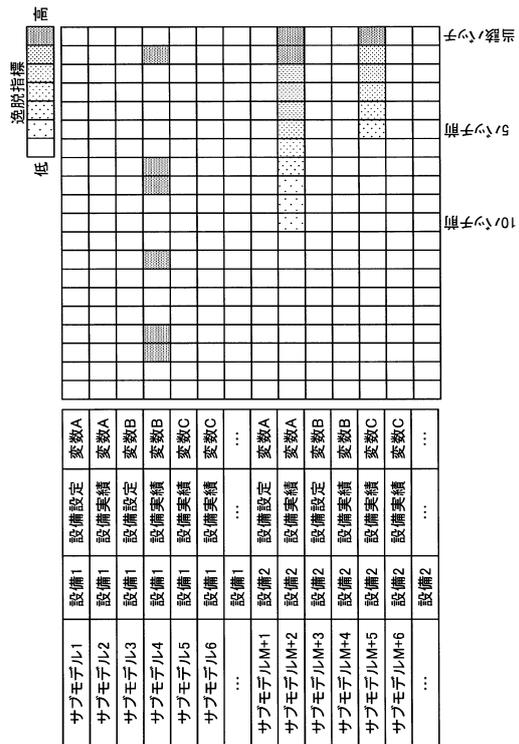
【図2】

設備設定	製造前材料	設備1	設備2	...	設備n	製造後製品
設備実績	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル ...
手介入実績	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル ...
中間製品 状態実績	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル	サブモデル サブモデル ...	サブモデル サブモデル ...

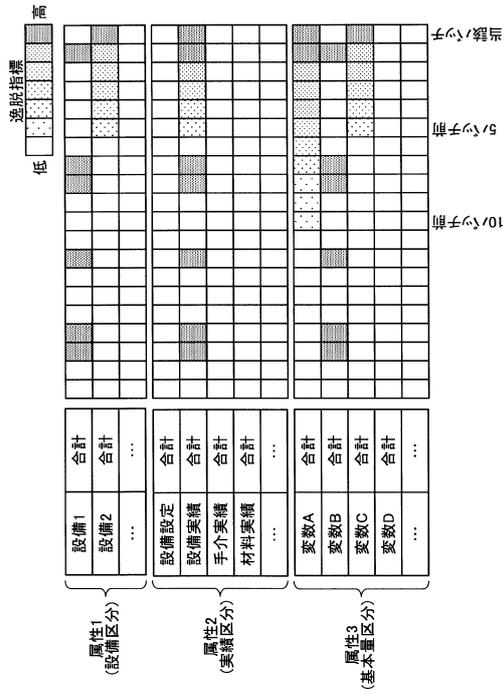
【図3】



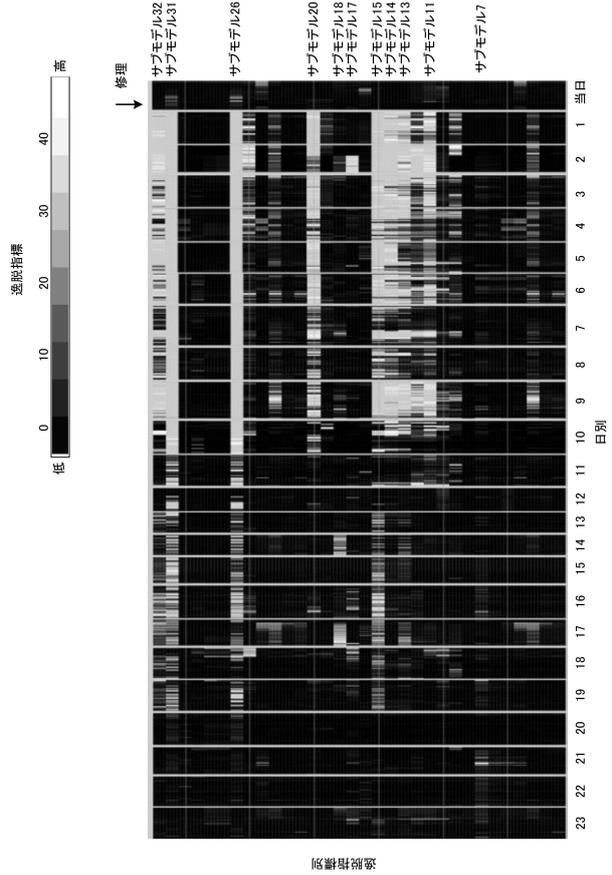
【図4】



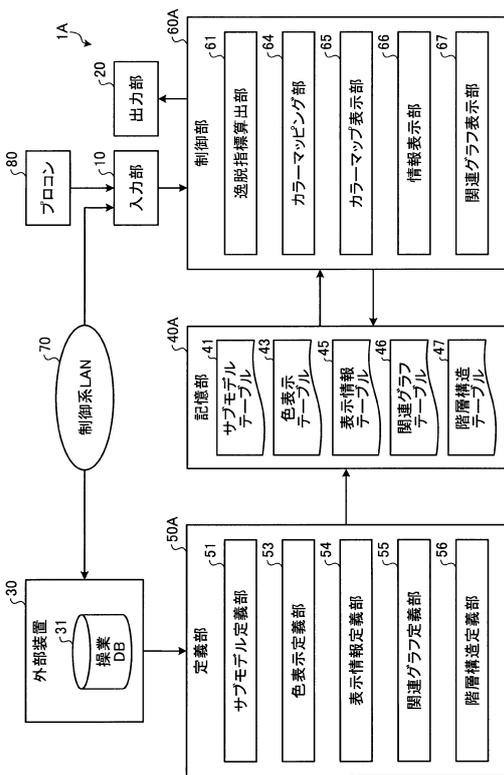
【図5】



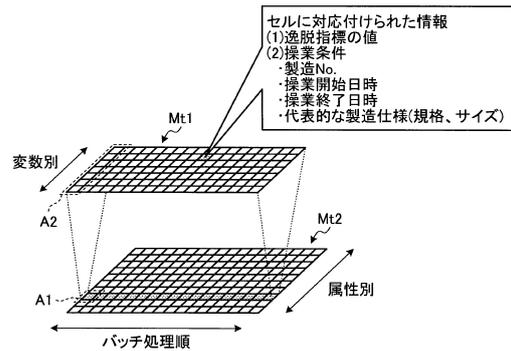
【図6】



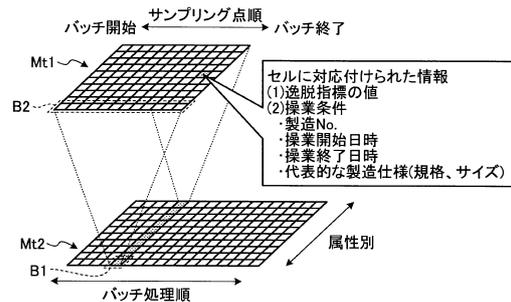
【図7】



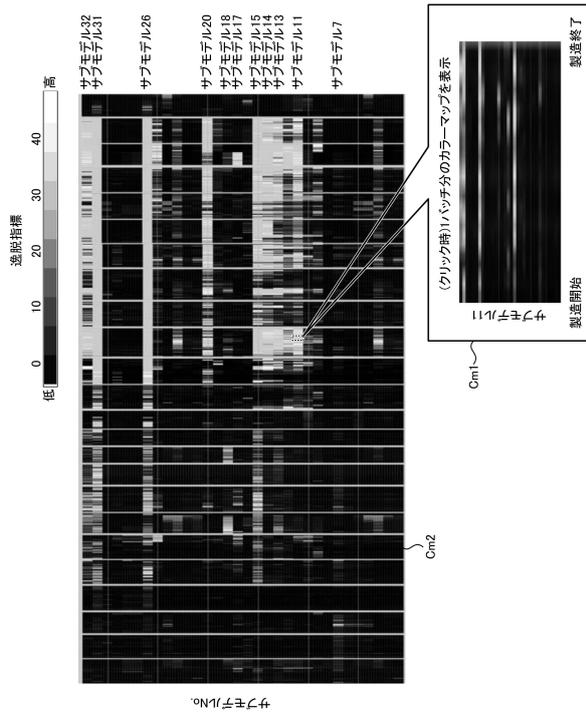
【図8】



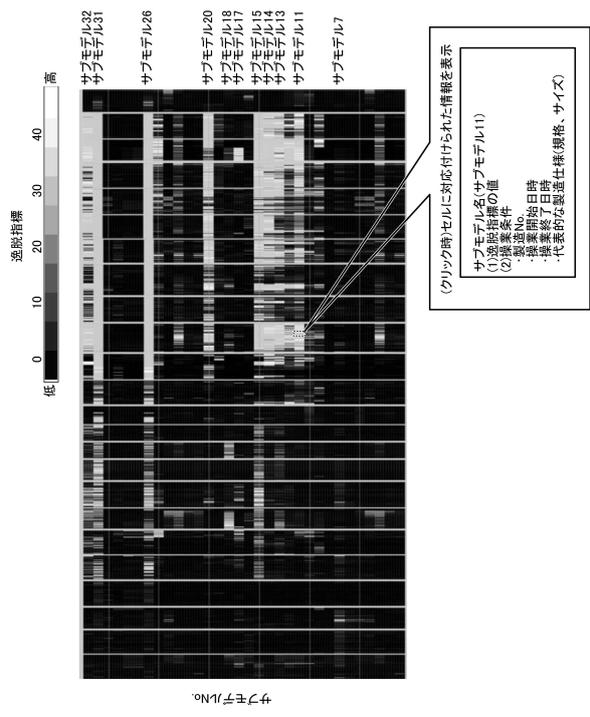
【図9】



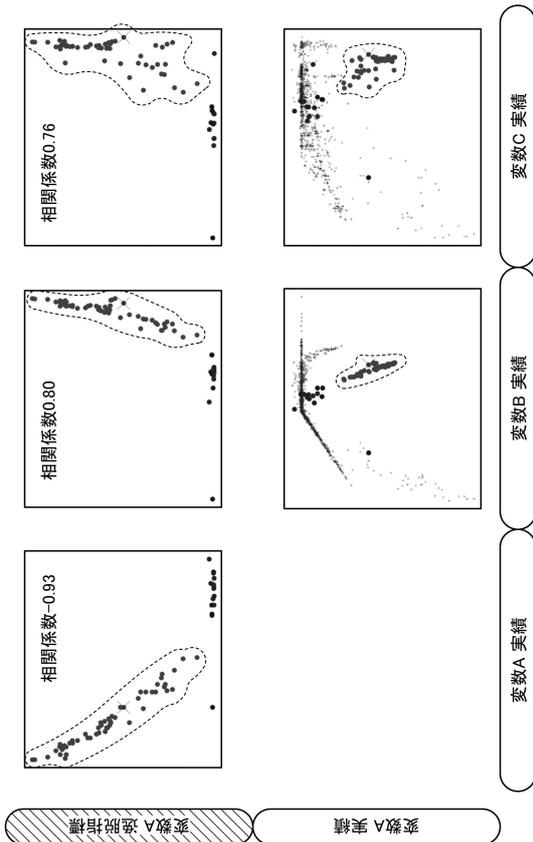
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0136146 (US, A1)

特開平10-153456 (JP, A)

特開2016-012240 (JP, A)

特開平02-076098 (JP, A)

特開平07-060815 (JP, A)

特開2015-197850 (JP, A)

特開2012-123522 (JP, A)

本屋 俊弘, プラントデータ活用の新局面~新たな着想と実践法「監視診断システムを活用した
保全の取り組み」, 計装, 日本, (有)工業技術社, 2016年 7月, 第59巻第7号, pp.29-3
3

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 23/02