(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年12月2日(02.12.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/241702 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/020264

(22) 国際出願日： 2021年5月27日(27.05.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

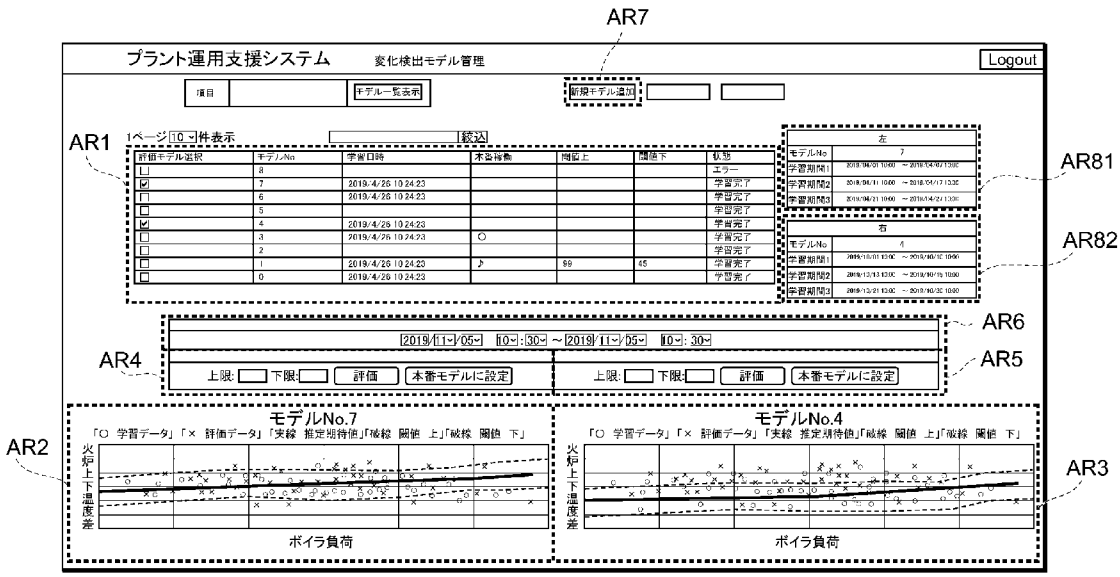
(30) 優先権データ：
特願 2020-093098 2020年5月28日(28.05.2020) JP

(71) 出願人: 住友重機械工業株式会社 (**SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 明渡 豊 (**AKEDO, Yutaka**); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP). 門脇 正法(**KADOWAKI, Masanori**); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP). 水野 孝志(**MIZUNO, Takashi**); 〒1110041 東京都台東区元浅草三丁目１８番１０号 株式会社ライトウェル内 Tokyo (JP). 森田 優花(**MORITA, Yuka**); 〒1110041 東京都台東区元浅草三丁目１８番１０号 株式会社ライトウェル内 Tokyo (JP). 大野 翔大(**OHNO, Shota**); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP).

(54) **Title:** DISPLAY DEVICE, EVALUATION METHOD, AND EVALUATION SYSTEM

(54) 発明の名称： 表示装置、評価方法および評価システム



(57) **Abstract:** [Problem] To provide a display device, an evaluation method, and an evaluation system which make it possible to easily obtain an appropriate evaluation model. [Solution] Provided is a display device 60 comprising a display screen D1. In a first display area AR1 of the display screen D1, a plurality of evaluation models are configured in a selectable and displayable manner. In a second display area AR2, the results of an evaluation of evaluation data by a selected first evaluation model are configured in a displayable manner. In a third display area AR3, the results of an

WO 2021/241702 A1

［続葉有］

(74) 代理人:稲葉 良幸，外(**INABA, Yoshiyuki** et al.);
〒1066123 東京都港区六本木６－１０－１ 六本木ヒルズ森タワー２３階 ＴＭＩ総合法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
一 国際調査報告（条約第21条(3)）

evaluation of evaluation data by a selected second evaluation model are configured in a displayable manner.

(57) 要約：【課題】適切な評価モデルを容易に取得することが可能となる表示装置、評価方法および評価システムを提供すること。 【解決手段】表示画面Ｄ１を備えた表示装置６０である。表示画面Ｄ１の第１表示領域ＡＲ１に、複数の評価モデルを選択可能に表示可能に構成し、第２表示領域ＡＲ２に、選択された第１の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成し、かつ、第３表示領域ＡＲ３に、選択された第２の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成される。

明　細　書

発明の名称 ： 表示装置、評価方法および評価システム

技術分野

[0001] 本発明は、表示装置、評価方法および評価システムに関する。

背景技術

[0002] 従来より、プラントなどの制御対象物に設置される複数のセンサからプロセスデータを取得し、これに基づいて制御対象物の稼働状況を監視し、制御することが行われている。プロセスデータに基づいて制御対象物の稼働状況を監視するために、評価モデルが利用される場合がある。制御対象物から取得されたプロセスデータを、所定の評価モデルに従って評価することにより得られる評価結果に基づいて、制御対象物が正常に稼働しているか否かを判断することが可能になる。

[0003] 制御対象物の稼働状況を精度良く監視するためには、性能の良い評価モデルが必要である。性能の良い評価モデルを取得するためには、評価モデルを構成するパラメータ等を調整したり、複数の評価モデル同士を比較し選別したりする作業を伴うため、試行錯誤を要する。

[0004] 特許文献１には、複数の評価モデルを効率良く比較するためのモデル情報表示方法が開示されている。このモデル情報表示方法によれば、複数の評価モデルが選択されると、選択された個数に応じて表示される情報量が異なるように、複数の評価モデルが同時に表示される。このため、複数の評価モデルを効率良く比較することが可能になる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１８－２０６２８３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献１記載のモデル情報表示方法は、複数の評価モデ

ルの比較を可能とする表示方法を提供するに過ぎない。このため、適切な評価モデルを得るために必要な作業を十分に効率化することができない。

[0007] そこで本発明は、適切な評価モデルを効率よく取得することが可能となる表示装置、評価方法および評価システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示は、表示画面を備えた表示装置を提供する。この表示画面は、第１表示領域に、複数の評価モデルを選択可能に表示可能に構成し、第２表示領域に、選択された第１の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成し、かつ、第３表示領域に、選択された第２の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成される。

[0009] なお、評価データとは、評価モデルにより評価されるデータである。例えば、プラント等の制御対象物に設置される複数のセンサから取得されるプロセスデータ（計算処理されていない生データを含む。）を評価データとして評価することが可能である。

プロセスデータは、季節その他の環境に応じて、同じ制御データに基づいて制御しても、変動する場合がある。更に評価データは、制御対象物の部品等の経時変化等により、同じ制御データに基づいて制御しても、変動する場合がある。

[0010] 更に、表示画面の第４表示領域に、第１の評価モデルによる評価の第１評価基準を設定可能に表示可能に構成し、表示画面の第５表示領域に、第２の評価モデルによる評価の第２評価基準を設定可能に表示可能に構成し、第２表示領域は、設定された第１評価基準に基づいて、選択された第１の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成し、かつ、第３表示領域は、設定された第２評価基準に基づいて、選択された第２の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成してもよい。

[0011] 更に、表示画面の第６表示領域に、評価データの期間を設定可能に表示可能に構成し、第２表示領域は、第１の評価モデルによる、設定された期間の評価データの評価結果を表示可能に構成し、かつ、第３表示領域は、第２の

評価モデルによる、設定された期間の評価データの評価結果を表示可能に構成されてもよい。

評価データの期間とは、評価データが取得された期間のことをいう。

[0012] 第１の評価モデルは、所定のパラメータを有する機械学習モデルにより、学習データ範囲（所定範囲に属する複数の学習データ）に基づいて生成されたものであり、表示装置は、更に、表示画面の第７表示領域に、パラメータ値及び学習データ範囲を設定可能に表示可能に構成され、第２表示領域は、設定されたパラメータ値を有する機械学習モデルにより生成された評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成してもよい。なお第１表示領域乃至第６表示領域を表示する表示画面と、同一の表示画面内において、パラメータ値又は学習データ範囲の少なくとも一部を第７表示領域に設定可能に表示してもよいし、第７表示領域を介して、異なる表示画面に遷移し、パラメータ値又は学習データ範囲を設定可能に表示してもよい。前者の場合、第７表示領域においてパラメータ値等を変更させた後、第２表示領域に表示結果を表示させることが可能になるため、適切な評価モデルを効率よく取得することが可能になる。

[0013] ここで、機械学習モデルは、畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ）等のニューラルネットワークを用いるもの、ガウス過程回帰等の回帰モデルを用いるもの、決定木等の木アルゴリズムを用いるものを含む。

[0014] 学習データは、教師データと呼ばれる場合もある。学習データは、例えば、プラント等の制御対象物が良好に稼働しているときのプロセスデータを含む。更に学習データは、例えば、プラント等の制御対象物が高出力で良好に稼働しているときのプロセスデータと、中出力で良好に稼働しているときのプロセスデータと、低出力で良好に稼働しているときのプロセスデータを含む。

[0015] 機械学習のパラメータは、設定可能な変数を含む。パラメータが異なるとき、同じ学習データに基づいて、異なる評価モデルが生成される。パラメータは、ハイパーパラメータを含み、例えば、決定木等の階層数、ニューラル

ネットワークにおける中間層のユニット数、荷重減衰を示すパラメータ等を含む。

[0016] 第１表示領域は、設定されたパラメータ値を有する機械学習モデルを、複数の評価モデルと共に第１表示領域に選択可能に表示可能に構成してもよい。

第１表示領域には、複数の評価モデルのうち、制御対象物から取得されるプロセスデータを評価するために、過去に、使用された評価モデルであることを示す情報と、制御対象物から取得されるプロセスデータを評価するために、現在、使用されている評価モデルであることを示す情報の少なくとも一方を表示可能に構成してもよい。

更に、第１表示領域には、複数の評価モデルのうち選択される評価モデルを複製又は削除可能に表示するように構成してもよい。

[0017] 本開示は、評価方法を提供する。この評価方法は、表示画面の第１表示領域に、複数の評価モデルを選択可能に表示するステップと、表示画面の第２表示領域に、選択された第１の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示するステップと、表示画面の第３表示領域に、選択された第２の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示するステップと、を含む。

[0018] 本開示は、評価システムを提供する。この評価システムは、複数の評価モデルを選択するための手段と、選択された第１の評価モデルによる、評価データの評価結果を取得する手段と、選択された第２の評価モデルによる、評価データの評価結果を取得する手段と、を備える。

[0019] 本開示は、プラントの稼働状況を評価するための評価システムを提供する。この評価システムは、第１の時期にプラントに設置されたセンサから取得されたプロセスデータを学習データとして生成された第１の評価モデルと、第２の時期にプラントに設置されたセンサから取得されたプロセスデータを学習データとして生成された第２の評価モデルを選択する手段を備える。選択された第１の評価モデルは、プラントに設置されたセンサから取得された評価データを評価する。評価結果は、表示されるように構成される。選択さ

れた第２の評価モデルは、プラントに設置されたセンサから取得された同一の評価データを評価する。評価結果は、表示されるように構成される。評価データは、プラントの稼働状況が異常となったときのプロセスデータを含んでよい。第１の評価モデルは、所定の値に設定された一、又は、複数のパラメータを有する機械学習モデルにより、学習データに基づいて生成されたものであってよい。一、又は、複数のパラメータは設定可能に構成されてもよい。パラメータが新しく設定されるとき、設定されたパラメータを有する機械学習モデルにより新たに評価モデルが生成されてよい。

[0020] 本開示は、プラントの稼働状況を評価するための評価方法を提供する。この評価方法は、第１の時期にプラントに設置されたセンサから取得されたプロセスデータを学習データとして生成された第１の評価モデルと、第２の時期にプラントに設置されたセンサから取得されたプロセスデータを学習データとして生成された第２の評価モデルを、表示画面の第１表示領域に、選択可能に表示するステップを含む。そして、表示画面の第２表示領域に、選択された第１の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示するステップと、表示画面の第３表示領域に、選択された第２の評価モデルによる、評価データの評価結果を表示するステップを更に含む。更に選択された第１の評価モデル又は第２の評価モデルのいずれかに基づいて第２の評価データを評価するステップを含む。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]プラント１の概略図

[図2]評価システム３０の機能ブロック図

[図3]表示装置６０の表示画面

[図4]評価システム３０の物理的構成を示すブロック図

[図5]本実施形態に係る評価方法のフローチャート

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。以下の実施形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明をその実施形態のみに限定

する趣旨ではない。

本発明が適用される制御対象物は、プラントを含む。プラントは、例えば、ボイラを含む発電プラント、焼却プラント、化学プラント、排水処理プラント等、プロセスデータが取得できるものを対象としている。なお、プロセスデータは、センサ等から取得された計算処理されていないデータを含む。

[0023] 図１は、本実施形態に係るプラント１の全体構成を示す概略図である。本実施形態に係るプラント１は、例えば、高温で流動する珪砂等の循環材を循環させながら燃料を燃焼して蒸気を発生させる循環流動層ボイラ（Circulating Fluidized Bed型）を備える発電プラントである。プラント１の燃料としては、石炭等の化石燃料の他、例えば非化石燃料（木質バイオマス、廃タイヤ、廃プラスチック、スラッジ等）を使用することができる。プラント１で発生した蒸気は、タービン１００の駆動に用いられる。

[0024] プラント１は、火炉２内で燃料を燃焼させ、固気分離装置として機能するサイクロン３によって排ガスから循環材を分離し、分離された循環材を火炉２内に戻して循環させるように構成されている。分離された循環材は、サイクロン３の下方に接続された循環材回収管４を経由して火炉２の下部に返送される。なお、循環材回収管４の下部と火炉２の下部とは、流路が絞られたループシール部４ａを介して接続されている。これにより、循環材回収管４の下部には所定量の循環材が貯められた状態となる。サイクロン３によって循環材が取り除かれた排ガスは、排ガス流路３ａを経由して後部煙道５に供給される。

[0025] ボイラは、燃料を燃焼させるための火炉２と、燃焼により得られた熱を用いて水蒸気等を発生させるための熱交換器を備える。火炉２の中間部には、燃料を供給する燃料供給口２ａが設けられており、火炉２の上部には、燃焼ガスを排出するガス出口２ｂが設けられている。図示されていない燃料供給装置から火炉２に供給される燃料は、燃料供給口２ａを介して火炉２の内部に供給される。また、火炉２の炉壁には、ボイラ給水を加熱するための炉壁管６が設けられている。炉壁管６を流れるボイラ給水は、火炉２での燃焼に

よって加熱される。

[0026] 火炉２内では、下部の給気ライン２ｃから導入される燃焼・流動用の空気により、燃料供給口２ａから供給された燃料を含む固形物が流動し、燃料は流動しながら例えば約８００～９００℃で燃焼する。サイクロン３には、火炉２で発生した燃焼ガスが循環材を同伴しながら導入される。サイクロン３は、遠心分離作用により循環材と気体とを分離し、循環材回収管４を介して分離された循環材を火炉２に戻すとともに、循環材が除かれた燃焼ガスを排ガス流路３ａから後部煙道５へと送出する。

[0027] 火炉２では、底部に炉内ベッド材と呼ばれる循環材の一部が滞留する。このベッド材には、循環流動に不適な粗い粒径を有するベッド材や排燃夾雑物が含まれることがあり、これらの循環材として不適なベッド材によって流動不良が発生することがある。そのため、流動不良を抑制するために、火炉２では、底部の排出口２ｄから炉内ベッド材が連続的又は断続的に外部に排出されている。排出されたベッド材は、図示されていない循環ライン上で金属や粗大粒径等の不適物を取り除いた後、再び火炉２に供給されるか、若しくはそのまま廃棄される。火炉２の循環材は、火炉２、サイクロン３及び循環材回収管４で構成される循環系内を循環する。

[0028] 後部煙道５は、サイクロン３から排出されたガスを後段へ流す流路を有している。後部煙道５は、排ガスの熱を回収する排熱回収部として、過熱蒸気を発生させる過熱器１０と、ボイラ給水を予熱する節炭器１２と、を有している。後部煙道５を流れる排ガスは、過熱器１０及び節炭器１２を流通する蒸気やボイラ給水と熱交換されて冷却される。また、節炭器１２を通過したボイラ給水が貯留される蒸気ドラム８を有し、蒸気ドラム８は炉壁管６にも接続されている。

[0029] 節炭器１２は、排ガスの熱をボイラ給水に伝熱して、ボイラ給水を予熱するものである。節炭器１２は、管２１によってポンプ７と接続される一方、管２２によって蒸気ドラム８と接続されている。ポンプ７から管２１を経由して節炭器１２に供給され、節炭器１２によって予熱されたボイラ給水は、

管２２を経由して蒸気ドラム８に供給される。

[0030] 蒸気ドラム８には、降水管８ａ及び炉壁管６が接続されている。蒸気ドラム８内のボイラ給水は、降水管８ａを下降し、火炉２の下部側で炉壁管６に導入されて蒸気ドラム８へ向かって流通する。炉壁管６内のボイラ給水は、火炉２内で発生する燃焼熱によって加熱されて、蒸気ドラム８内で蒸発し蒸気となる。

[0031] 蒸気ドラム８には、内部の蒸気を排出する飽和蒸気管８ｂが接続されている。飽和蒸気管８ｂは、蒸気ドラム８と過熱器１０とを接続している。蒸気ドラム８内の蒸気は、飽和蒸気管８ｂを経由して過熱器１０に供給される。過熱器１０は、排ガスの熱を用いて蒸気を過熱して過熱蒸気を生成するものである。過熱蒸気は、管１０ａを通り、プラント１外のタービン１００に供給されて発電に利用される。

[0032] タービン１００から排出された蒸気の圧力と温度は、過熱器１０から排出される蒸気の圧力と温度よりも低い。特に限定されるものではないが、タービン１００へ供給される蒸気の圧力は、約１０～１７ＭＰａ程度であり、温度は約５３０～５７０℃程度となる。タービン１００から排出される蒸気の圧力は、約３～５ＭＰａ程度であり、温度は約３５０～４００℃程度となる。

[0033] タービン１００の下流には復水器１０２が設けられている。タービン１００から排出された蒸気は復水器１０２に供給され、復水器１０２において凝縮して飽和水に戻された上でポンプ７へと供給される。タービン１００には、タービン１００の回転により得られる運動エネルギーを電気エネルギーに変換するジェネレータが接続される。

[0034] ポンプ７ａは、復水器１０２の水位を一定に保つように、補給水を供給する。図１では、ポンプ７ａにより補給される補給水流量ｕ１（「プロセスデータ」の一例）を示している。

[0035] 本実施形態で取り扱うプロセスデータは、プラント１に関する任意のデータであってよいが、例えば、プラント１の状態をセンサで測定したデータ（

「プロセスデータ」の一例）であってよく、より具体的には、プラント１の温度、圧力及び流量等の測定値を含んでよい。図１では、ポンプ７から節炭器１２に供給されるボイラ給水流量ｕ２（「プロセスデータ」の一例）を示している。さらに、図１では、過熱器１０からタービン１００に供給されるボイラ出口蒸気流量ｕ３（「プロセスデータ」の一例）を示し、蒸気ドラム８から過熱器１０に供給される飽和蒸気流量ｕ４（「プロセスデータ」の一例）を示している。なお、補給水流量ｕ１は、飽和蒸気流量ｕ４に追従するように制御されてよい。また、ボイラ出口蒸気流量ｕ３（又は過熱蒸気流量）と、蒸気ドラム８の液面レベルの双方を監視しながら、ボイラ給水流量ｕ２を調整するように制御されてよい。

[0036] プラント１を構成する管系統に破孔が生じた場合、補給水流量ｕ１が上昇したり、ボイラ給水流量ｕ２とボイラ出口蒸気流量ｕ３の流量差が増大したりする。ＤＣＳ（Distributed Control System、図２）２０は、補給水流量ｕ１、ボイラ給水流量ｕ２、ボイラ出口蒸気流量ｕ３及び飽和蒸気流量ｕ４等のプラント１のプロセスデータをプラント１から受信し、プラント１の稼働状況を監視し、プラント１に異常が生じていないか監視する。

[0037] なお、プロセスデータとして補給水流量ｕ１、ボイラ給水流量ｕ２、ボイラ出口蒸気流量ｕ３及び飽和蒸気流量ｕ４を例示したが、プラント１に関するプロセスデータは、他のデータであってもよい。プラント１に関するプロセスデータは、温度、圧力等の他のデータ、又は、複数のプロセスデータに基づいて算出されたデータであってもよい。

[0038] 図２は、本実施形態に係る評価システム３０の機能ブロックを示す図である。

ＤＣＳ２０は、プラント１を制御するための分散制御システムである。ＤＣＳ２０は、プラント１に設置されるセンサ等からプロセスデータを取得し、これに基づいてプラント１を制御するための制御信号をプラント１に供給する。

[0039] 評価システム３０は、プラント１の稼働状況を評価するための評価モデル

を管理及び生成するための評価モデル管理装置４０、ＤＣＳ２０からプロセスデータを取得し、選択された所定の評価モデルに基づいて、プラント１の稼働状況を監視するためのプラント１の監視装置５０及び評価モデル管理装置４０による評価モデルの管理及び生成のための画像並びにプラント１の監視装置５０により監視されるプラント１の稼働状況を表示するための表示装置６０を備える。評価システム３０を構成する各構成要素は、一体的に構成されなくてもよい。例えば、評価モデル管理装置４０の一部又は全部は、遠隔地に設けられ、他の構成要素とインターネット等の通信ネットワーク等を介して通信可能に接続されてもよい。

[0040] 評価モデル管理装置４０は、記憶部４２と、モデル選択部４４を備える。

記憶部４２は、プロセスデータ記憶部４２Ａ、クレンジングルール記憶部４２Ｂ及び学習済みモデル記憶部４２Ｃを備える。

プロセスデータ記憶部４２Ａは、ＤＣＳ２０から取得したプロセスデータを格納する。プロセスデータは、例えば、長期間にわたる、プラント１又は他のプラントのプロセスデータを含んでよい。プロセスデータは、評価モデルを生成するための学習データ（教師データ）を含んでいる。学習データは、例えば、プラント１等の制御対象物が高出力で稼働しているときのプロセスデータと、中出力で良好に稼働しているときのプロセスデータと、低出力で良好に稼働しているときのプロセスデータを含んでよい。学習データは、制御対象物が良好に、即ち、所定の出力を達成するように稼働しているときのプロセスデータと、制御対象物が異常を発生させたときのプロセスデータを含んでよい。また、プロセスデータは、プロセスデータが取得された時間情報と関連付けて格納されてよい。更にプロセスデータは、プロセスデータが取得されたときの出力及び良好で稼働していたという状態と関連付けて格納されてよい。なお、プロセスデータは、必ずしもＤＣＳ２０を経由して取得されなくてもよく、例えば、プラント１から直接取得されてもよい。

[0041] クレンジングルール記憶部４２Ｂは、プロセスデータから学習データを抽出するためのデータクレンジングを実行するためのルールを記憶する。例え

ば、プラント１の稼働状況が良好な場合の学習データを抽出したい場合、性能低下につながるデータを取り除くようなクレンジングを実行するためのルールを記憶する。

[0042] 学習済みモデル記憶部４２Ｃは、機械学習モデルにより、学習データに基づいて生成された複数の学習済みモデルを記憶する。機械学習モデルは、例えば、ガウス過程回帰モデルである。学習データは、例えば、２０２０年１月に、プラント１又は類似するプラントが高出力で良好に稼働していたときのプロセスデータ、プラント１が中出力で良好に稼働していたときのプロセスデータ、プラント１が低出力で良好に稼働していたときのプロセスデータという同期間における３種類のプロセスデータである。学習済みモデル記憶部４２Ｃは、このプロセスデータを学習データとして、所定の機械学習モデルに基づいて生成された学習済みモデルを評価モデルの一つとして記憶する。同様に、学習済みモデル記憶部４２Ｃは、複数の学習済みモデルを評価モデルとして記憶する。なお記憶部４２の物理的構成については後述する。

[0043] モデル選択部４４は、ＤＣＳ２０から取得されるプロセスデータを評価するために用いる評価モデルを選択する。

モデル選択部４４の学習期間登録部４４Ａは、学習データとして抽出されるプロセスデータの期間を登録し、記憶する。作業者は、表示装置６０の表示画面から、学習期間を登録することができる。例えば、プラントが高出力、中出力、低出力で良好に稼働していた各期間が予め把握されている場合、作業者は、それら期間を学習期間として登録することができる。モデル学習部４４Ｃは、学習期間登録部４４Ａに登録された期間に取得されたプロセスデータを学習データとして学習済みモデルを生成することが可能である。

[0044] クレンジング部４４Ｂは、プロセスデータのクレンジング処理を実行する。具体的には、学習期間登録部４４Ａにより抽出された所定期間のプロセスデータに対し、クレンジングルール記憶部４２Ｂに記憶されたクレンジングルールに基づいてクレンジング処理を実行し、所定の機械学習を施して評価モデルを生成するために適さないプロセスデータを取り除く。

[0045] モデル学習部４４Ｃは、学習データであるプロセスデータに基づいて、所定の機械学習モデルに従って機械学習を行い、評価モデルを生成し、学習済みモデル記憶部４２Ｃに記憶させる。具体的には、プロセスデータ記憶部４２Ａにから、学習期間登録部４４Ａに登録されている期間中に取得されたプロセスデータを取得し、クレンジング部４４Ｂによりクレンジング処理を施されたプロセスデータを学習データとして機械学習を行い、評価モデルを生成する。

[0046] モデル選択部４４Ｄは、作業者による評価モデルの選択を受け付け、モデル評価部４４Ｇによる評価に使用される評価モデルを選択する。モデル選択部４４Ｄは、例えば、２つ以上の評価モデルを同時に選択することが可能である。モデル選択部４４Ｄは、学習済みモデル記憶部４２Ｃに記憶されている複数の評価モデルを、表示装置６０の表示画面に選択可能に表示させる。作業者は、表示画面に表示される評価モデルから評価に使用する複数の評価モデルを選択することが可能になる。

[0047] 評価期間登録部４４Ｅは、評価データとして抽出されるプロセスデータの期間を登録し、記憶する。評価期間登録部４４Ｅは、表示装置６０の表示画面に、評価期間を設定可能に表示させる。作業者は、表示装置６０の表示画面から、評価期間を登録することができる。モデル評価部４４Ｇは、評価期間登録部４４Ｅに登録された期間に取得されたプロセスデータを評価データとして評価を行う。

[0048] 閾値登録部４４Ｆは、作業者による閾値（「評価基準」の一例）の設定を受け付け、モデル評価部４４Ｇによる評価における評価基準として登録し、記憶する。閾値登録部４４Ｆは、モデル評価部４４Ｇによる評価モデルごとに、設定された閾値を登録し、記憶することが可能である。閾値登録部４４Ｆは、モデル選択部４４Ｄによって選択された評価モデルごとに、表示装置６０の表示画面に閾値を設定可能に表示される。作業者は、表示装置６０の表示画面から、評価モデルごとに、閾値を登録することができる。

[0049] モデル評価部４４Ｇは、評価データを評価モデルに従って評価する。具体

的には、モデル選択部４４Ｄによって選択された複数の評価モデルに、評価期間登録部４４Ｅで登録された評価期間に取得されたプロセスデータを評価データとして入力し、評価結果を得る。閾値登録部４４Ｆで閾値が登録されている場合、モデル評価部４４Ｇは、評価結果を得るための評価基準として使用する。

[0050] 評価結果表示部４４Ｈは、選択された評価モデルによる評価データの評価結果を、評価モデルごとに表示装置６０の表示画面に表示させる。

[0051] 監視装置５０は、最終的に選択された評価モデルに従って、ＤＣＳ２０から取得するプロセスデータを評価することにより、プラント１を監視する。監視装置５０は、例えば、現在、ＤＣＳ２０から取得するプロセスデータを、最終的に選択された評価モデル及び設定された閾値に従って評価し、閾値を越えるプロセスデータが取得されたときに、警報等を表示装置６０の表示画面に表示させることが可能である。

[0052] 表示装置６０は、評価モデル管理装置４０及び監視装置５０から、上述した各種情報を表示するための制御信号（データを含む）を受信し、表示画面に表示する。図３は、表示装置６０の表示画面Ｄ１の一例である。

[0053] 同図に示されるように、表示装置６０の領域ＡＲ１（「第１表示領域」の一例）には、複数の評価モデルが表示される。作業者は、表示される評価モデルのうち、複数の評価モデルを選択することが可能である。

[0054] 同図の場合、領域ＡＲ１に、モデルＮｏ．１乃至モデルＮｏ．８までの９つの評価モデルが選択可能に表示される。作業者は、「評価モデル選択」の列に設けられたチェックボックスをチェックすることにより、評価モデルを選択することが可能である。同図では、モデルＮｏ．４及びモデルＮｏ．７の評価モデルが選択されている様子が示されている。なお、「学習日時」の列は、対応する評価モデルが生成された日時を示す。また、「本番稼働」の列は、対応する評価モデルが現在又は過去に、監視装置５０によるプラント１の監視に用いられたことがあるか否かを示している。同図では、モデルＮｏ．１の評価モデルが現在、監視装置５０によるプラント１の監視に用いら

れ、モデルＮｏ．３の評価モデルが過去に、監視装置５０によるプラント１の監視に用いられたことがあることを示している。従って、監視装置５０は、モデルＮｏ．１の評価モデルによって、ＤＣＳ２０から取得されるプロセスデータを評価データとして、プラント１を監視している。このように、制御対象物から取得されるプロセスデータを評価するために、過去に、使用された評価モデルであること、及び、現在に、使用されている評価モデルであることを示すことにより、作業者は、それら評価モデルを基準として、異なる評価モデルと比較することが可能になる。「閾値上」の列、及び、「閾値下」の列は、対応する評価モデルに対する評価基準として、上限の閾値（「評価基準」の一例）、及び、下限の閾値が設定されている場合、それを表示する。例えば、プロセスデータの値が基準値に対して閾値を越える値のとき、プラント１の稼働状況が良好でないと判断される場合がある。

[0055] 同時に、表示画面Ｄ１の領域ＡＲ８１及び領域ＡＲ８２には、領域ＡＲ１において選択されたＮｏ．７及びＮｏ．４の評価モデルを生成するために用いられた学習データの内容が示される。作業者は、学習データの内容を見ることにより、選択しようとする評価モデルが、評価データを評価するために適切な学習データに基づいて生成されたものであるか否かを判断することができる。すなわち、プラント１のように制御対象物が季節、天候その他の環境や経時変化により状態が時々刻々と変動する物である場合、評価しようとする評価データと類似する学習データに基づいて生成された評価モデルを選択することにより、評価精度を高めることが可能になる。例えば、冬に取得された学習データに基づいて生成された評価モデルを用いて夏に得られた評価データを評価することが適切でない場合がある。本実施形態に係る表示装置６０は、領域ＡＲ１において選択された評価モデルを生成した学習モデルの内容を表示するようにしたので、作業者は、適切な評価モデルを取得できる可能性を高めることが可能になる。

[0056] 更に、評価システム３０は、１つの評価モデルを生成するための学習データとして、離散した複数の期間に得られたプロセスデータを抽出することが

可能である。例えば、図では、学習期間１乃至学習期間３の３つの期間に得られたプロセスデータに基づいて、１つの評価モデルを生成している。すなわち、プラント１のように、制御対象物が、低出力、中出力、高出力という複数の状態を取り得る物である場合、それぞれの状態を含むように学習データを構成して評価モデルを生成することにより、汎用性の高い評価モデルを生成することが可能になる。作業者は、プロセスデータ記憶部４２Ａ又はその他の情報に基づいて、各状態において良好な稼働状況を示すプラント１のプロセスデータが含まれるように学習データが構成されていることを確認することが可能になる。なお、表示画面Ｄ１内の領域に、作業者が学習期間を直接入力することにより、生成しようとする評価モデルの学習期間を、表示画面Ｄ１から遷移することなく設定可能に表示装置６０を構成してもよい。

[0057] 同時に、表示画面Ｄ１の領域ＡＲ６（「第６表示領域」の一例）には、評価データの期間、即ち、プラント１の評価期間が表示される。作業者は、期間を入力することにより、評価モデルにより評価されるプロセスデータが取得された期間を設定することが可能になる。このような構成とすることにより、表示装置６０は、適切な評価モデルの取得を可能にする。作業者は、例えば、評価期間を異ならせながら、複数の評価モデルによる評価結果を確認することにより、選択された評価モデルが適切であるか否かを判断することが可能になる。例えば、プラント１に異常が発生した時期を含むように評価データの期間を設定したときの、評価モデルによる評価結果を確認し、その評価モデルが異常を検出できるか否かを確認することが可能になる。そして、異常を検出できた評価モデルに対し、今度は、プラント１が良好に稼働していた時期の評価データの期間を設定し評価モデルによる評価結果を確認することにより、その評価モデルが異常を検出しないか否かを確認することが可能になる。表示画面Ｄ１には、評価データの期間を設定するための領域ＡＲ６と、評価モデルによる評価結果を表示するための領域ＡＲ２及び領域ＡＲ３を設け、同時に表示できるように構成したから、作業者は、迅速に適切な評価モデルを取得することが可能になる。

[0058] 同時に、表示画面Ｄ１の領域ＡＲ４（「第４表示領域」の一例）及び領域ＡＲ５（「第５表示領域」の一例）には、領域ＡＲ１において選択された評価モデルによる評価基準の一例として閾値が表示される。作業者は、領域ＡＲ４に閾値の上限及び下限を入力することにより、モデルＮｏ．７の評価モデルによる評価における閾値を設定することが可能である。同様に、作業者は、領域ＡＲ５に閾値の上限及び下限を入力することにより、モデルＮｏ．４の評価モデルによる評価における閾値を設定することが可能である。作業者が入力部３０を用いて、新たな閾値を入力し「評価」ボタンを押下すると、領域ＡＲ２には、変更された新たな閾値に基づく評価結果が表示される。このため、プラント１に異常が発生した時期を含むように評価データの期間を設定したとき、異常が検出されるように閾値を設定し、プラント１が良好に稼働していた期間の評価データを設定したとき、異常が検出されないような閾値を設定することにより、適切な評価モデル及び適切な評価基準を取得することが可能になる。また、領域ＡＲ４及び領域ＡＲ５に同じ閾値を設定したときの各評価結果を比較することにより、選択された評価モデルの優劣を判断することも可能になる。なお、閾値は、絶対値、基準値に対する比率、偏差等の指標により設定可能に構成することができる。

[0059] 同時に、表示画面Ｄ１の領域ＡＲ２（「第２表示領域」の一例）には、選択された一方の評価モデルによる評価データの評価結果が表示され、領域ＡＲ３（「第３表示領域」の一例）には、選択された他方の評価モデルによる評価データの評価結果が表示される。領域ＡＲ２には、評価結果として、学習データに基づいて算出される推定期待値を実線で示すとともに、推定期待値を基準とする上限の閾値及び下限の閾値を破線で示している。また、複数の評価データの値を離散的に示している。なお、学習データの値を離散的に示してもよい。同図では、例えば、横軸をプラント１のボイラ負荷（「プロセスデータ」の一例）、縦軸を火炉上下温度差（「プロセスデータ」の一例）とする二次元空間において、良好な可動範囲と判断できる領域、すなわち、推定期待値を示す実線を含む上限の閾値から下限の閾値で囲まれる領域と

、同じ二次元空間内における評価データの位置を示すことにより、評価結果が表示されている。但し、評価結果を示す態様は、これに限られるものではない。例えば、最適の稼働領域に対する逸脱の程度をスコア化して、健全度という指標により評価結果を示してもよい。また、例えば、文字のみによって評価結果を示してもよい。但し、本実施形態に示されるように、二つのプロセスデータを学習データとして選択肢し、これを軸とする二次元空間における、良好な稼働状況の範囲と、評価データの位置とを識別できるように表示することにより、作業者は、容易に評価結果を把握することが可能になる。図においては、良好な可動範囲を超えている評価データが存在するため、Ｎｏ．７の評価モデルによれば、プラント１には異常が発生したと判断される。

[0060] 同図に示されるように、領域ＡＲ３には、同一の評価データに対するＮｏ．４の評価モデルによる評価結果が示される。領域ＡＲ２と領域ＡＲ３には、同一の評価データに対し、同一の指標による評価結果が示されるから、作業者は、評価モデルを容易に比較することが可能になる。なお、異なる評価モデルに対する学習データは、必ずしも別である必要はなく、その一部又は全てが同一であってもよい。例えば、パラメータの一部を異ならせることによって、異なる評価モデルを生成することが可能になる。従って、同一の学習データに基づいて異なる評価モデルを生成することが可能になる。

[0061] ここで作業者が領域ＡＲ６の期間を変更し、領域ＡＲ４の「評価」ボタンをマウス等の入力手段で押下すると、領域ＡＲ１には、変更された評価データに基づく評価結果が表示される。

また、作業者が領域ＡＲ４の閾値を変更し、領域ＡＲ４の「評価」ボタンをマウス等の入力手段で押下すると、領域ＡＲ１には、変更された閾値に基づく評価結果が表示される。

[0062] このように、一つの表示画面Ｄ１内において、複数の評価モデルを変更すること、評価データを変更すること、評価基準を変更すること、変更された内容で評価結果を表示することが可能になるため、作業者は、効率的に適切

な評価モデルを取得することが可能になる。

[0063] なお、学習データ及び評価データとして採用するプロセスデータは、様々なものが選択可能である。例えば、所定の異常を検出するための評価モデルを生成するために、その異常に相関性を有する２以上のプロセスデータを選択可能である。例えば、チューブリークのように、ボイラを構成する管（チューブ）の金属材料が損傷して破孔し、内部の蒸気が外部に漏洩する「噴破」と呼ばれるプラントの異常を検出する目的で、噴破を検出するためにボイラ管等に設けられた複数のＡＥ（Acoustic Emission）センサから得られるプロセスデータを含むように学習データ及び評価データとして用いてもよい。その他プロセスデータとして、配管系の温度を示す情報（センサから直接的又は間接的に取得される温度情報及び所定部位の温度差を示す情報を含む）、収熱量を示す情報、弁開度を示す情報、ガス媒体の温度を示す情報等を取得し、これに基づいて、それぞれ複数の評価モデルに従って、同時に評価を実行してもよい。その他、プラント１の各所に設けられ、温度、圧力、流量、バルブ開度、ダンパ開度、液面レベル、振動、音響その他のプラント１の状態量を検出するための各種センサから得られるプロセスデータに基づいて所定の異常の有無等を検出するための評価モデルを選択するために本発明を利用することが可能である。

[0064] また、評価結果は、様々な形態で表示することが可能である。例えば、プラントの稼働状況を、最適領域からの逸脱度に応じてスコア化し、健全度という指標で示してもよい。評価結果は、テキスト情報として表示されてもよい。

[0065] 更に、表示画面には、学習データに基づいて機械学習を行う際に設定可能なパラメータのパラメータ値（ハイパーパラメータを含む）を、作業者が設定可能に表示されてもよい。機械学習のパラメータは、機械学習モデルに応じて異なる。例えば、決定木等の階層数、ニューラルネットワークにおける中間層のユニット数、荷重減衰を示すパラメータ等を作業者が設定可能に表示されるように、表示装置６０を構成してもよい。例えば、表示画面Ｄ１の

領域ＡＲ７（「第７表示領域」の一例）に示される「新規モデル追加」を作業者が入力手段で押下すると、表示装置６０は、新たなパラメータ値を設定するための表示画面に遷移するように構成されている。作業者が新たなパラメータ値を入力すると、モデル学習部４４Ｃは、そのパラメータ値に従って機械学習を行い、新たな評価モデルを生成する。なお、作業者は、パラメータ値とともに、新たな学習データを設定することも可能である。例えば、作業者は、表示画面上で、学習データの期間を変更し、より短期間又は長期間における学習データを設定することが可能である。モデル学習部４４Ｃは、設定された新たな学習データに基づいて機械学習を行い、新たな評価モデルを生成する。

[0066] 表示装置６０は、表示画面Ｄ１の領域ＡＲ７において、画面遷移することなく、直接、作業者によるパラメータ値、又は、学習データの少なくとも一部の設定及び入力を許可するように構成してもよい。例えば、領域ＡＲ３において評価モデルの過学習が観察された場合、作業者は、領域ＡＲ７において過学習を緩和するようにパラメータ値を変更することが可能になる。更に作業者は、領域ＡＲ７において過学習を緩和するために、より長期間の学習データを設定することが可能になる。モデル学習部４４Ｃは、新たに設定されたパラメータ値又は学習期間に従って機械学習を行い、新たな評価モデルを生成する。更に表示装置６０は、新たな評価モデルによる評価結果を領域ＡＲ３に表示させることが可能である。このような構成とすることにより、作業者は、パラメータ値又は学習データの範囲を調整しながら、その評価結果を観察することができるから、適切な評価モデルを効率よく取得することが可能になる。

[0067] 更に、表示装置６０は、作業者によって選択された評価モデルを削除し、又は、複製することを許可するように構成してもよい。例えば、精度良く評価できない評価モデルについて、削除することを作業者に許可するように構成することにより、適切な評価モデルを効率よく取得することが可能になる。また、既存の評価モデルを複製し、複製された評価モデルの評価基準を変

更して評価することにより、適切な評価モデルを効率よく取得することが可能になる。

[0068] 図４は、評価システム３０を実現するための物理的構成を示すブロック図である。評価システム３０は、演算部に相当するＣＰＵ（Central Processing Unit）３０Ａと、記憶部に相当するＲＡＭ（Random Access Memory）３０Ｂと、記憶部に相当するＲＯＭ（Read only Memory）３０Ｃと、通信部３０Ｄと、入力部３０Ｅと、表示部３０Ｆと、を有する。これらの各構成は、バス又は通信ネットワークを介して相互にデータ送受信可能に接続される。なお、本例では評価システム３０が一台のコンピュータで構成される場合について説明するが、評価システム３０は、複数のコンピュータが組み合わされて実現されてもよい。例えば、表示部３０Ｆの他に、他の情報を表示するための異なる表示部を構成するディスプレイが設けられてもよい。また、図４で示す構成は一例であり、評価システム３０はこれら以外の構成を有してもよいし、これらの構成のうち一部を有さなくてもよい。また、構成の一部が遠隔地に設けられてもよい。例えば、記憶部３０Ｃの全部又は一部を遠隔地に設けられてもよい。この場合、ＣＰＵ３０Ａは、遠隔地に設けられた記憶部３０Ｃから通信ネットワークを介して情報を取得するように構成されてもよい。

[0069] ＣＰＵ３０Ａは、ＲＡＭ３０Ｂ又はＲＯＭ３０Ｃに記憶されたコンピュータ・プログラムを実行し、本実施に示される各演算処理を行うコンピュータ・プロセッサを備える演算部である。すなわち、ＣＰＵ３０Ａは、コンピュータ・プログラムに従って、モデル選択部４４の各ユニットが実行する各機能を実現し、作業者に適切な評価モデルを取得させる。また、ＣＰＵ３０Ａは、選択された評価モデルの下、監視装置５０がプロセスデータに基づいてプラント１を監視する監視機能を実現してもよい。更にＣＰＵ３０Ａは、ＤＣＳ２０が実行する各機能を実現してもよい。ＣＰＵ３０Ａは、入力部３０Ｅ及び通信部３０Ｄから種々のデータを受け取り、データの演算結果を表示部３０Ｆに表示させたり、ＲＡＭ３０Ｂ又はＲＯＭ３０Ｃに記憶させたりす

る。

[0070] ＲＡＭ３０Ｂは、データ等の情報を書き換え可能に記録する記憶素子であり、例えばＤＲＡＭ、ＳＲＡＭ、ＭＲＡＭ、ＮＯＲメモリ、ＮＡＮＤメモリ等の半導体記憶素子で構成されてよい。ＲＡＭ３０Ｂは、ＣＰＵ３０Ａが実行するコンピュータ・プログラム、プラント１のプロセスデータ、クレンジングルール、学習済みモデル等を記憶することにより、記憶部４２の各機能を実現することが可能である。ＤＲＡＭ又はＳＲＡＭ等の一次記憶素子は、評価モデルによる評価結果等を記憶するように構成してもよい。ＲＯＭ３０Ｃは、情報の読み出し可能な記憶素子であり、例えば、ライトプロテクトされたＮＯＲメモリ等の半導体記憶素子、ＨＤＤ等の磁気的記憶媒体、ＤＶＤ等の光学的記憶媒体から構成されてよい。ＲＯＭ３０Ｃは、ＣＰＵ３０Ａが実行するコンピュータ・プログラムその他の書き換えが行われないデータ等を記憶してよい。

[0071] 通信部３０Ｄは、評価システム３０をＤＣＳ２０その他の機器に接続するインターフェースである。通信部３０Ｄは、インターネット等の通信ネットワークに接続されてよい。

[0072] 入力部３０Ｅは、作業者からデータの入力を受け付けるものであり、例えば、キーボード、タッチパネル又はマイクから構成されてもよい。

[0073] 表示部３０Ｆは、ＣＰＵ３０Ａによる本実施形態に示される各種演算処理結果及び監視装置５０によるプラント１の監視状態等を視覚的に表示するものであり、例えば、ＬＣＤ（Liquid Crystal Display）等のディスプレイから構成されてよい。表示部３０Ｆは、表示装置６０により実行される各機能を実現する。

[0074] なお、本実施形態に示される各種処理を実行するためのコンピュータ・プログラムは、ＲＯＭ３０Ｃ等のコンピュータによって読み取り可能な記憶媒体に記憶されて提供されてもよいし、通信部３０Ｄにより接続される通信ネットワークを介して提供されてもよい。表示システム３０では、ＣＰＵ３０ａが監視プログラムを実行することにより、本実施形態に含まれる様々な動

作が実現される。なお、これらの物理的な構成は例示であって、必ずしも独立した構成でなくてもよい。例えば、ＣＰＵ３０Ａ及びＲＡＭ３０Ｂは、パッケージ化されたＬＳＩ（Large-Scale Integration）から構成されてもよい。

[0075] 以下、本実施形態に係る評価モデルの評価方法について説明する。図５は、例えば、既存の評価モデルと新たに生成した評価モデルを比較する評価方法の一例を示すフローチャートである。

まず、評価システム３０（コンピュータ・プログラムに従って動作するＣＰＵ３０Ａ）は、学習済みモデル記憶部４２Ｃに記憶された既存の学習済みモデルを読み出し、表示装置６０の領域ＡＲ１に、既存の学習済みモデルを表示させる。作業者は、入力部３０Ｅを用いて、領域ＡＲ１に表示される複数の学習済みモデルから、一、又は、複数の学習済みモデル（「評価モデル」と呼ばれる場合もある。）を選択する（ステップＳ４１）。領域ＡＲ８１又は領域ＡＲ８２には、選択された学習済みモデルを生成するために使用された学習データに関する情報が示されるので、作業者は、適切な学習済みモデルを選択することが可能になる。モデル選択部４４Ｄは、作業者の入力を受け付け、評価対象となる学習済みモデルを選択する。

[0076] 次いで作業者は、入力部３０Ｅを用いて期間情報を入力し、新たな学習済みモデルを生成するための学習データの期間（「学習期間」と呼ぶ場合がある。）を登録する。学習期間登録部４４Ａは、作業者の入力を受け付け、学習期間を登録するとともに、この学習期間に相当するプロセスデータをプロセスデータ記憶部４２Ａから取得する（ステップＳ４２）。なお、作業者による期間情報の入力は、領域ＡＲ８１又は領域ＡＲ８２への入力を作業者に許可することによって行ってもよい。なお、学習期間は、学習済みモデルごとに異なるものであっても、同一であっても、一部が重複するように設定されてもよい。

[0077] クレンジング部４４Ｂは、クレンジングルール記憶部４２Ｂに記憶されるクレンジングルールに従って、学習期間に相当するプロセスデータのクレン

ジングを行い、機械学習に適さないデータ及び機械学習に使用しないプロセスデータ（例えば、所定の異常を検出するための評価モデルの生成において、その異常に影響しない、又は、影響が小さいプロセスデータ）等を除去する（ステップＳ４３）。

[0078] モデル学習部４４Ｃは、クレンジング部４４Ｂによってデータクレンジングされた学習データに基づいて機械学習を行い、新たな学習済みモデルを生成する（ステップＳ４４）。このとき、作業者が機械学習モデルのパラメータ値（例えば、ニューラルネットワークのレイヤー数）を設定可能なように、評価システム３０を構成してもよい。モデル学習部４４Ｃによって生成された学習済みモデルは、学習済みモデル記憶部４２Ｃに記憶される。

[0079] 次いで作業者は、入力部３０Ｅを用いて、領域ＡＲ４及び領域ＡＲ５に閾値を入力する。閾値登録部４４Ｆは、作業者の入力を受け付け、各学習済みモデルに対して閾値を登録する（ステップＳ４５）。

[0080] 次いで作業者は、入力部３０Ｅを用いて、領域ＡＲ６にプラント１の評価期間を入力する。評価期間登録部４４Ｄは、作業者の入力を受け付け、評価期間を登録するとともに、プロセスデータ記憶部４２Ａから評価期間に取得されたプロセスデータを評価データとして取得する（ステップＳ４６）。作業者は、例えば、プラント１が異常を発生した時点を含むように評価期間を選択することにより、評価対象となる学習済みモデルが正しく異常を検出できるか否かを評価することが可能である。

[0081] モデル評価部４４Ｇは、既存の学習済みモデルに基づいて、評価データを評価する。評価結果表示部４４Ｈは、評価結果を含む領域ＡＲ２に含まれる情報を表示装置６０に提供する。同時に、モデル評価部４４Ｇは、ステップＳ４４において生成された新たな学習済みモデル及びステップＳ４５において設定された閾値に基づいて、評価データを評価する。評価結果表示部４４Ｈは、評価結果を含む領域ＡＲ３に含まれる情報を表示装置６０に提供する（ステップＳ４７）。表示装置６０は、評価システム３０から評価結果を受け取り、領域ＡＲ２及び領域ＡＲ３に、評価結果を表示する（ステップＳ４

８）。

[0082] 次いで作業者は、領域ＡＲ２及び領域ＡＲ３に表示される評価結果を見て、新規に生成された学習済みモデルが、プラント１の監視のために適切といえるか否かを判断する（ステップＳ４９）。作業者は、必要に応じて、評価期間又は閾値を変更して評価を再実行することにより、学習済みモデルが適切なものといえるか否かを判断してもよい。例えば、既存の学習済みモデルによる評価結果よりも、新規に生成された学習済みモデルによる評価結果の方が、より正確にプラント１の稼働状況を評価できている場合、新規に生成された学習済みモデルが適切なものであると判断することが可能である。

[0083] 適切と判断された場合、作業者は、入力部３０Ｅを用いて、新規に生成された学習済みモデルに対応する領域ＡＲ４又は領域ＡＲ５に表示される「本番モデル」に設定ボタンを押下する。評価システム３０は、学習済みモデル記憶部４２は、新規に生成された学習済みモデルを保存する（ステップＳ５０）。新規に生成された学習済みモデルは、次回以降、既存の学習済みモデルの一つとして、領域ＡＲ１に表示させることが可能になる。また、監視装置５０は、新規に生成された学習済みモデルを含む一、又は、複数の学習済みモデルに従って、ＤＣＳ２０から取得したプロセスデータに基づいたプラント１の監視を開始してもよい。

[0084] ステップＳ４９において、生成された学習済みモデルが不適切であると判断された場合、再度ステップＳ４２に戻る。なお、学習期間の再度の登録の他、機械学習モデルのパラメータを変更することにより新たな学習済みモデルを生成してもよい。

[0085] 以上のとおりであるから、本実施形態に示される表示装置、評価方法及び評価システムによれば、適切な評価モデルを効率よく取得することが可能になる。

特に、画面を遷移することなく、同一画面において、新規の評価モデルを容易に作成することが可能になるとともに、同一の評価データに対して、新規の評価モデルによる評価結果と既存の評価モデルによる評価結果を同じ画

面に表示することが可能になる。更に、パラメータを変更することにより、既存の評価モデル又は新規の評価モデルを調整し、更に異なる評価モデルを容易に生成するとともに、その評価結果を他の評価モデルによる評価結果と比較することが可能になる。このように、本実施形態に係る表示装置、評価方法及び評価システムによれば、評価モデルの作成、評価モデルの調整及び評価モデル同士の比較を容易になすことができるから、適切な評価モデルを効率よく取得することが可能になる。

[0086] なお、本発明は、噴破と呼ばれるプラントの異常を検出するための評価モデルを選択する以外の用途でも利用可能である。例えば、発電効率の低下、配管の詰まり、火炉等のプラントの各要素の温度異常、ガス等の流体の粘性の変化等を検出するため、又は、検出可能性を判断するための評価モデルを選択するために本発明を適用することが可能である。また、異常の検出のみならず、各プラント等の施設で実行されるプロセスをプロセスデータに基づいて改善するための評価モデルを選択し、生成するために本発明を適用することが可能である。

[0087] 更に、本発明は、火力発電所以外の施設において実行されるプロセスに対して適用することが可能である。例えば、化学プラント、石油精製所、製油工場、鉄鋼工場等の各施設又はそれらの一部において実行されるプロセスに関する異常等（例えば、管の腐植等に起因するガス漏れの兆候）を、プロセスデータに基づいて評価するための評価モデルの選択及び生成にあたり本発明を適用することが可能である。例えば、主配管に枝配管が溶接された配管系に複数の温度センサ及びＡＥセンサ等の複数種類のセンサを配置し、これらセンサを用いて所定のサンプリング周波数で取得される温度情報等のプロセスデータに基づいて、流体の漏洩可能性を評価するための評価モデルを選択し、生成するために、本発明を適用することが可能である。

[0088] また、本発明は、その要旨を逸脱しない限り、さまざまな変形が可能である。例えば、当業者の通常の創作能力の範囲内で、ある実施形態における一部の構成要素又は機能を、他の構成要素又は機能と置換することができる。

例えば、本実施形態においてモデル学習部４４Ｃは、機械学習により新規の学習済みモデルを生成したが、これに限られるものではなく、例えば、回帰式に基づいて学習済みモデルを生成するように構成してもよい。また、フローチャートに示される各ステップを必ずしも実行する必要があるわけではない。

符号の説明

[0089] １　プラント

２　火炉

３　サイクロン

４　循環材回収管

５　後部煙道

６　炉壁管

７　ポンプ

８　蒸気ドラム

１０　過熱器

１２　節炭器

３０　評価システム

４０　評価モデル管理装置

４２　記憶部

５０　監視装置

６０　表示装置

１００　タービン

１０２　復水器

請求の範囲

[請求項1] 表示画面を備えた表示装置であって、

前記表示画面の第１表示領域に、複数の評価モデルを選択可能に表示可能に構成し、

前記表示画面の第２表示領域に、選択された第１の前記評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成し、かつ、

前記表示画面の第３表示領域に、選択された第２の前記評価モデルによる、前記評価データの評価結果を表示可能に構成される、

表示装置。

[請求項2] 更に、前記表示画面の第４表示領域に、第１の前記評価モデルによる評価の第１評価基準を設定可能に表示可能に構成し、

前記表示画面の第５表示領域に、第２の前記評価モデルによる評価の第２評価基準を設定可能に表示可能に構成し、

前記第２表示領域は、設定された前記第１評価基準に基づいて、選択された第１の前記評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成し、かつ、

前記第３表示領域は、設定された前記第２評価基準に基づいて、選択された第２の前記評価モデルによる、評価データの評価結果を表示可能に構成される、

請求項１に記載の表示装置。

[請求項3] 更に、前記表示画面の第６表示領域に、前記評価データの期間を設定可能に表示可能に構成し、

前記第２表示領域は、第１の前記評価モデルによる、設定された前記期間の評価データの評価結果を表示可能に構成し、かつ、

前記第３表示領域は、第２の前記評価モデルによる、設定された前記期間の評価データの評価結果を表示可能に構成される、

請求項１又は２に記載の表示装置。

[請求項4] 第１の前記評価モデルは、所定のパラメータを有する機械学習モデ

ルにより、学習データ範囲に基づいて生成されたものであり、

前記表示装置は、

更に、前記表示画面の第７表示領域に、前記パラメータの値及び前記学習データ範囲を設定可能に表示可能に構成され、

前記第２表示領域は、設定された前記パラメータの値を有する前記機械学習モデルにより生成された評価モデルによる、前記評価データの評価結果を表示可能に構成される、

請求項１乃至３の何れか一項に記載の表示装置。

[請求項5] 前記第１表示領域は、設定された前記パラメータ値を有する前記機械学習モデルを、前記複数の評価モデルと共に前記第１表示領域に選択可能に表示可能に構成される、

請求項４に記載の表示装置。

[請求項6] 前記第１表示領域には、制御対象物から取得されるプロセスデータを評価するために、過去に、使用された前記評価モデルであることを示す情報と、前記制御対象物から取得されるプロセスデータを評価するために、現在、使用されている前記評価モデルであることを示す情報を、表示可能に構成される、

請求項１乃至５のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項7] 前記第１表示領域には、前記複数の評価モデルのうち選択される評価モデルを複製又は削除可能に表示するように構成される、

請求項１乃至６のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項8] 表示画面の第１表示領域に、複数の評価モデルを選択可能に表示するステップと、

前記表示画面の第２表示領域に、選択された第１の前記評価モデルによる、評価データの評価結果を表示するステップと、

前記表示画面の第３表示領域に、選択された第２の前記評価モデルによる、前記評価データの評価結果を表示するステップと、

を含む評価方法。

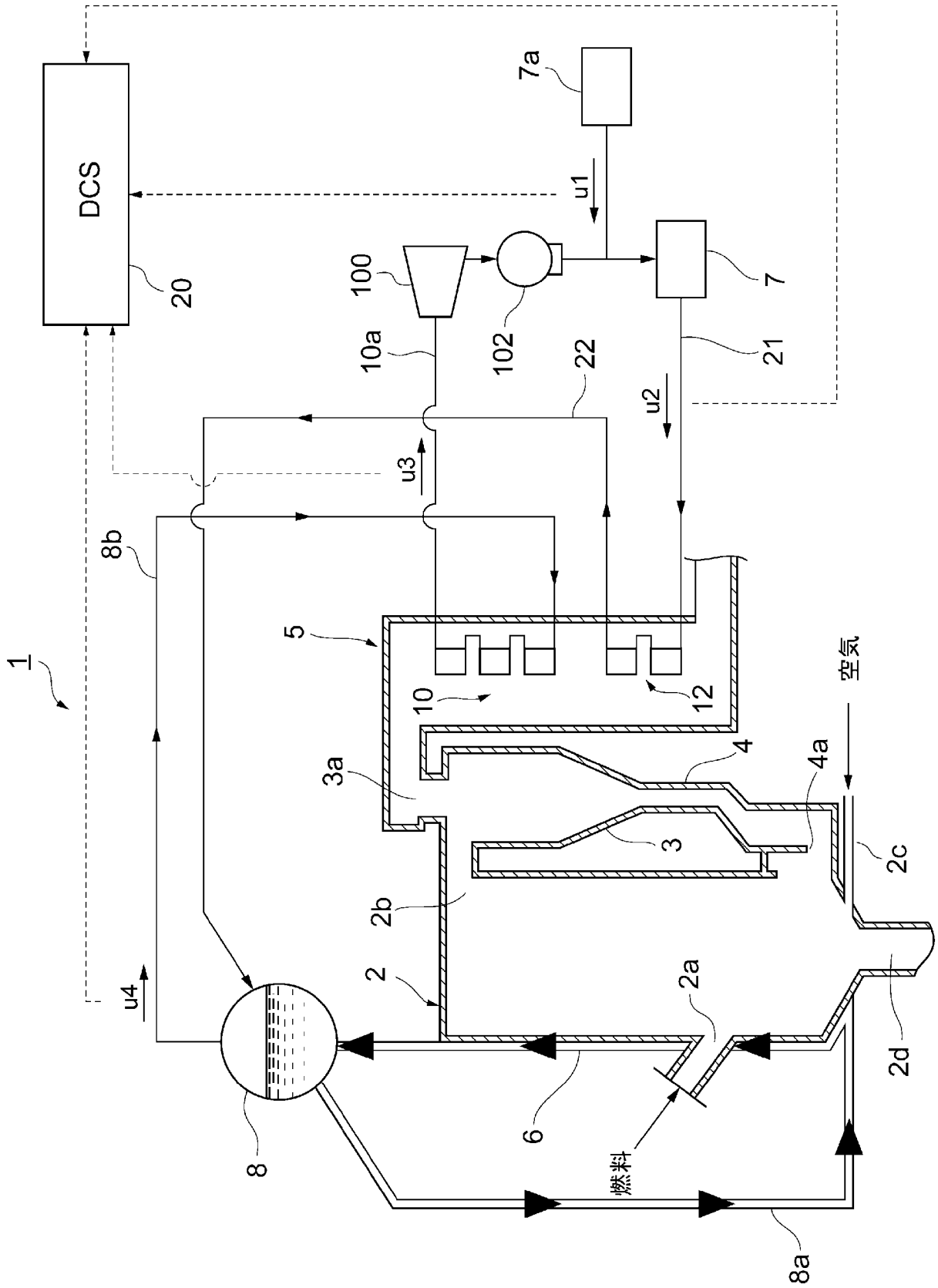
[請求項9] 複数の評価モデルを選択するための手段と、

選択された第１の前記評価モデルによる、評価データの評価結果を取得する手段と、

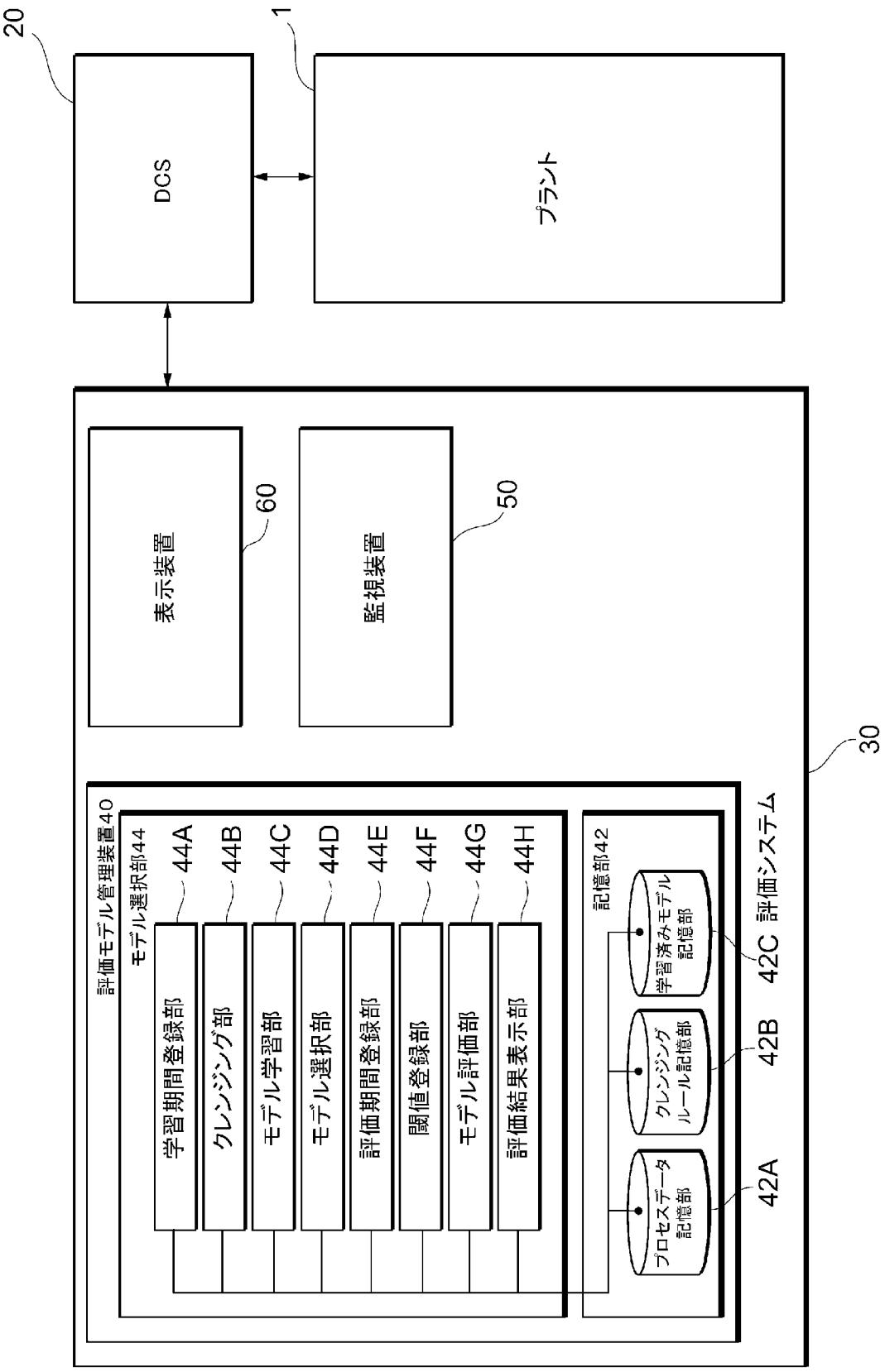
選択された第２の前記評価モデルによる、前記評価データの評価結果を取得する手段と、

を備える評価システム。

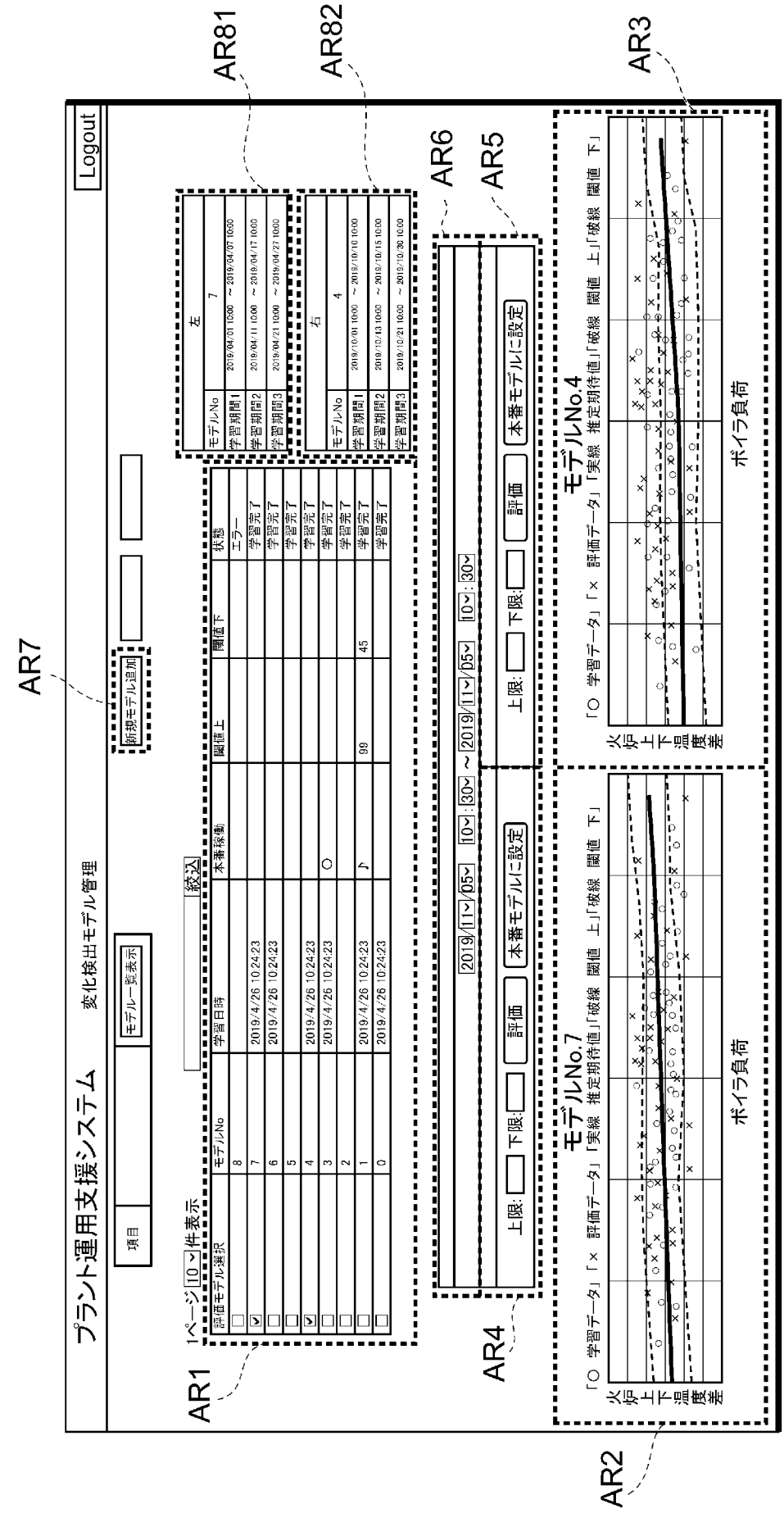
[図1]


DCS
20
7a
u1
100
102
7
10a
22
21
u2
u3
8b
1
5
10
12
空気
4
4a
3a
3
2c
2b
2
2a
2d
u4
6
燃料
8
8a

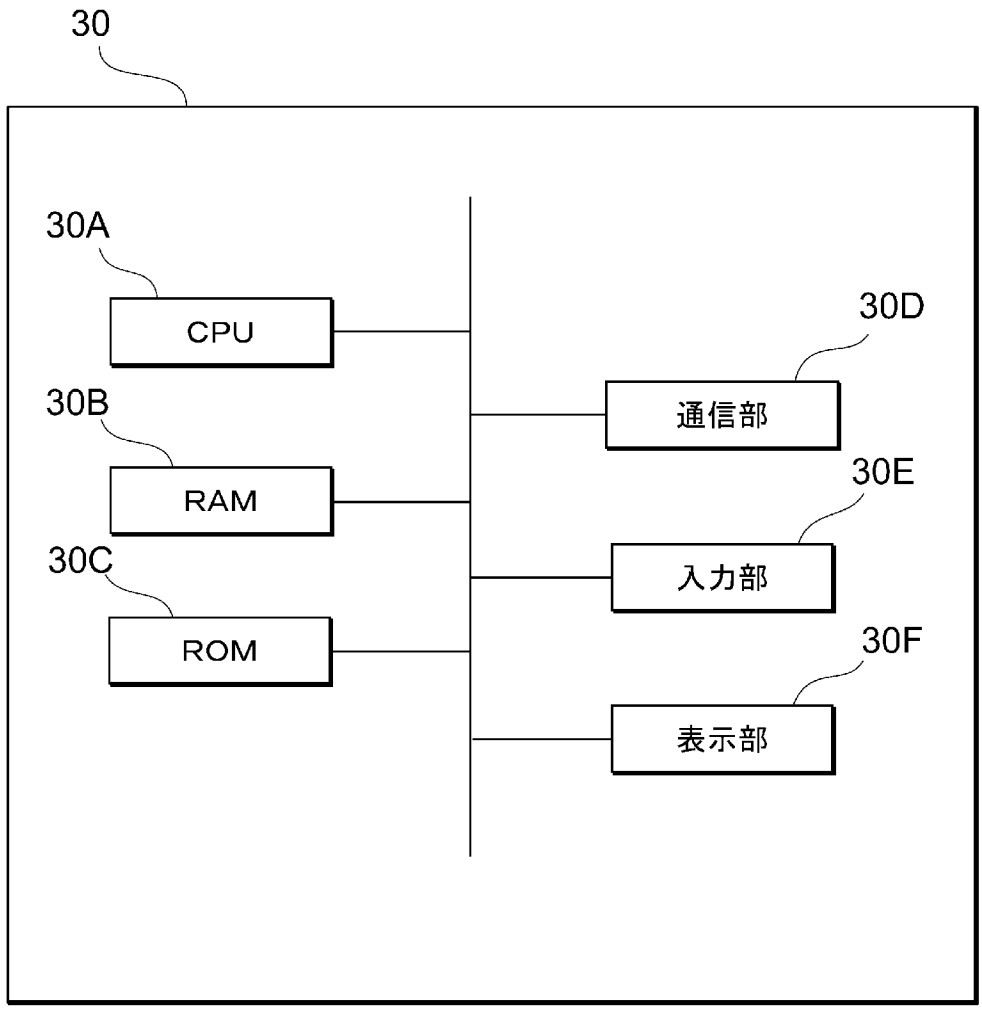
[図2]


20
DCS
1
プラント
表示装置
60
監視装置
50
30
評価モデル管理装置40
モデル選択部44
学習期間登録部
44A
クレンジング部
44B
モデル学習部
44C
モデル選択部
44D
評価期間登録部
44E
閾値登録部
44F
モデル評価部
44G
評価結果表示部
44H
記憶部42
プロセスデータ記憶部
42A
クレンジングルール記憶部
42B
学習済みモデル記憶部
42C
評価システム

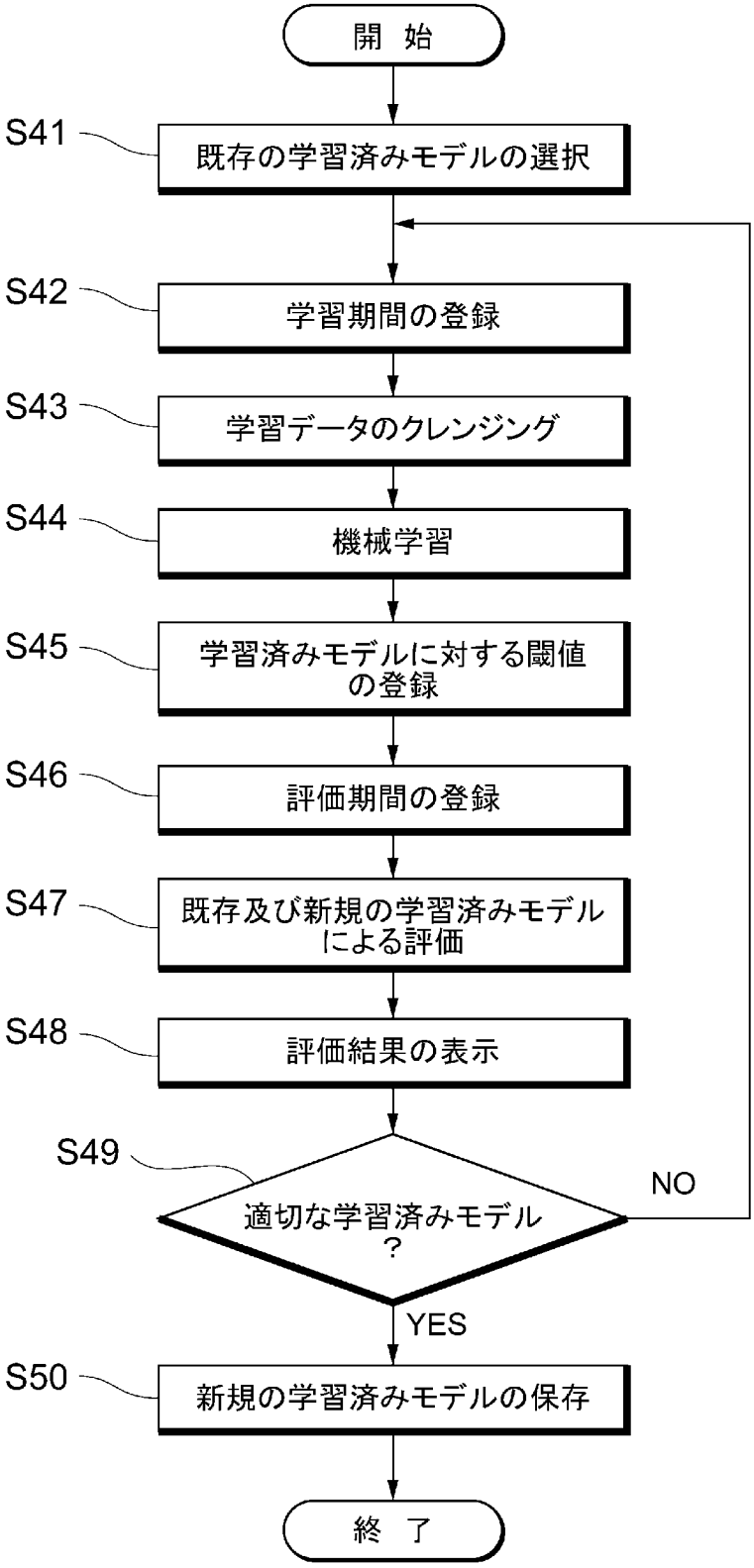
[図3]


AR7
プラント運用支援システム
変化検出モデル管理
Logout
項目
モデル一覧表示
新規モデル追加
AR81
AR82
AR6
AR5
AR3
AR1
AR4
AR2
絞込
1ページ 10 件表示
評価モデル選択
モデルNo
学習日時
本番稼働
閾値上
閾値下
状態
左
モデルNo
学習期間1
学習期間2
学習期間3
右
上限:
下限:
評価
本番モデルに設定
2019/11/05 10:30 ～ 2019/11/05 10:30
モデルNo.7
モデルNo.4
「○ 学習データ」「× 評価データ」「実線 推定期待値」「破線 閾値 上」「破線 閾値 下」
火炉上下温度差
ボイラ負荷

[図4]



[図5]


開 始
S41
既存の学習済みモデルの選択
S42
学習期間の登録
S43
学習データのクレンジング
S44
機械学習
S45
学習済みモデルに対する閾値の登録
S46
評価期間の登録
S47
既存及び新規の学習済みモデルによる評価
S48
評価結果の表示
S49
適切な学習済みモデル？
NO
YES
S50
新規の学習済みモデルの保存
終 了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/020264

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05B 23/02(2006.01)i
FI: G05B23/02 301Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G05B23/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-138044 A (TOSHIBA CORP.) 19 July 2012 (2012-07-19) paragraphs [0021]-[0035], [0074], fig. 1-2	1-9
Y	JP 2013-246508 A (OWAKI, Katsuya) 09 December 2013 (2013-12-09) paragraphs [0024]-[0025], [0029], fig. 4	1-9
A	WO 2017/168458 A1 (NEC CORP.) 05 October 2017 (2017-10-05) entire text, all drawings	1-9
A	JP 2018-124851 A (AZBIL CORPORATION) 09 August 2018 (2018-08-09) entire text, all drawings	1-9
A	JP 2015-203936 A (HITACHI, LTD.) 16 November 2015 (2015-11-16) entire text, all drawings	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 July 2021 (12.07.2021)	27 July 2021 (27.07.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/020264

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2019/0385070 A1 (JOHNSON CONTROLS TECHNOLOGY COMPANY) 19 December 2019 (2019-12-19) entire text, all drawings	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/020264

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-138044 A	19 Jul. 2012	CN 103562810 A	
JP 2013-246508 A	09 Dec. 2013	(Family: none)	
WO 2017/168458 A1	05 Oct. 2017	(Family: none)	
JP 2018-124851 A	09 Aug. 2018	(Family: none)	
JP 2015-203936 A	16 Nov. 2015	(Family: none)	
US 2019/0385070 A1	19 Dec. 2019	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/020264

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G05B 23/02(2006.01)i
FI: G05B23/02 301Z

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G05B23/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2012-138044 A (株式会社東芝) 19.07.2012 (2012-07-19) 段落[0021]-[0035],[0074],図1-2	1-9
Y	JP 2013-246508 A (大脇　克也) 09.12.2013 (2013-12-09) 段落[0024]-[0025],[0029],図4	1-9
A	WO 2017/168458 A1 (日本電気株式会社) 05.10.2017 (2017-10-05) 全文,全図	1-9
A	JP 2018-124851 A (アズビル株式会社) 09.08.2018 (2018-08-09) 全文,全図	1-9
A	JP 2015-203936 A (株式会社日立製作所) 16.11.2015 (2015-11-16) 全文,全図	1-9
A	US 2019/0385070 A1 (JOHNSON CONTROLS TECHNOLOGY COMPANY) 19.12.2019 (2019-12-19) 全文,全図	1-9

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
12.07.2021	27.07.2021

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

大古　健一 3U 1180

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/020264

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2012-138044 A	19.07.2012	CN 103562810 A	
JP 2013-246508 A	09.12.2013	（ファミリーなし）	
WO 2017/168458 A1	05.10.2017	（ファミリーなし）	
JP 2018-124851 A	09.08.2018	（ファミリーなし）	
JP 2015-203936 A	16.11.2015	（ファミリーなし）	
US 2019/0385070 A1	19.12.2019	（ファミリーなし）	