

明 細 書

発明の名称：

表示装置、表示方法、制御装置、制御方法及びコンピュータプログラム
技術分野

[0001] 本発明は、表示装置、表示方法、制御装置、制御方法及びコンピュータプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来より、プラントの運転状態を監視する技術が種々提案されている。例えば、プラント内の監視対象ポイントから時系列的に取得されたプロセス値と、対応する制限値と、を比較することにより、そのプロセス値が制限値を超えた時点を判定し、当該時点に基づいて設定された時間範囲内のプロセス値及び対応する制限値を時系列的に表示装置に表示させるプラント監視装置が提案されている（特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2016-115195 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 に記載された技術においては、プロセス値を時系列的なグラフとして表示することができるが、そのような単一種類のグラフだけではプラントの運転状態が正常であるのか異常であるのか判定が困難となる場合があった。

[0005] 本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、複数のグラフを用いてプラントの運転状態を表示することができ、様々な視点からの運転状態の分析に寄与することができる表示装置、表示方法、制御装置、制御方法及びコンピュータプログラ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

- [0006] 本発明の第一の態様は、プラントの運転状態を表示する表示装置であって、プラントの運転状態を表す複数種類のグラフを第1領域に選択肢として表示するとともに、グラフを用いてプラントの運転状態を第2領域に表示するものである。本表示装置においては、第1領域に表示された複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択された場合に、特定のグラフを用いてプラントの運転状態を第2領域に表示することができる。
- [0007] 本発明の第二の態様は、プラントの運転状態を表示する表示方法であって、プラントの運転状態を表す複数種類のグラフを所定画面の第1領域に選択肢として表示する選択肢表示工程と、選択肢表示工程で表示した複数種類のグラフのうち何れかのグラフを用いてプラントの運転状態を第2領域に表示する運転状態表示工程と、を含むものである。本表示方法の運転状態表示工程においては、選択肢表示工程で表示した複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択された場合に、特定のグラフを用いてプラントの運転状態を第2領域に表示することができる。
- [0008] 本発明の第三の態様は、プラントの運転状態を表示する表示装置を制御する制御装置であって、プラントのプロセスデータを取得する取得部と、取得部で取得したプロセスデータに基づいてプラントの運転状態を表す複数種類のグラフを生成する生成部と、複数種類のグラフを表示装置の第1領域に選択肢として表示させるとともに、グラフを用いてプラントの運転状態を表示装置の第2領域に表示させる表示制御部と、を備えるものである。本制御装置は、グラフの選択を受け付ける受付部を更に備えることができ、表示制御部は、第1領域に表示された複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択されたことを受付部で受け付けた場合に、特定のグラフを用いてプラントの運転状態を第2領域に表示させることができる。
- [0009] 本発明の第四の態様は、プラントの運転状態を表示する表示装置を制御する制御方法であって、プラントのプロセスデータを取得する取得工程と、取得工程で取得したプロセスデータに基づいてプラントの運転状態を表す複数

種類のグラフを生成する生成工程と、複数種類のグラフを表示装置の第1領域に選択肢として表示させるとともに、グラフを用いてプラントの運転状態を表示装置の第2領域に表示させる表示制御工程と、を含むものである。本制御方法は、グラフの選択を受け付ける受付工程を更に含むことができ、表示制御工程では、第1領域に表示された複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択されたことを受付工程で受け付けた場合に、特定のグラフを用いてプラントの運転状態を第2領域に表示させることができる。

[0010] 本発明の第五の態様は、プラントの運転状態を表示する表示装置を制御する制御方法をコンピュータに実行させるコンピュータプログラムであって、制御方法は、プラントのプロセスデータを取得する取得工程と、取得工程で取得したプロセスデータに基づいてプラントの運転状態を表す複数種類のグラフを生成する生成工程と、複数種類のグラフを表示装置の第1領域に選択肢として表示させるとともに、グラフを用いてプラントの運転状態を表示装置の第2領域に表示させる表示制御工程と、を含むものである。本コンピュータプログラムによって実行される制御方法は、グラフの選択を受け付ける受付工程を更に含むことができ、表示制御工程では、第1領域に表示された複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択されたことを受付工程で受け付けた場合に、特定のグラフを用いてプラントの運転状態を第2領域に表示させることができる。

[0011] かかる構成及び方法を採用すると、プラントの運転状態を表す複数種類のグラフを、表示装置の第1領域に選択肢として表示することができる。従って、操作者は、表示装置の第1領域に表示された複数種類のグラフのうち何れかのグラフを選択することができ、その選択したグラフを用いてプラントの運転状態を表示装置の第2領域に表示することができる。従って、複数のグラフを用いてプラントの運転状態を表示することができるため、様々な視点からの運転状態の分析に寄与することができる。

[0012] 本発明の各態様における複数種類のグラフとしては、プラントの運転状態を示すプロセスデータの履歴を表すものを採用することができる。また、複

数種類のグラフとしては、共通するプロセスデータを異なる態様で表すもの（例えば、プロセスデータの履歴を時系列的に示すグラフと、プロセスデータの履歴を非時系列的に示すグラフと、の双方を含むもの）を採用することができる。

[0013] このようにすると、時系列のグラフだけでは発見できないプラントの運転状態（例えば、異常状態へと徐々に移行する可能性が高い運転状態）を、非時系列的なグラフによって特定することができ、プラントの異常要因を早期に把握して事前処置を講じることが可能となり、プラントの安定運転の継続に寄与することができる。

[0014] 本発明の第三の態様における表示制御部は、生成部で生成したグラフを記憶部に記憶させることができ、本発明の第四及び第五の態様における表示制御工程では、生成部で生成したグラフを記憶部に記憶させることができる。

[0015] かかる構成及び方法を採用すると、過去に生成され使用されたグラフを記憶しておくことができる。従って、例えば、運転員と、その運転員が使用したグラフと、を関連付けて記憶しておくことにより、過去に習熟度が高い運転員が使用したグラフを参照することができる。

[0016] 本発明の第三の態様における表示制御部は、記憶部に記憶されたグラフを読み込んで表示装置の第2領域に表示させることができ、本発明の第四及び第五の態様における表示制御工程では、記憶部に記憶されたグラフを読み込んで表示装置の第2領域に表示させることができる。

[0017] かかる構成及び方法を採用すると、例えば習熟度が高い特定の運転員が過去に使用したグラフ（各種項目が設定されたグラフ）を読み込み、そのグラフを、表示装置の第2領域に表示することができる。これにより、比較的習熟度の低い運転員であっても、習熟度が高い運転員が過去にどのようなグラフをどのようにアレンジ（項目設定）した上で使用していたかを知ることができる。従って、監視ポイントの学習が可能となり、運転習熟度を容易に向上させることができる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、複数のグラフを用いてプラントの運転状態を表示することができ、様々な視点からの運転状態の分析に寄与することができる表示装置、表示方法、制御装置、制御方法及びコンピュータプログラムを提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の実施形態において監視対象となるプラントの全体構成を示す概略図である。

[図2]本発明の実施形態における運転支援システムの機能的構成を示す図である。

[図3]本発明の実施形態に係る表示装置に表示されるグラフ選択設定画面の一例を示す図である。

[図4]本発明の実施形態に係る表示装置に表示される時系列グラフ画面の一例を示す図である。

[図5]本発明の実施形態に係る表示装置に表示される非時系列グラフ画面の一例を示す図である。

[図6]本発明の実施形態における運転支援システムの物理的構成を示す図である。

[図7]本発明の実施形態に係る制御方法の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0020] 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監視対象は、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。以下の実施形態に記載する発電プラントにおけるプロセスデータの例示の他、廃棄物等の焼却プラントにおけるプロセスデータは、例えば、焼却炉への投入空気量及び投入空気温度、炉出口のガス温度及び組成因子、センサ等により計測される各部位の温度、圧力、流量、燃焼状態等の計測データ、等

を含む。化学プラントにおけるプロセスデータは、例えば、プロセス間または2つ以上の熱電対間の温度差、動作圧力、生成物流パラメータ（速度、密度など）、冷却水の流量、出力測定値、バルブセンサデータ、等を含む。排水処理プラントにおけるプロセスデータは、例えば、各センサ及び各電力量計から出力される、タンクの原水流出入量、水位、処理水質、各種ポンプ等の機器運転の操作量、等を含む。

[0021] 図1は、本発明の実施形態における監視対象の一例であるプラント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。

[0022] 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。

[0023] 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。

[0024] 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。

[0025] 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ものや排燃夾雑物が含まれることがあり、このような循環材に適さないベッド材等によって流動不良が発生することがある。このような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。

[0026] 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、プラント1には、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が設けられている。蒸気ドラム8は、火炉2の炉壁管6にも接続されている。

[0027] 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 2 2 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 2 1 を経由して節炭器 1 2 に供給され、節炭器 1 2 によって予熱されたボイラ給水は、管 2 2 を経由して蒸気ドラム 8 に供給される。

[0028] 蒸気ドラム 8 には、降水管 8 a 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 8 a 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。

[0029] 蒸気ドラム 8 には、内部の蒸気を排出する飽和蒸気管 8 b が接続されている。飽和蒸気管 8 b は、蒸気ドラム 8 と過熱器 1 0 とを接続している。蒸気ドラム 8 内の蒸気は、飽和蒸気管 8 b を経由して過熱器 1 0 に供給される。過熱器 1 0 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 1 0 a を通り、プラント 1 外のタービン 1 0 0 に供給されて発電に利用される。

[0030] タービン 1 0 0 から排出された蒸気の圧力と温度は、過熱器 1 0 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 1 0 0 へ供給される蒸気の圧力は、約 1 0 ～ 1 7 M P a 程度であり、温度は約 5 3 0 ～ 5 7 0 ° C 程度となる。

[0031] タービン 1 0 0 の下流には復水器 1 0 2 が設けられている。タービン 1 0 0 から排出された蒸気は復水器 1 0 2 に供給され、復水器 1 0 2 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 1 0 0 には、タービン 1 0 0 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。

[0032] ポンプ 7 a は、復水器 1 0 2 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 7 a により補給される補給水流量 u_1 (「プロセスデータ」の一例) を示している。

[0033] 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 の運転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 1 2 に供給されるボイラ給水流量 u_2 （「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 1 0 からタービン 1 0 0 に供給されるボイラ出口蒸気流量 u_3 （「プロセスデータ」の一例）を示し、蒸気ドラム 8 から過熱器 1 0 に供給される飽和蒸気流量 u_4 （「プロセスデータ」の一例）を示している。なお、補給水流量 u_1 は、飽和蒸気流量 u_4 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 u_3 （または過熱蒸気流量）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 u_2 を調整するように制御されてよい。

[0034] 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 u_1 が上昇したり、ボイラ給水流量 u_2 とボイラ出口蒸気流量 u_3 の流量差が増大したりする。後述する DCS（Distributed Control System、図 2 参照）2 0 は、補給水流量 u_1 、ボイラ給水流量 u_2 、ボイラ出口蒸気流量 u_3 及び飽和蒸気流量 u_4 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。

[0035] なお、プロセスデータとして補給水流量 u_1 、ボイラ給水流量 u_2 、ボイラ出口蒸気流量 u_3 及び飽和蒸気流量 u_4 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、または、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し、センサ等から取得された計算処理されていないデータであってもよい。

[0036] 図 2 は、本実施形態に係るプラント 1、DCS 2 0 及び運転支援システム 3 0 の機能ブロック図である。

[0037] DCS 2 0 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。DCS 2 0 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。

- [0038] 運転支援システム30は、DCS20からプロセスデータを取得するエッジ／クラウドコンピューティング部32と、エッジ／クラウドコンピューティング部32からプロセスデータを取得し、プロセスデータに基づいてプラント1を監視する監視装置40と、運転員のためにプラント1の稼働状況を表示する表示装置50と、を備える。監視装置40（「制御装置」の一例）は、表示装置50を制御する制御装置としても機能する。具体的には、監視装置40は、プラント1のプロセスデータを取得し、これに基づいてプラント1の運転状態を表す複数種類のグラフを生成し、生成した複数種類のグラフを表示装置50の第1領域に選択肢として表示させるとともに、当該グラフを用いてプラント1の運転状態を表示装置50の第2領域に表示させる。これにより、様々な視点からの運転状態の分析を可能にするものである。
- [0039] エッジ／クラウドコンピューティング部32は、ネットワーク網の周縁部に分散配置された複数のエッジサーバと、複数のエッジサーバからプロセスデータを収集し監視装置40に提供するクラウドデータサーバと、を備える。エッジ／クラウドコンピューティング部32を備えることにより、大規模な監視装置や、複数に分散される監視装置から、好適にプロセスデータを収集することが可能である。ただし、運転支援システム30は、必ずしもエッジ／クラウドコンピューティング部32を備えなくてもよい。その場合、運転支援システム30は、ネットワークを介して、DCS20からプロセスデータを取得する。
- [0040] 監視装置40は、制御部42と、記憶部44と、を備える。制御部42は、エッジ／クラウドコンピューティング部32からプロセスデータを取得するプロセスデータ取得部42Aと、グラフの選択を受け付けるグラフ選択受付部42Bと、プロセスデータ取得部42Aによって取得されたプロセスデータに基づいてプラント1の運転状態を表す複数種類のグラフを生成するグラフ生成部42Cと、グラフ生成部42Cで生成した複数種類のグラフを表示装置50の選択領域（「第1領域」の一例）A1に選択肢として表示させ

るとともに、選択領域 A 1 に表示された複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択されたことをグラフ選択受付部 4 2 B で受け付けた場合に、特定のグラフを用いてプラント 1 の運転状態を表示装置 5 0 の表示領域（「第 2 領域」の一例） B 1、C 1 等に表示させる表示制御部 4 2 D と、を備える。

- [0041] 監視装置の記憶部 4 4 は、グラフ設定 D B 4 4 A 及びグラフ履歴 D B 4 4 B を備える。まず、記憶部 4 4 の各データベースについて説明する。
- [0042] グラフ設定 D B 4 4 A は、過去に取得したプロセスデータを格納する。特に、グラフ設定部 D B 4 4 A は、監視対象となる期間（対象期間）が運転員によって指定されたときに、その対象期間に取得したプロセスデータを出力できるように、プロセスデータとその取得時とを関連付けて格納しておく。
- [0043] また、グラフ設定 D B 4 4 A は、取得したプロセスデータを複数種類のグラフ（例えば、トレンド図、ボックスプロット図、散布図、累計度数分布図等のグラフ）で表すための各グラフのテンプレート情報を格納する。例えば、プロセスデータ取得部 4 2 A を介して一群のプロセスデータが入力され、グラフ選択受付部 4 2 B を介して特定のグラフが選択されると、その入力されたプロセスデータを特定のグラフで表示するためのテンプレート情報がグラフ設定 D B 4 4 から読み込まれて、グラフ生成部 4 2 C におけるグラフ生成に使用される。グラフ設定 D B 4 4 A に格納される情報は、適宜更新可能である。
- [0044] また、グラフ設定 D B 4 4 は、各グラフの詳細を設定するための情報を格納する。例えば、図 5 に示す散布図のグラフを生成する際に、縦軸（Y 軸）のパラメータを「空気流量」、「ダンパ開度」、「空気圧力」の中から選択して設定できるように、パラメータ毎にプロセスデータを分類して格納しておく。
- [0045] グラフ履歴 D B 4 4 B は、過去に使用されたグラフの履歴情報を格納する。特に、グラフ履歴 D B 4 4 B は、運転員と、その運転員が使用したグラフと、を関連付けて格納しておくことにより、過去に習熟度が高い運転員が使用したグラフを参照することができるようになっている。

- [0046] 次いで、監視装置40の制御部42の各機能ブロックについて説明する。
- [0047] プロセスデータ取得部42Aは、エッジ／クラウドコンピューティング部32からプロセスデータを取得する。グラフ選択受付部42Bは、図示されていないユーザインターフェース（キーボードやマウス等）を介して、運転員からのグラフの選択を受け付ける。
- [0048] グラフ生成部42Cは、プロセスデータ取得部42Aによって取得されたプロセスデータに基づいて、プラント1の運転状態を表す複数種類のグラフを生成する。具体的には、グラフ生成部42Cは、プロセスデータ取得部42Aを介して一群のプロセスデータが入力され、監視対象となる期間（対象期間）が運転員によって指定されると、その対象期間に取得したプロセスデータをグラフ設定DB44Aから読み込むとともに、入力されたプロセスデータを複数種類のグラフで表示するためのテンプレート情報をグラフ設定DB44から読み込み、これらの情報に基づいて複数種類のグラフを生成する。例えば、グラフ生成部42Cは、図4に示すように、プロセスデータとしての風箱2c（図1）の空気流量を時系列的に示すトレンド図のグラフ（縦軸に空気流量をとり横軸に時間をとったグラフ）を生成したり、図5に示すように、空気流量の散布図のグラフ（縦軸に空気流量をとり横軸にボイラ負荷をとったグラフ）を生成したりすることができる。トレンド図のグラフと散布図のグラフは、「空気流量」という共通のプロセスデータを、異なる態様（一方は時系列的な態様、他方は非時系列的な態様）で表すものである。
- [0049] 表示制御部42Dは、グラフ生成部42Cで生成した複数種類のグラフを表示装置50の選択領域（「第1領域」の一例）A1に選択肢として表示させる。具体的には、表示制御部42Dは、図3に示すように、表示装置50に表示されたグラフ設定画面S1に含まれる選択領域A1に、グラフ生成部42Cで生成した複数種類のグラフ（例えば、トレンド図、ボックスプロット図、散布図、累計度数分布図等のグラフ）を選択肢として選択領域A1にアイコン表示させる。運転員は、このようにアイコン表示されたグラフの中

から特定のグラフ（例えばトレンド図のアイコン I_T や散布図のアイコン I_S ）をダブルクリック操作等で選択することができる。

[0050] また、表示制御部42Dは、各グラフの詳細を設定するための情報を表示する。例えば、表示制御部42Dは、図3に示すように、グラフ設定画面S1に含まれる期間設定領域A2において、監視対象となる期間（対象期間）を選択するための表示を行う。運転員は、期間設定領域A2に表示された選択肢の中から適宜日時を選択することができる。また、表示制御部42Dは、図3に示すように、グラフ設定画面S1に含まれる項目設定領域A3、A4において、特定のグラフ（例えば図5の散布図）を生成する際の縦軸や横軸のパラメータを設定するための選択肢を表示したり、縦軸や横軸の長さを調整するための表示を行ったりする。運転員は、表示制御部42Dによって表示された項目設定領域A3の選択肢の中から縦軸や横軸のパラメータを選択したり、表示制御部42Dによって項目設定領域A4に表示された値を適宜変更して縦軸や横軸の長さを調整したりすることができる。また、表示制御部42Dは、図3に示すように、グラフ設定画面S1に含まれる特定値表示領域A5において、特定のグラフ（例えば図5の散布図）の縦軸や横軸の長さ（調整値）、縦軸や横軸のパラメータの最大値、最小値、平均値等を表示する。

[0051] そして、表示制御部42Dは、選択領域A1に表示された複数種類のグラフのうち特定のグラフが例えばダブルクリック操作等で選択されたことをグラフ受付部42Cで受け付けた場合に、その選択された特定のグラフを用いてプラント1の運転状態を表示装置50の表示領域（「第2領域」の一例）B1、C1に表示させる。具体的には、表示制御部42Dは、選択領域A1にアイコン表示されたグラフの中からトレンド図（アイコン I_T ）が選択された場合に、図4に示すように、表示装置50に表示された第1のグラフ表示画面S2に含まれる表示領域B1にトレンド図のグラフを表示する。これにより、プラント1の運転状態がトレンド図のグラフを用いて表示される。

[0052] 図4に示されるトレンド図のグラフでは、縦軸に空気流量を、横軸に時間

を、各々採っており、ある対象期間（２０２０年６月１２日２１時４５分～２０２０年６月１９日２１時４５分）内における空気流量の時間履歴が示されている。このトレンド図のグラフから、時間の経過に伴って空気流量が増減する様子が把握されるが、この時間履歴がプラント１の異常な状態を示しているのか、正常な状態を示しているのか、運転員の習熟度によっては判別できない場合がある。

[0053] そこで、運転員は、表示装置５０の選択領域Ａ１にアイコン表示されたグラフの中から、非時系列的なグラフ（例えば散布図）を選択する。表示制御部４２Ｄは、選択領域Ａ１にアイコン表示されたグラフの中から散布図（アイコン１５）が選択された場合に、図５に示すように、表示装置５０に表示された第２のグラフ表示画面Ｓ３に含まれる表示領域Ｃ１に散布図のグラフを表示する。これにより、プラント１の運転状態が散布図のグラフを用いて表示される。

[0054] 図５に示される散布図のグラフでは、縦軸に空気流量を、横軸にボイラ負荷を、各々採っており、トレンド図のグラフの対象期間（２０２０年６月１２日２１時４５分～２０２０年６月１９日２１時４５分）と同一期間内における、空気流量とボイラ負荷との間の相関関係が示されている。この散布図のグラフから、ボイラ負荷の増大に伴って空気流量も緩やかに増大していることが把握されるが、このような相関関係は、プラント１が正常な状態にあるときに典型的にみられるものであることから、プラント１に特に異常がないことが推察される。

[0055] また、表示制御部４２Ｄは、過去に使用されたグラフの履歴情報を登録して表示することもできる。すなわち、表示制御部４２Ｄは、上記手順を経て生成したグラフを、例えば図３の登録領域Ａ６に所定の情報を入力することにより、グラフの周辺情報（作成した運転員の氏名、使用したプロセスデータ、グラフの種類、軸、調整値等）とともにグラフ履歴ＤＢ４４Ｂに格納（登録）することができる。そして、表示制御部４２Ｄは、例えば習熟度が高い特定の運転員が過去に使用したグラフ（各種項目が設定されたグラフ）を

グラフ履歴DB44Bから読み込み、そのグラフを、グラフ表示画面S2(S3)に含まれる表示領域B1(C1)に表示することもできる。これにより、比較的習熟度の低い運転員であっても、習熟度が高い運転員が過去にどのようなグラフをどのようにアレンジ(項目設定)した上で使用していたかを知ることができる。従って、監視ポイントの学習が可能となり、運転習熟度を容易に向上させることができる。

[0056] 図6は、本実施形態に係る運転支援システム30を実現するための物理的構成を示す図である。但し、エッジ/クラウドコンピューティング部32は、知られた物理的構成を採用することが可能であるため、説明を省略し、以下では、エッジ/クラウドコンピューティング部32を除いた運転支援システム30の物理的構成について説明する。

[0057] 運転支援システム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及び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、本例では運転支援システム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、運転支援システム30は、複数台のコンピュータから構成されてもよい。例えば、表示部30Fは、複数台のディスプレイから構成されてもよい。また、図6で示す構成は一例に過ぎず、これらの構成のうち一部を有さなくてもよい。さらに、構成の一部が遠隔地に設けられてもよい。例えば、ROM30Cの一部を遠隔地に設け、通信ネットワークを介して通信可能に構成してもよい。

[0058] CPU30Aは、ROM30C等に記録されたコンピュータプログラム等を実行することにより、本開示に含まれる制御処理及び演算処理等を行う演算部である。CPU30Aは、プロセッサを備える。CPU30Aは、RAM30B、ROM30C、通信部30D及び入力部30E等から種々の情報(プロセスデータを含む)を受け取り、演算処理結果等を表示部30Fに表示させたり、RAM30BまたはROM30Cに格納させたりする。

- [0059] RAM30Bは、記憶部のうちキャッシュメモリとして機能するものであり、例えばSRAM及びDRAM等の揮発性半導体記憶素子で構成されてよい。
- [0060] ROM30Cは、記憶部のうちメインメモリとして機能するものであり、例えばフラッシュメモリ等の電氣的に情報を書き換え可能な不揮発性半導体記憶素子又は磁氣的に情報を書き換え可能なHDDで構成されてよい。ROM30Cは、例えば、本開示に示される各制御及び各演算処理を含む処理を実行するためのコンピュータプログラム及びデータを記憶してよい。
- [0061] 通信部30Dは、運転支援システム30をDCS20等の他の装置に接続するための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。
- [0062] 入力部30Eは、運転員からデータの入力及びグラフの選択等を受け付けるものであり、例えば、キーボード及びタッチパネルを含んでよい。
- [0063] 表示部30Fは、CPU30Aによる演算結果を視覚的に表示するものであり、例えば、LCD (Liquid Crystal Display) から構成されてよい。
- [0064] 上記のような物理的構成において、主としてCPU30Aがコンピュータプログラムを実行することにより監視装置40の制御部42を構成する各機能を実現することが可能であり、主としてROM30Cから記憶部44を構成する各データベースを実現することが可能であり、主として表示部30Fから表示装置50を実現することが可能である。
- [0065] なお、運転支援システム30は、タブレット端末で構成されてもよい。タブレット端末で運転支援システム30を構成することで、運転支援システム30を持ち歩くことができ、例えばプラント1を巡回しながら運転支援システム30を利用することができる。
- [0066] 次に、本実施形態における運転支援システム30を用いて、プラント1の運転状態を表示する表示装置50を制御する方法（制御方法）について説明する。図7は、このような表示方法を含むフローチャートである。なお、本実施形態に係る制御方法によってプラント1の運転状態を表示する方法は、

本発明における表示方法の一例である。

[0067] まず、運転支援システム30の監視装置40の制御部42のプロセスデータ取得部42Aは、エッジ／クラウドコンピューティング部32やDCS20を介して、プラント1のプロセスデータを取得する（データ取得工程：S71）。次いで、運転支援システム30の監視装置40の制御部42のグラフ生成部42Cは、データ取得工程S71で取得したプロセスデータに基づいて、プラント1の運転状態を表す複数種類のグラフを生成する（グラフ生成工程：S72）。そして、運転支援システム30の監視装置40の制御部42の表示制御部42Dは、グラフ生成工程S72で生成した複数種類のグラフを、表示装置50の選択領域A1に選択肢としてアイコン表示させる（選択肢表示制御工程：S73）。なお、選択肢表示制御工程S73によって複数種類のグラフを選択領域A1に選択肢としてアイコン表示する工程は、本発明における表示方法の選択肢表示工程に対応する。

[0068] 続いて、運転員が、表示装置50の選択領域A1にアイコン表示された複数種類のグラフのうち何れかをダブルクリック操作等により選択すると、運転支援システム30の監視装置40の制御部42のグラフ受付部42Bは、運転員からのグラフの選択を受け付ける（グラフ選択受付工程：S74）。すると、運転支援システム30の監視装置40の制御部42の表示制御部42Dは、グラフ選択受付工程S74で受け付けた特定のグラフ（例えばトレンド図や散布図のグラフ）を、表示装置50の表示領域B1、C1に表示させる（グラフ表示制御工程：S75）。これにより、プラント1の運転状態が、特定のグラフ（例えばトレンド図や散布図のグラフ）を用いて表示される。なお、グラフ表示制御工程S75により、特定のグラフを用いてプラント1の運転状態を表示領域B1、C1に表示する工程は、本発明における表示方法の運転状態表示工程に対応する。

[0069] 以上の実施形態によれば、プラント1の運転状態を表す複数種類のグラフを、表示装置50の選択領域A1に選択肢として表示することができる。従って、運転員は、表示装置50の選択領域A1に表示された複数種類のグラ

フのうち何れかのグラフを選択することができ、その選択したグラフを用いてプラント1の運転状態を表示装置50の表示領域B1、C1に表示することができる。従って、複数のグラフを用いてプラント1の運転状態を表示することができるため、様々な視点からの運転状態の分析に寄与することができる。

[0070] また、以上の実施形態によれば、複数種類のグラフとして、共通するプロセスデータを異なる態様で表示するグラフ（すなわち、プロセスデータの履歴を時系列的に示すトレンド図のようなグラフと、プロセスデータの履歴を非時系列的に示す散布図のようなグラフと、の双方）を採用しているため、時系列のグラフだけでは発見できないプラント1の運転状態（例えば、異常状態へと徐々に移行する可能性が高い運転状態）を、非時系列的なグラフによって特定することができ、プラント1の異常要因を早期に把握して事前処置を講じることが可能となり、プラント1の安定運転の継続に寄与することができる。

[0071] 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、上記実施形態においては、表示制御部42Dが、習熟度が高い特定の運転員が過去に使用したグラフ（各種項目が設定されたグラフ）をグラフ履歴DB44Bから読み込み、そのグラフを表示領域B1（C1）に表示させることにより、比較的習熟度の低い運転員が、習熟度の高い運転員の過去のグラフを学習することができる例を示したが、さらに進んで、表示制御部42Dが自動的に状況に応じて最適なグラフをサンプル表示することもできる。

[0072] この場合、表示制御部42Dは、特定の状況（例えば警告が発生した状況）と、その状況において習熟度の高い運転員が使用したグラフと、の間の相関関係を機械学習し、その学習結果をグラフ履歴DBに記録しておき、プロセスデータに基づいて特定の状況が訪れたものと判定したときに、自動的にその状況に関連するグラフをグラフ履歴DBから読み込んで表示領域B1（C1）に表示させることができる。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。機械学習のための情報を収集する際には、エッジ／クラウドコンピューティング部32を使用することができる。

[0073] その他、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。たとえば、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を、他の実施形態に追加することができる。また、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態の対応する構成要素と置換することができる。

符号の説明

- [0074] 1…プラント
40…監視装置（制御装置）
42A…プロセスデータ取得部（取得部）
42B…グラフ選択受付部（受付部）
42C…グラフ生成部（生成部）
42D…表示制御部
50…表示装置
A1…選択領域（第1領域）
B1…表示領域（第2領域）
C1…表示領域（第2領域）
S71…データ取得工程（取得工程）
S72…グラフ生成工程（生成工程）
S73…選択肢表示制御工程（表示制御工程）
S74…グラフ選択受付工程（受付工程）
S75…グラフ表示制御工程（表示制御工程）

請求の範囲

- [請求項1] プラントの運転状態を表示する表示装置であって、
 前記プラントの運転状態を表す複数種類のグラフを第1領域に選択肢として表示するとともに、前記グラフを用いて前記プラントの運転状態を第2領域に表示する、表示装置。
- [請求項2] 前記複数種類のグラフは、前記プラントの運転状態を示すプロセスデータの履歴を表すものである、請求項1に記載の表示装置。
- [請求項3] 前記複数種類のグラフは、共通する前記プロセスデータを異なる態様で表すものである、請求項2に記載の表示装置。
- [請求項4] 前記複数種類のグラフは、前記プロセスデータの履歴を時系列的に示すグラフと、前記プロセスデータの履歴を非時系列的に示すグラフと、の双方を含む、請求項3に記載の表示装置。
- [請求項5] 前記第1領域に表示された前記複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択された場合に、前記特定のグラフを用いて前記プラントの運転状態を前記第2領域に表示する、請求項1から4の何れか一項に記載の表示装置。
- [請求項6] プラントの運転状態を表示する表示方法であって、
 前記プラントの運転状態を表す複数種類のグラフを第1領域に選択肢として表示する選択肢表示工程と、
 前記選択肢表示工程で表示した前記複数種類のグラフのうち何れかのグラフを用いて前記プラントの運転状態を第2領域に表示する運転状態表示工程と、
 を含む、表示方法。
- [請求項7] プラントの運転状態を表示する表示装置を制御する制御装置であって、
 前記プラントのプロセスデータを取得する取得部と、
 前記取得部で取得した前記プロセスデータに基づいて前記プラントの運転状態を表す複数種類のグラフを生成する生成部と、

前記複数種類のグラフを前記表示装置の第1領域に選択肢として表示させるとともに、前記グラフを用いて前記プラントの運転状態を前記表示装置の第2領域に表示させる表示制御部と、
を備える、制御装置。

[請求項8] グラフの選択を受け付ける受付部を更に備え、
前記表示制御部は、前記第1領域に表示された前記複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択されたことを前記受付部で受け付けた場合に、前記特定のグラフを用いて前記プラントの運転状態を前記第2領域に表示させる、請求項7に記載の制御装置。

[請求項9] 前記表示制御部は、前記生成部で生成した前記グラフを記憶部に記憶させる、請求項7又は8に記載の制御装置。

[請求項10] 前記表示制御部は、前記記憶部に記憶された前記グラフを読み込んで前記表示装置の前記第2領域に表示させる、請求項9に記載の制御装置。

[請求項11] プラントの運転状態を表示する表示装置を制御する制御方法であって、
前記プラントのプロセスデータを取得する取得工程と、
前記取得工程で取得した前記プロセスデータに基づいて前記プラントの運転状態を表す複数種類のグラフを生成する生成工程と、
前記複数種類のグラフを前記表示装置の第1領域に選択肢として表示させるとともに、前記グラフを用いて前記プラントの運転状態を前記表示装置の第2領域に表示させる表示制御工程と、
を含む、制御方法。

[請求項12] グラフの選択を受け付ける受付工程を更に含み、
前記表示制御工程では、前記第1領域に表示された前記複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択されたことを前記受付工程で受け付けた場合に、前記特定のグラフを用いて前記プラントの運転状態を前記第2領域に表示させる、請求項9に記載の制御方法。

- [請求項13] 前記表示制御工程では、前記生成工程で生成した前記グラフを記憶部に記憶させる、請求項11又は12に記載の制御方法。
- [請求項14] 前記表示制御工程では、前記記憶部に記憶された前記グラフを読み込んで前記表示装置の前記第2領域に表示させる、請求項13に記載の制御方法。
- [請求項15] プラントの運転状態を表示する表示装置を制御する制御方法をコンピュータに実行させるコンピュータプログラムであって、
前記制御方法は、
前記プラントのプロセスデータを取得する取得工程と、
前記取得工程で取得した前記プロセスデータに基づいて前記プラントの運転状態を表す複数種類のグラフを生成する生成工程と、
前記複数種類のグラフを前記表示装置の第1領域に選択肢として表示させるとともに、前記グラフを用いて前記プラントの運転状態を前記表示装置の第2領域に表示させる表示制御工程と、
を含む、コンピュータプログラム。
- [請求項16] 前記制御方法は、グラフの選択を受け付ける受付工程を更に含み、
前記表示制御工程では、前記第1領域に表示された前記複数種類のグラフのうち特定のグラフが選択されたことを前記受付工程で受け付けた場合に、前記特定のグラフを用いて前記プラントの運転状態を前記第2領域に表示させる、請求項15に記載のコンピュータプログラム。
- [請求項17] 前記表示制御工程では、前記生成工程で生成した前記グラフを記憶部に記憶させる、請求項15又は16に記載のコンピュータプログラム。
- [請求項18] 前記表示制御工程では、前記記憶部に記憶された前記グラフを読み込んで前記表示装置の前記第2領域に表示させる、請求項17に記載のコンピュータプログラム。