

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-140252
(P2020-140252A)

(43) 公開日 令和2年9月3日(2020.9.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/418 (2006.01)	G05B 19/418	Z 3C100
G06Q 50/04 (2012.01)	G06Q 50/04	5L049
G06Q 50/10 (2012.01)	G06Q 50/10	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2019-33275 (P2019-33275)	(71) 出願人	000006208 三菱重工工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(22) 出願日	平成31年2月26日 (2019.2.26)	(74) 代理人	100149548 弁理士 松沼 泰史
		(74) 代理人	100162868 弁理士 伊藤 英輔
		(74) 代理人	100161702 弁理士 橋本 宏之
		(74) 代理人	100189348 弁理士 古都 智
		(74) 代理人	100196689 弁理士 鎌田 康一郎
		(74) 代理人	100210572 弁理士 長谷川 太一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 運営評価装置、運営評価方法、およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 工場の運営にあたり、将来の運営に係る評価値を予測する。

【解決手段】 評価値予測部は、予測モデルを用いて、所定の評価時刻における工場の運営に係る入力データに基づいて、評価時刻の一定時間後における評価値を予測する。予測モデルは、一の時点における工場の運営に係る複数種類のデータを入力することで、一の時点から一定時間後の時点における工場の運営に関する評価値を出力するように学習された学習済みモデルである。評価値出力は、評価値に係る情報を出力する。

【選択図】 図1

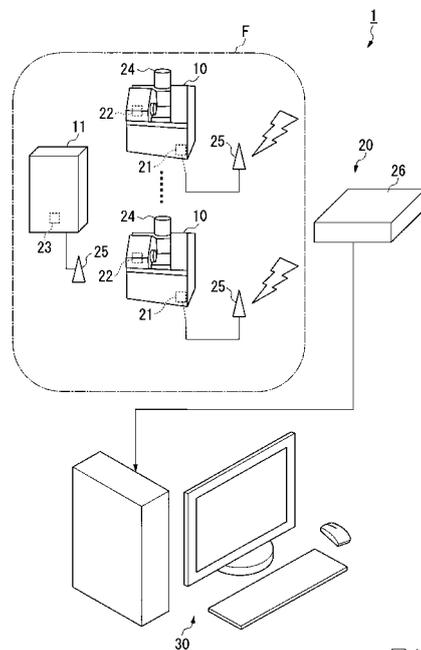


図1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

一の時点における工場の運営に係る複数種類のデータを入力することで、前記一の時点から一定時間後の時点における前記工場の運営に関する評価値を出力するように学習された学習済みモデルである予測モデルを用いて、所定の評価時刻における前記工場の運営に係る入力データに基づいて、前記評価時刻の一定時間後における前記評価値を予測する評価値予測部と、

前記評価値に係る情報を出力する評価値出力部と
を備える運営評価装置。

【請求項 2】

前記入力データは、工場の設備の稼働率に係るデータと、前記設備の消費エネルギーに係るデータとを含む

請求項 1 に記載の運営評価装置。

【請求項 3】

前記予測モデルは、前記評価値として、前記工場の消費エネルギーに係るエネルギー評価値と、前記工場の稼働率に係る稼働率評価値とを出力する

請求項 1 または請求項 2 に記載の運営評価装置。

【請求項 4】

前記エネルギー評価値と前記稼働率評価値とに基づいて、前記消費エネルギーが低いほど高く、かつ前記稼働率が高いほど高い総合評価値、または、前記消費エネルギーが低いほど低く、かつ前記稼働率が高いほど低い総合評価値を算出する総合評価部を備え、

前記評価値出力部は、前記エネルギー評価値、前記稼働率評価値、および前記総合評価値を出力する

請求項 3 に記載の運営評価装置。

【請求項 5】

前記予測モデルにおける、前記入力データの種別別に重要度を特定する重要度特定部を備え、

前記評価値出力部は、前記入力データの種別別の重要度を出力する

請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 項に記載の運営評価装置。

【請求項 6】

前記重要度特定部は、前記予測モデルを更新したときに、前記重要度を特定し、

前記評価値出力部は、前記入力データの種別別の重要度の時系列を出力する

請求項 5 に記載の運営評価装置。

【請求項 7】

前記入力データの値の変更を受け付ける変更部と、

前記予測モデルを用いて、前記変更されたデータに基づいて、前記評価時刻の一定時間後における評価値である修正評価値を予測するシミュレート部と、

を備え、

前記評価値出力部は、前記修正評価値に係る情報を出力する

請求項 1 から請求項 6 の何れか 1 項に記載の運営評価装置。

【請求項 8】

一の時点における工場の運営に係る複数種類のデータを入力することで、前記一の時点から一定時間後の時点における前記工場の運営に関する評価値を出力するように学習された学習済みモデルである予測モデルを用いて、所定の評価時刻における前記工場の運営に係る入力データに基づいて、前記評価時刻の一定時間後における前記評価値を予測するステップと、

前記評価値に係る情報を出力するステップと

を備える運営評価方法。

【請求項 9】

コンピュータに、

10

20

30

40

50

一の時点における工場の運営に係る複数種類のデータを入力することで、前記一の時点から一定時間後の時点における前記工場の運営に関する評価値を出力するように学習された学習済みモデルである予測モデルを用いて、所定の評価時刻における前記工場の運営に係る入力データに基づいて、前記評価時刻の一定時間後における前記評価値を予測するステップと、

前記評価値に係る情報を出力するステップと
を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、運営評価装置、運営評価方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、監視対象のモニタリングデータに基づいて、監視対象の状態監視を行い、異常によって発生するコストを見積もることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2017-16509号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、工場の運営を評価するにあたって、KPI(Key Performance Indicator)を用いることがある。KPIを参照して運営を評価する場合、KPIの計画値と実績に基づいて算出したKPIの値とを比較することで、運営の評価がなされる。しかしながら、計画値と実績値との比較を行う場合、KPIの計画値と実績値との間に大きな乖離が生じた後に対応策が取られるため、運営計画の立て直しが遅れる可能性がある。

【0005】

本発明の目的は、工場の運営にあたり、将来の運営に係る評価値を予測することができる運営評価装置、運営評価方法、およびプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第1の態様によれば、運営評価装置は、一の時点における工場の運営に係る複数種類のデータを入力することで、前記一の時点から一定時間後の時点における前記工場の運営に関する評価値を出力するように学習された学習済みモデルである予測モデルを用いて、所定の評価時刻における前記工場の運営に係る入力データに基づいて、前記評価時刻の一定時間後における前記評価値を予測する評価値予測部と、前記評価値に係る情報を出力する評価値出力部とを備える。

【0007】

本発明の第2の態様によれば、第1の態様に係る運営評価装置において、前記入力データは、工場の設備の稼働率に係るデータと、前記設備の消費エネルギーに係るデータとを含むものであってよい。

【0008】

本発明の第3の態様によれば、第1または第2の態様に係る運営評価装置において、前記予測モデルは、前記評価値として、前記工場の消費エネルギーに係るエネルギー評価値と、前記工場の稼働率に係る稼働率評価値とを出力するものであってよい。

【0009】

本発明の第4の態様によれば、第3の態様に係る運営評価装置が、前記エネルギー評価値と前記稼働率評価値とに基づいて、前記消費エネルギーが低いほど高く、かつ前記稼働率が高いほど高い総合評価値、または、前記消費エネルギーが低いほど低く、かつ前記稼

10

20

30

40

50

働率が高いほど低い総合評価値を算出する総合評価部を備え、前記評価値出力部は、前記エネルギー評価値、前記稼働率評価値、および前記前記総合評価値を出力するものであってよい。

【0010】

本発明の第5の態様によれば、第1から第4の何れかの態様に係る運営評価装置が、前記予測モデルにおける、前記入力データの種別別に重要度を特定する重要度特定部を備え、前記評価値出力部は、前記入力データの種別別の重要度を出力するものであってよい。

【0011】

本発明の第6の態様によれば、第5の態様に係る運営評価装置において、前記重要度特定部は、前記予測モデルを更新したときに、前記重要度を特定し、前記評価値出力部は、前記入力データの種別別の重要度の時系列を出力するものであってよい。

10

【0012】

本発明の第7の態様によれば、第1から第6の何れかの態様に係る運営評価装置が、前記入力データの値の変更を受け付ける変更部と、前記予測モデルを用いて、前記変更されたデータに基づいて、前記評価時刻の一定時間後における評価値である修正評価値を予測するシミュレート部と、を備え、前記評価値出力部は、前記修正評価値に係る情報を出力するものであってよい。

【0013】

本発明の第8の態様によれば、運営評価方法は、一の時点における工場の運営に係る複数種類のデータを入力することで、前記一の時点から一定時間後の時点における前記工場の運営に関する評価値を出力するように学習された学習済みモデルである予測モデルを用いて、所定の評価時刻における前記工場の運営に係る入力データに基づいて、前記評価時刻の一定時間後における前記評価値を予測するステップと、前記評価値に係る情報を出力するステップとを備える。

20

【0014】

本発明の第9の態様によれば、プログラムは、コンピュータに、一の時点における工場の運営に係る複数種類のデータを入力することで、前記一の時点から一定時間後の時点における前記工場の運営に関する評価値を出力するように学習された学習済みモデルである予測モデルを用いて、所定の評価時刻における前記工場の運営に係る入力データに基づいて、前記評価時刻の一定時間後における前記評価値を予測するステップと、前記評価値に係る情報を出力するステップとを実行させる。

30

【発明の効果】

【0015】

上記態様のうち少なくとも1つの態様によれば、工場評価装置は、工場の将来の運営に係る評価値を予測することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】第1の実施形態に係る工場評価システムの構成を示す概略図である。

【図2】第1の実施形態に係る工場評価装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図3】第1の実施形態に係る工場評価装置の動作を示すフローチャートである。

40

【図4】第1の実施形態に係る工場全体の総合評価値の表示画面の例を示す図である。

【図5】第1の実施形態に係る工場計測データの重要度の表示画面の例を示す図である。

【図6】第1の実施形態に係る修正総合評価値の表示画面の例を示す図である。

【図7】第1の実施形態に係る工場評価装置を用いた運営計画の見直しの例を示す図である。

【図8】エネルギー原単位と総合設備効率から総合評価値を求める例を示す図である。

【図9】少なくとも1つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

50

第 1 の実施形態

《工場評価システム》

以下、図面を参照しながら実施形態について詳しく説明する。

図 1 は、第 1 の実施形態に係る工場評価システムの構成を示す概略図である。

工場評価システム 1 は、複数の生産設備 10、計測システム 20、および工場評価装置 30 を備える。

【0018】

生産設備 10 は、工場 F に設置され、電力で駆動し、操作者の操作に従って様々なプロセスを実行する。生産設備 10 は、様々な製品（被加工物）を加工することができる。

【0019】

計測システム 20 は、生産設備 10 の稼働に関する複数種類のデータ（例えば、電流値、電圧、電力量、振動など）を計測する。生産設備 10 の稼働に関するデータは、工場の運営に係るデータの一例である。計測システム 20 の構成の例として、以下のものがあげられる。計測システム 20 は、第 1 センサ 21 と、第 2 センサ 22 と、第 3 センサ 23 と、不良品検査装置 24 と、送信器 25 と、受信器 26 とを備える。第 1 センサ 21 は、生産設備 10 が負荷時間に該当する状態にあるか否かを計測する。例えば、第 1 センサ 21 は、生産設備 10 に供給される電力を計測し、生産設備 10 に電源が入っている時間を負荷時間と特定する。第 2 センサ 22 は、生産設備 10 が稼働時間に該当する状態にあるか否か、及び正味稼働時間に該当する状態にあるか否かを計測する。例えば、第 2 センサ 22 は、生産設備 10 の加工部の振動を計測し、加工部が作動している時間を稼働時間と特定し、加工部がワークを加工している時間を正味稼働時間と特定する。第 3 センサ 23 は、工場 F の非生産設備 11（例えば、空調設備等）の電流を計測する。

【0020】

不良品検査装置 24 は、生産設備 10 が生産した製品が不良品であるか否かを判定する装置である。例えば、不良品検査装置 24 は、撮像装置とコンピュータとを備え、撮像装置が生産設備 10 が生産する製品を撮像し、コンピュータが撮像された画像に対してパターンマッチング処理を行うことで、製品の検出および当該製品の良否の判定を行う。不良品検査装置 24 は、単位時間当たりの良品数および不良品数を出力する。

【0021】

送信器 25 と受信器 26 とは互いに無線通信により接続されている。当該無線通信は工場 F において用いられる無線通信とは独立した通信である。そのため、計測システム 20 による無線通信は、工場 F の無線通信環境に干渉しない。送信器 25 は、第 1 センサ 21 の近傍に設置され、第 1 センサ 21、第 2 センサ 22、第 3 センサ 23 および不良品検査装置 24 と有線で接続される。送信器 25 は、第 1 センサ 21、第 2 センサ 22 が計測した生産設備 10 に関するデータ、第 3 センサ 23 が計測した非生産設備 11 の電流値、ならびに不良品検査装置 24 が検出した良品数および不良品数を無線通信にて受信器 26 に送信する。受信器 26 は、送信器 25 から受信した生産設備 10 に関するデータ、非生産設備 11 の電流値、良品数および不良品数を時系列として記録する。工場評価装置 30 は、受信器 26 に記録されたこれらの時系列を取得することができる。なお、計測システム 20 の構成はこれに限られない。

【0022】

工場評価装置 30 は、計測システム 20 から入力された複数の生産設備 10 に関する複数の種類のデータの時系列に基づいて、生産設備 10 の生産効率とエネルギー効率とに鑑みた評価値である総合評価値を出力する。第 1 の実施形態においては、利用者の指示に応じて、工場 F の過去の総合評価値の推移および将来の総合評価値の予測結果をグラフとして表示する。

【0023】

《工場評価装置の構成》

図 2 は、第 1 の実施形態に係る工場評価装置の構成を示す概略ブロック図である。

工場評価装置 30 は、取得部 301、基礎データ算出部 302、評価値特定部 303、

10

20

30

40

50

総合評価部 304、予測モデル記憶部 305、学習部 306、重要度特定部 307、評価値予測部 308、評価値出力部 309、変更部 310、シミュレート部 311を備える。

【0024】

取得部 301は、計測システム 20から生産設備 10に関するデータ、非生産設備 11の電流値、良品数および不良品数の時系列を取得する。取得部 301が取得するデータは、工場の運営に係る複数種類のデータの一例である。以下、取得部 301が取得するデータを、工場計測データともいう。なお、工場計測データは、さらに温度や湿度などの工場の運営に係る他のデータを含むものであってよい。

【0025】

基礎データ算出部 302は、取得部 301が取得した工場計測データの時系列に基づいて、生産設備 10の負荷時間、稼働時間、正味稼働時間、および消費電力量を算出する。また基礎データ算出部 302は、良品数および不良品数の時系列に基づいて、負荷時間の生産設備 10の生産数量および良品数を算出する。

基礎データ算出部 302は、例えば、計算対象となる時間帯のうち各生産設備 10の電流値から、各生産設備 10の消費電力量を算出する。基礎データ算出部 302は、例えば、計算対象となる時間帯のうち非生産設備 11の電流値から、各非生産設備 11の消費電力量を算出する。

【0026】

生産設備 10の稼働率は、稼働時間を負荷時間で除算して得られる値であるため、生産設備 10の稼働時間は、生産設備 10の稼働率に係る量の一例である。

生産設備 10の効率は、正味稼働時間を稼働時間で除算して得られる値であるため、生産設備 10の正味稼働時間は、生産設備 10の効率に係る量の一例である。

【0027】

評価値特定部 303は、基礎データ算出部 302が算出する負荷時間、稼働時間、正味稼働時間、生産数量、良品数、および消費電力に基づいて、総合設備効率およびエネルギー原単位を算出する。総合設備効率は、工場 F の稼働率に係る稼働率評価値の一例である。またエネルギー原単位は、工場 F の消費エネルギーに係るエネルギー評価値の一例である。

具体的には、評価値特定部 303は、以下の手順で総合設備効率およびエネルギー原単位を算出する。評価値特定部 303は、稼働時間を負荷時間で除算することで各生産設備 10の稼働率を算出する。評価値特定部 303は、正味稼働時間を稼働時間で除算することで各生産設備 10の効率を算出する。評価値特定部 303は、良品数を生産数量で除算することで各生産設備 10の品質を算出する。評価値特定部 303は、稼働率と効率と品質とを乗算することで、各生産設備 10の総合設備効率を算出する。評価値特定部 303は、消費電力量を生産数量で除算することで、各生産設備 10のエネルギー原単位を算出する。

【0028】

また、評価値特定部 303は、すべての生産設備 10の消費電力量および非生産設備 11の消費電力量の和を、すべての生産設備 10の生産数量の和で除算することで、工場 F 全体のエネルギー原単位を算出する。つまり、評価値特定部 303は、工場 F で消費される電流値を、工場 F の生産数量で除算することで、工場 F 全体のエネルギー原単位を算出する。

【0029】

総合評価部 304は、総合設備効率とエネルギー原単位とに基づいて、工場 F の運営に係る総合評価値を算出する。総合評価部 304は、各生産設備 10の総合設備効率の平均値を、工場 F 全体のエネルギー原単位で除算することで、工場全体の総合評価値を算出する。総合評価値は、消費エネルギーが低いほど高く、かつ稼働率が高いほど高い値である。なお、他の実施形態に係る総合評価値は、消費エネルギーが低いほど低く、かつ稼働率が高いほど低いものであってもよい。例えば、他の実施形態に係る総合評価値は、工場 F 全体のエネルギー原単位を各生産設備 10の総合設備効率の平均値で除算したものであ

10

20

30

40

50

てよい。

【 0 0 3 0 】

予測モデル記憶部 3 0 5 は、一の時点における工場計測データを入力することで、一の時点から一定時間後（例えば 1 週間後）の時点における総合設備効率およびエネルギー原単位を出力するように学習された学習済みモデルである予測モデルを記憶する。本実施形態において「学習済みモデル」とは、機械学習モデルと学習済みパラメータの組み合わせである。機械学習モデルとしては、例えばニューラルネットワーク、ベイジアンネットワーク、線形回帰、回帰木などが挙げられる。

【 0 0 3 1 】

学習部 3 0 6 は、取得部 3 0 1 が取得した工場計測データに基づいて、予測モデルを学習する。具体的には、学習部 3 0 6 は、過去の工場計測データを入力サンプルとし、入力サンプルに係る一定時間後の総合設備効率およびエネルギー原単位を出力サンプルとする学習用データセットを用いて予測モデルを学習する。学習された予測モデルは、予測モデル記憶部 3 0 5 に記録される。なお、学習部 3 0 6 は、工場評価装置 3 0 と別個の装置に設けられてもよい。この場合、別個の装置において学習された学習済みモデルが、予測モデル記憶部 3 0 5 に記録されることとなる。

【 0 0 3 2 】

重要度特定部 3 0 7 は、予測モデル記憶部 3 0 5 が記憶する予測モデルにおける入力データの種別別に重要度を特定する。重要度とは、予測モデルに入力される複数種類のデータそれぞれが、予測モデルの性能に寄与する度合いを示す値である。重要度特定部 3 0 7 は、例えば、Permutation Importanceなどの手法によって重要度を特定することができる。Permutation Importanceは、データセットのうち、重要度の評価対象となるデータの値をシャッフルした値を予測モデルに入力したときの出力と、正しいデータセットを入力したときの出力との変化を観測することで、評価対象となるデータの重要度を特定する手法である。なお、データの値のシャッフルは、評価対象のデータの相関をなくすことを目的として行われる。

なお、予測モデルが回帰木である場合、重要度特定部 3 0 7 は、決定木の変数重要度を重要度として特定してもよい。

【 0 0 3 3 】

評価値予測部 3 0 8 は、取得部 3 0 1 が取得した評価時刻に係る工場計測データを、予測モデル記憶部 3 0 5 が記憶する予測モデルに入力することで、評価時刻の一定時間後に係る総合設備効率およびエネルギー原単位を予測する。

【 0 0 3 4 】

評価値出力部 3 0 9 は、評価値特定部 3 0 3 が特定した総合設備効率およびエネルギー原単位に基づいて算出された工場 F 全体の総合評価値、および評価値予測部 3 0 8 が予測した総合設備効率およびエネルギー原単位に基づいて算出された工場 F 全体の総合評価値を出力する。以下、評価値特定部 3 0 3 が特定した総合設備効率およびエネルギー原単位に基づいて算出された工場 F 全体の総合評価値を実績総合評価値ともいう。また、評価値予測部 3 0 8 が予測した総合設備効率およびエネルギー原単位に基づいて算出された工場 F 全体の総合評価値を、予測総合評価値ともいう。

【 0 0 3 5 】

変更部 3 1 0 は、取得部 3 0 1 が取得した評価時刻に係る工場計測データの一部の変更を受け付ける。

シミュレート部 3 1 1 は、変更部 3 1 0 によって変更された工場計測データを予測モデル記憶部 3 0 5 が記憶する予測モデルに入力することで、運転計画の変更後の総合設備効率およびエネルギー原単位を予測する。運転計画の変更後の総合設備効率およびエネルギー原単位は、修正評価値の一例である。

【 0 0 3 6 】

《工場評価装置の動作》

図 3 は、第 1 の実施形態に係る工場評価装置の動作を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

利用者が工場評価装置 30 に総合評価値の出力指示を入力すると、取得部 301 は、計測システム 20 から工場計測データを取得する（ステップ S1）。

【0037】

工場評価装置 30 は、総合評価値の算出対象となる単位時間（例えば、1 時間）ごとの時間帯を 1 つずつ選択し、選択された時間帯について、以下のステップ S3 からステップ S15 の処理を実行する（ステップ S2）。

【0038】

まず、基礎データ算出部 302 は、取得部 301 が取得した情報に基づいて、選択した時間帯における負荷時間、稼働時間、正味稼働時間、消費電力量、良品数、および生産数量を算出する（ステップ S3）。次に、評価値特定部 303 は、基礎データ算出部 302 が算出したデータに稼働時間を負荷時間で除算することで、選択した時間帯における各生産設備 10 の稼働率を算出する（ステップ S4）。評価値特定部 303 は、正味稼働時間を稼働時間で除算することで選択した時間帯における各生産設備 10 の効率を算出する（ステップ S5）。評価値特定部 303 は、良品数を生産数量で除算することで選択した時間帯における各生産設備 10 の品質を算出する（ステップ S6）。

10

【0039】

評価値特定部 303 は、稼働率と効率と品質とを乗算することで、選択した時間帯における各生産設備 10 の総合設備効率を算出する（ステップ S7）。評価値特定部 303 は、すべての生産設備 10 の消費電力量および非生産設備 11 の消費電力量の和を、すべての生産設備 10 の生産数量の和で除算することで、工場 F 全体のエネルギー原単位を算出する（ステップ S8）。総合評価部 304 は、各生産設備 10 の総合設備効率の平均値を、工場 F 全体のエネルギー原単位で除算することで、工場全体の総合評価値を算出する（ステップ S9）。

20

【0040】

上記の処理によって各時間帯に係る総合設備効率およびエネルギー原単位が得られると、学習部 306 は、ステップ S1 で取得した工場計測データの時系列と、ステップ S2 からステップ S9 で生成された総合設備効率およびエネルギー原単位の時系列とに基づいて、予測モデルの学習に用いる学習用データセットを生成する（ステップ S10）。すなわち、学習部 306 は、入力サンプルである工場計測データと、出力サンプルである総合設備効率およびエネルギー原単位とを、一定時間ずつずらして対応付けることで、学習用データセットを生成する。学習部 306 は、生成した学習用データセットを用いて予測モデルを学習する（ステップ S11）。当該学習は、バッチ学習によってなされてもよいし、オンライン学習によってなされてもよい。重要度特定部 307 は、ステップ S11 で学習された予測モデルを用いて、工場計測データの種類の重要度を特定する（ステップ S12）。

30

【0041】

次に、評価値予測部 308 は、ステップ S1 で取得した工場計測データのうち直近の一定時間（例えば、1 週間）に係るものを、単位時間ごとに抽出し、それぞれを予測モデルに入力することで、現在時刻から一定時間後までの総合設備効率およびエネルギー原単位の時系列を予測する（ステップ S13）。総合評価部 304 は、ステップ S13 で予測された単位時刻ごとの総合設備効率およびエネルギー原単位に基づいて、現在時刻から一定時間後までの総合評価値の予測値の時系列を算出する（ステップ S14）。

40

【0042】

図 4 は、第 1 の実施形態に係る工場全体の総合評価値の表示画面の例を示す図である。

評価値出力部 309 は、図 4 に示すような総合評価値の表示画面を生成し、出力する（ステップ S15）。

工場 F 全体の総合評価値の表示画面には、工場 F 全体の総合評価値の時系列を表すグラフと、工場 F 全体のエネルギー原単位の時系列を表すグラフと、工場 F 全体の総合設備効率の時系列を表すグラフと、が含まれる。総合評価値の時系列を表すグラフは、縦軸に総合評価値をとり、横軸に時刻をとるグラフである。エネルギー原単位の時系列を表すグラ

50

フは、縦軸にエネルギー原単位をとり、横軸に時刻をとるグラフである。総合設備効率の時系列を表すグラフは、縦軸に総合設備効率をとり、横軸に時刻をとるグラフである。各グラフのうち、現在時刻より左側の評価値は、ステップS2からステップS9の処理によって求められた値である。現在時刻より右側の評価値は、ステップS14の処理によって求められた値である。

これにより、利用者は、総合評価値の過去の推移と将来の予測値とを一覧することができる。したがって、利用者は、総合評価値の予測値が計画値から乖離することが予測される場合に、先んじて対策を講じることができる。

また利用者は、エネルギー原単位の時系列を表すグラフおよび総合設備効率の時系列を表すグラフを視認することで、総合評価値が高い時や低い時に、その原因が生産効率にあるのか、エネルギー効率にあるのかを容易に認識することができる。

【0043】

図5は、第1の実施形態に係る工場計測データの重要度の表示画面の例を示す図である。

また、評価値出力部309は、図5に示すような工場計測データの重要度の表示画面を生成し、出力する(ステップS16)。重要度の表示画面には、工場計測データの項目が、重要度の降順に並べて表示される。各項目には、重要度の大きさを示すグラフと、過去の学習毎の重要度の順位の時系列とが関連付けて表示される。

これにより、利用者は、工場Fの運転計画の見直しにあたって、工場計測データの重要度の表示画面を参照することで、見直すべき項目の決定に役立てることができる。例えば、重要度が大きい項目ほど総合評価値に与える影響が大きいことから、重要度が大きい項目について改善を図ることを考えることができる。また、利用者は、現在の重要度の順位の変動を観察することで、工場の状態の推移を観測することができる。

【0044】

利用者は、工場計測データの重要度の表示画面の視認後、工場Fの運転計画の変更後のシミュレーションを行うことができる。すなわち、利用者は、現在の工場計測データの値を変更し、変更後の工場計測データ値に基づいて予測モデルを用いた評価値の予測を行うことができる。変更部310は、利用者からステップS1で取得した工場計測データの値の変更を受け付ける(ステップS17)。シミュレート部311は、変更後の工場計測データを予測モデルに入力することで、一定時間後の総合設備効率およびエネルギー原単位の時系列を予測する(ステップS18)。総合評価部304は、ステップS18で予測された単位時刻ごとの総合設備効率およびエネルギー原単位に基づいて、修正総合評価値を算出する(ステップS19)。

【0045】

図6は、第1の実施形態に係る修正総合評価値の表示画面の例を示す図である。

評価値出力部309は、図6に示すような修正総合評価値の表示画面を生成し、出力する(ステップS20)。修正総合評価値の表示画面は、図4に示す総合評価値の表示画面に、修正総合評価値のプロットPを追加したものである。これにより、利用者は、運転計画の変更の妥当性を検証することができる。

【0046】

《作用・効果》

このように、第1の実施形態によれば、工場評価装置30は、予測モデルを用いて、評価時刻における工場計測データに基づいて、評価時刻の一定時間後における評価値を予測し、出力する。これにより、工場評価装置30は、工場Fの運営にあたり、将来の運営に係る評価値(KPI)を予測することができる。

図7は、第1の実施形態に係る工場評価装置を用いた運営計画の見直しの例を示す図である。例えば、図7に示すように、工場評価装置30が評価時刻において一定時間後にKPIが大きく下がること示す表示画面を生成した場合、工場評価装置30の利用者は、KPIの計画値と実績値との間に乖離が生じる前ないし微小な乖離が生じた時点で、将来的な乖離の発生を知ることができる。これにより、利用者は対応策を取ることが可能となり

10

20

30

40

50

、事前ないし早期の運営計画の立て直しを行うことができる。

【 0 0 4 7 】

また、第 1 の実施形態によれば、工場計測データは、工場 F の設備の稼働率に係るデータと、設備の消費エネルギーに係るデータとを含む。これにより、安価かつ汎用的な手法で評価値を算出するための工場計測データを得ることができる。なお、他の実施形態においてはこれに限られず、人手で生成された工場 F の運営に係る複数種類のデータを用いて評価値を算出してもよい。

【 0 0 4 8 】

また、第 1 の実施形態によれば、予測モデルは、評価値として、工場 F の消費エネルギーに係るエネルギー評価値であるエネルギー原単位と、工場 F の稼働率に係る稼働率評価値である総合設備効率とを出力する。そして、工場評価装置 30 は、予測されたエネルギー原単位および総合設備効率から、総合評価値を算出する。図 8 は、エネルギー原単位と総合設備効率から総合評価値を求める例を示す図である。これにより、工場評価装置 30 は、エネルギー原単位または総合設備効率のみの個別最適といった予測ではなく、図 8 に示すように、総合評価値の時系列 T 3 を参照することで、全体最適を志向した予測を実現することができる。また、利用者は、エネルギー原単位の時系列 T 1 および総合設備効率の時系列 T 2 を認識することで、総合評価値の予測に対して、その変化の原因が生産効率にあるのか、エネルギー効率にあるのかを容易に認識することができる。なお、他の実施形態においてはこれに限られず、予測モデルは、直接総合評価値や他の評価値を出力するものであってもよい。

10

20

【 0 0 4 9 】

また、工場評価装置 30 は、予測モデルにおける工場計測データの種類別に重要度を特定し、当該重要度を出力する。これにより、利用者は、工場 F の運転計画の見直しにあたって、工場計測データの重要度の表示画面を参照することで、見直すべき項目の決定に役立てることができる。また、工場評価装置 30 は、予測モデルの更新のたびに重要度を特定し、その時系列を出力する。これにより、利用者は、現在の重要度の順位の変動を観察することで、工場 F の状態の推移を観測することができる。なお、他の実施形態においてはこれに限られず、工場評価装置 30 は、重要度を算出しないものであってもよく、また最新の重要度のみを出力するものであってもよい。

【 0 0 5 0 】

また、工場評価装置 30 は、工場計測データの値の変更を受け付け、変更されたデータに基づいて修正評価値を予測する。これにより、利用者は、運転計画の変更の妥当性を検証することができる。なお、他の実施形態においてはこれに限られず、工場評価装置 30 は、工場計測データの値の変更を受け付けなくてもよい。

30

【 0 0 5 1 】

他の実施形態

以上、図面を参照して一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、様々な設計変更等を行うことが可能である。

例えば、他の実施形態においては、上述の処理の順序が適宜変更されてもよい。また、一部の処理が並列に実行されてもよい。

40

【 0 0 5 2 】

上述の実施形態に係る工場評価装置 30 は、工場 F の運営に関する評価値として、エネルギー原単位、総合設備効率、および総合評価値を算出するが、これに限られない。例えば、他の実施形態に係る工場評価装置 30 は、エネルギー原単位または総合設備効率のみを算出してもよいし、他の評価値を算出してもよい。

【 0 0 5 3 】

上述の実施形態では、工場運営に関する評価値を予測する工場評価装置 30 について説明したが、これに限られない。例えば、他の実施形態では、会社経営について同様の手法で評価値を予測してもよい。この場合、評価値として受注高や売上高などを用いることができる。

50

【 0 0 5 4 】

コンピュータ構成

図 9 は、少なくとも 1 つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

コンピュータ 9 0 は、プロセッサ 9 1、メインメモリ 9 2、ストレージ 9 3、インタフェース 9 4 を備える。

上述の工場評価装置 3 0 は、コンピュータ 9 0 に実装される。そして、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式でストレージ 9 3 に記憶されている。プロセッサ 9 1 は、プログラムをストレージ 9 3 から読み出してメインメモリ 9 2 に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、プロセッサ 9 1 は、プログラムに従って、上述した予測モデル記憶部 3 0 5 に対応する記憶領域をメインメモリ 9 2 に確保する。

10

【 0 0 5 5 】

プログラムは、コンピュータ 9 0 に発揮させる機能の一部を実現するためのものであってもよい。例えば、プログラムは、ストレージ 9 3 に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせ、または他の装置に実装された他のプログラムとの組み合わせによって機能を発揮させるものであってもよい。なお、他の実施形態においては、コンピュータ 9 0 は、上記構成に加えて、または上記構成に代えて P L D (Programmable Logic Device) などのカスタム L S I (Large Scale Integrated Circuit) を備えてもよい。P L D の例としては、P A L (Programmable Array Logic)、G A L (Generic Array Logic)、C P L D (Complex Programmable Logic Device)、F P G A (Field Programmable Gate Array) が挙げられる。この場合、プロセッサ 9 1 によって実現される機能の一部または全部が当該集積回路によって実現されてよい。

20

【 0 0 5 6 】

ストレージ 9 3 の例としては、磁気ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリ等が挙げられる。ストレージ 9 3 は、コンピュータ 9 0 のバスに直接接続された内部メディアであってもよいし、インタフェース 9 4 または通信回線を介してコンピュータ 9 0 に接続される外部メディアであってもよい。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ 9 0 に配信される場合、配信を受けたコンピュータ 9 0 が当該プログラムをメインメモリ 9 2 に展開し、上記処理を実行してもよい。少なくとも 1 つの実施形態において、ストレージ 9 3 は、一時的でない有形の記憶媒体である。

30

【 0 0 5 7 】

また、当該プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、当該プログラムは、前述した機能をストレージ 9 3 に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせで実現するもの、いわゆる差分ファイル(差分プログラム)であってもよい。

【符号の説明】

【 0 0 5 8 】

- 1 工場評価システム
- 1 0 生産設備
- 2 0 計測システム
- 3 0 工場評価装置
- 3 0 1 取得部
- 3 0 2 基礎データ算出部
- 3 0 3 評価値特定部
- 3 0 5 予測モデル記憶部
- 3 0 6 学習部
- 3 0 7 重要度特定部
- 3 0 8 評価値予測部
- 3 0 4 総合評価部
- 3 0 9 評価値出力部

40

50

3 1 0 変更部

3 1 1 シミュレート部

【 図 1 】

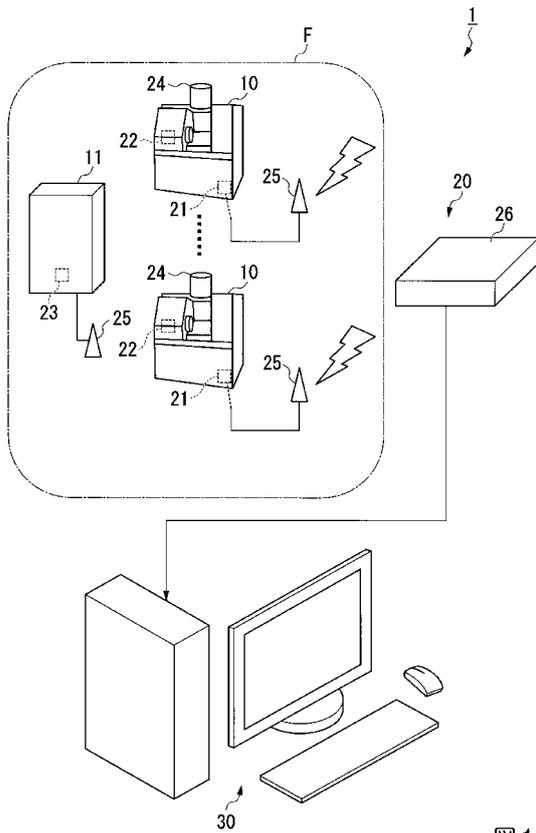


図 1

【 図 2 】

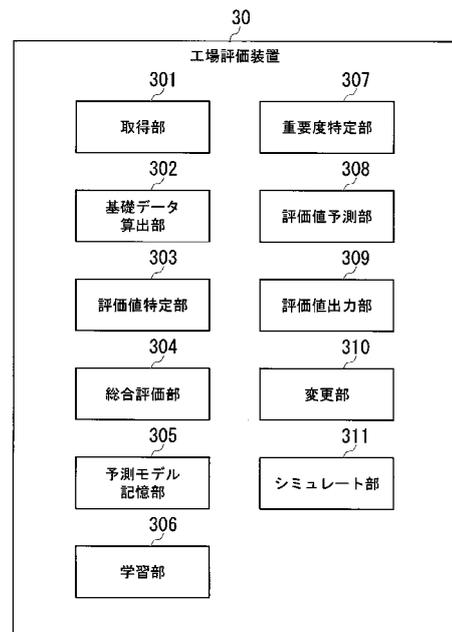


図 2

【 図 3 】

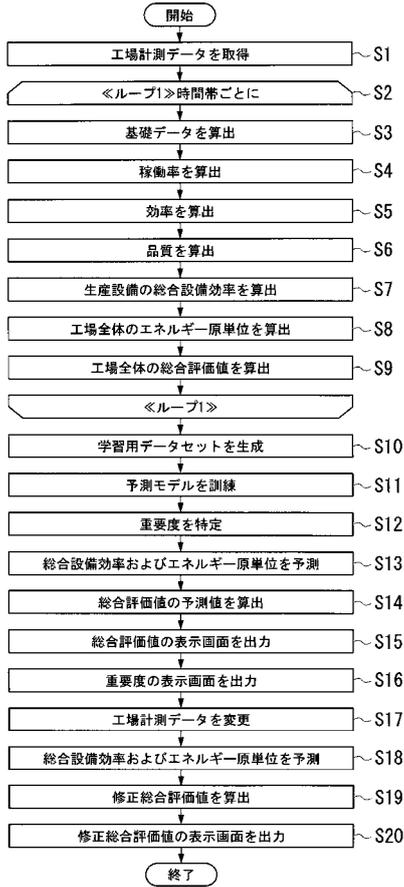


図 3

【 図 4 】

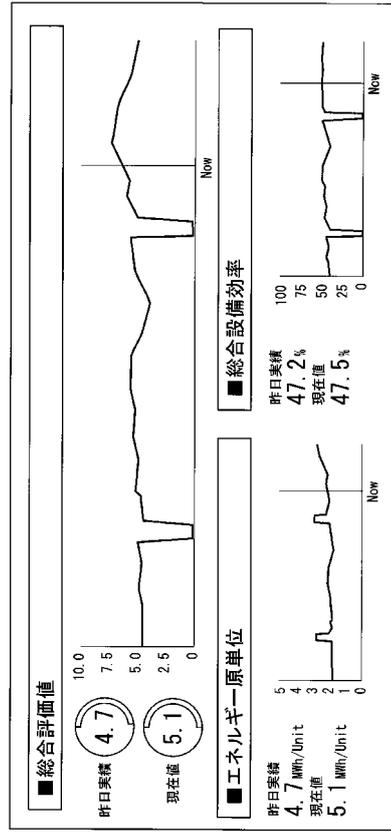


図 4

【 図 5 】

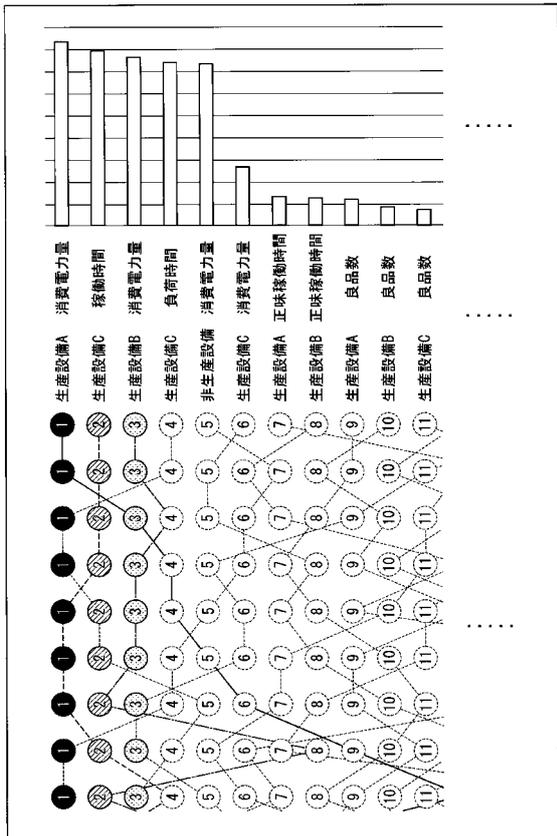


図 5

【 図 6 】

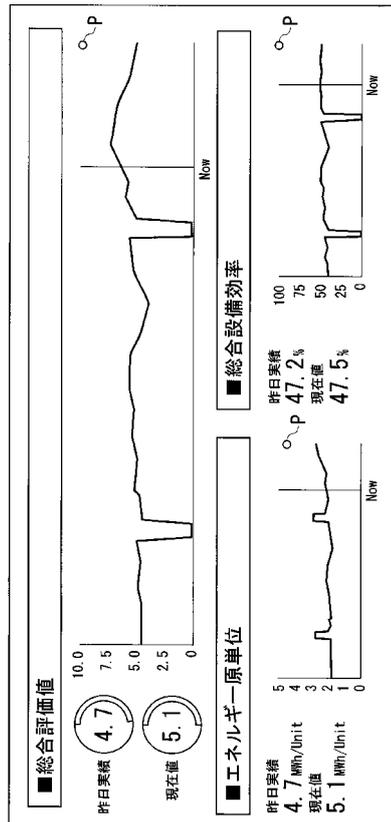


図 6

【 図 7 】

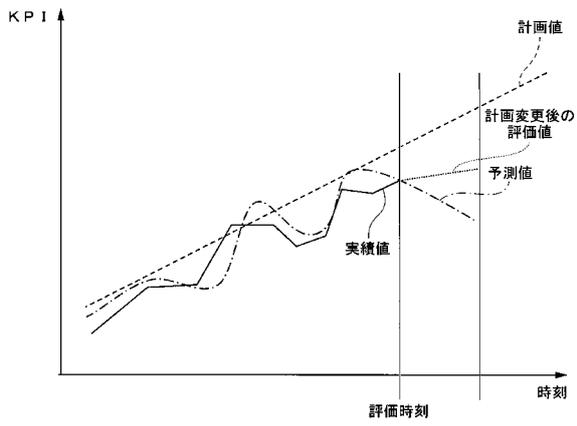


図 7

【 図 8 】

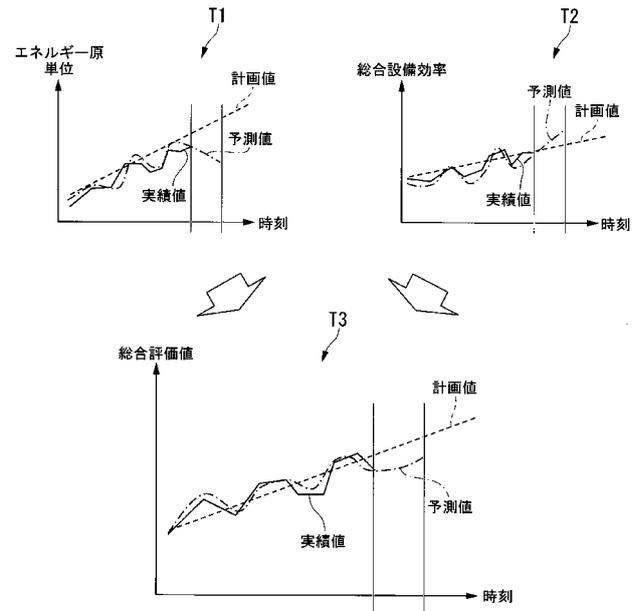


図 8

【 図 9 】

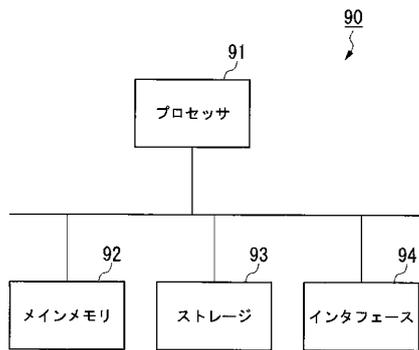


図 9

フロントページの続き

(72)発明者 錦 尚志

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 榎本 智之

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 沢田 洸

愛知県小牧市東田中1200番地 三菱重工航空エンジン株式会社内

Fターム(参考) 3C100 AA29 AA38 AA57 AA70 BB12 BB15

5L049 CC03 CC15