

明 細 書

発明の名称：

表示装置、表示方法、制御装置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、プラント等の監視対象物に複数個のセンサを設置して、各センサから取得される状態量に基づいて、監視対象物の運転状態を監視し、必要に応じて制御することが行われていた。

[0003] 特許文献1には、オペレータにプラントの運転状態を直感的に提供するためのプラント運転状態診断装置が記載されている。この装置は、プロセスデータに基づき、「運転状態」、「環境保全」及び「機器保守」の3つの観点からプラントの状態を診断するので、オペレータはプラントの状態を直感的に把握することが可能となる。この文献の図3には、監視対象物であるゴミ焼却プラントの運転状態診断装置による表示画面が示される。この表示画面には、プロセスデータを示す9つのプロセスメータと、上記3つの観点についてファジィ推論を用いた診断により得られた診断結果を示す3つのファジィメータとが表示されることが示される。

[0004] 特許文献2には、プラントの変調（異常）を迅速に把握するための表示装置と演算処理装置とを備えるプラント制御監視装置が記載されている。この装置は、アラームを一定の分類基準に応じて複数のグループに区分したので、アラームが発生した場合にどのグループに属する計装機器に異常が発生したかを迅速に把握することが可能となる。この文献の図3には、監視対象物であるプラントを、工程、複数の工程をまとめた系列、複数の系列をまとめたプラントという3階層に分けてアラームを表示することが示される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平8－314538号公報

特許文献2：特開2003－177818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記載のプラント運転状態診断装置は、全てのプロセスデータを一画面に表示するものであるから、多数のセンサから多数のプロセスデータ（例えば100種類以上）を取得するような監視対象物に適したものではない。

[0007] 特許文献2記載のプラント制御監視装置は、アラームを階層表示するものに過ぎない。即ち、プラントを工程単位に区分した階層構造に基づいてアラームを迅速に把握するためのものであるから、プラント等の監視対象物の運転状態を評価するための複数の評価要素について評価をすることができない。

[0008] そこで本発明は、対象物を多数の状態量から監視等する場合に、その対象物の運転状態等を複数の評価要素について階層的に評価することを可能とすると共に、ある評価要素の評価要因となる状態量を容易に特定することが可能となる表示装置、表示方法、制御装置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

[0009] 本開示の一態様は、対象物の複数種類の状態量から、第1レベルに属する第1要素の状態量を示す第1スコアと、前記複数種類の一部である第1グループの前記状態量から、第2レベルに属する第2要素の状態量を示す第2スコアと、前記複数種類の一部である第2グループの前記状態量から、前記第2レベルに属する第3要素の状態量を示す第3スコアと、を表示可能に構成される表示装置を提供する。

[0010] なお、「第1スコア」、「第2スコア」等の「スコア」は、数値だけに限

られず、レベル、段階、または、程度を示す情報であってもよい。「スコア」は、指標を含む。

[0011] また、本開示の一態様において表示装置は、前記第 1 スコアと、前記第 2 スコアと、前記第 3 スコアとを同一の画面に表示可能に構成される。

[0012] また、本開示の一態様において表示装置は、前記第 1 グループの一部である第 3 グループの前記状態量から、第 3 レベルに属する第 4 要素の状態量を示す第 4 スコアを更に表示可能に構成される。

[0013] また、本開示の一態様において表示装置は、前記第 2 スコアと、前記第 4 スコアとを同一の第 2 画面に表示可能に構成され、前記第 1 スコアと、前記第 2 スコアと、前記第 3 スコアとを表示する前記画面から、前記第 2 画面に遷移可能に構成される。

[0014] また、本開示の一態様において表示装置は、前記複数種類の状態量のうち、少なくとも一つの前記状態量を表示可能に構成される。

[0015] また、本開示の一態様において前記対象物は、プラントであり、前記状態量は、プロセスデータである。

[0016] 本開示は、対象物の複数種類の状態量から、第 1 レベルに属する第 1 要素の状態量を示す第 1 スコアを表示するステップと、前記複数種類の一部である第 1 グループの前記状態量から、第 2 レベルに属する第 2 要素の状態量を示す第 2 スコアを表示するステップと、前記複数種類の一部である第 2 グループの前記状態量から、前記第 2 レベルに属する第 3 要素の状態量を示す第 3 スコアを表示するステップと、を含む表示方法を提供する。

[0017] 本開示は、対象物の複数種類の状態量から、第 1 レベルに属する第 1 要素の状態量を示す第 1 スコアを表示装置に表示させ、前記複数種類の一部である第 1 グループの前記状態量から、第 2 レベルに属する第 2 要素の状態量を示す第 2 スコアを前記表示装置に表示させ、前記複数種類の一部である第 2 グループの前記状態量から、前記第 2 レベルに属する第 3 要素の状態量を示す第 3 スコアを表示装置に表示させるように前記表示装置を制御する制御装置を提供する。

[0018] 本開示は、コンピュータに、対象物の複数種類の状態量から、第1レベルに属する第1要素の状態量を示す第1スコアを表示装置に表示させ、前記複数種類の一部である第1グループの前記状態量から、第2レベルに属する第2要素の状態量を示す第2スコアを前記表示装置に表示させ、前記複数種類の一部である第2グループの前記状態量から、前記第2レベルに属する第3要素の状態量を示す第3スコアを表示装置に表示させるための制御命令を生成させるコンピュータプログラムを提供する。

[0019] 本開示は、例えば、50以上のプロセスデータに基づいてプラントを監視する監視方法であって、第nレベルの階層構造を使用する監視方法を提供する。ここで、nは4以上の整数である。この階層構造は、プラントの運転状態を評価する第1要素と、第1要素に影響する第2要素及び第1要素に影響する第3要素を含む前記第1要素に影響する第2レベルに属する複数の要素、前記第2要素に影響する第3レベルに属する複数の要素と前記第3要素に影響する第3レベルに属する複数の要素とを含む。最下層の複数の要素は、プロセスデータに対応付けられた監視項目である。最下層は、第nレベル又はそれ以下である。例えば、第2要素を含む階層数は、nであり、第3要素を含む階層数は、mであってよい。ここでmは、 $m < n$ の整数である。各要素は、指標化されており、典型的には、数値で指標化されている。ある要素の指標化は、この要素に影響する下層の要素に基づいて指標化されている。同レベルの要素であっても、指標化の方法は、異なってもよい。例えば、第kレベルに属する複数の要素のうち、ある要素の指標化の方法（第1方法）と、他の要素の指標化の方法（第2方法）は異なってもよい。ここでkは、n以下の整数である。同様に最下層に属する複数の要素である監視項目の指標化の方法は、異なってもよい。監視項目は、基準値とプロセスデータの値に基づいて指標化されてもよい。ある要素の指標化された情報が表示されるとき、同一の表示画面に、その要素に影響する下層の要素の指標化された情報が同時表示されることが好ましい。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、一実施形態に係るプラントの全体構成を示す概略図である。

[図2]図2は、一実施形態に係る運転支援システムの機能ブロック図である。

[図3]図3は、一実施形態に係る運転支援システムのスコア化部の機能ブロック図である。

[図4]図4は、一実施形態に係る運転支援システムにおける基準値及び異常度を示すグラフである。

[図5]図5は、一実施形態に係る運転支援システムの物理構成を示す図である。

[図6]図6は、一実施形態に係る運転支援システムの表示装置の表示画面の一例である。

[図7]図7は、一実施形態に係る運転支援システムの表示装置の表示画面の一例である。

[図8]図8は、一実施形態に係る運転支援システムの表示装置の表示画面の一例である。

発明を実施するための形態

[0021] 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。

[0022] 本発明は、複数種類の状態量を取得可能な対象物に適用可能であり、特に、複数種類のプロセスデータ（「状態量」の一例）を取得可能なプロセスに好適に適用可能である。プラントは、例えば、製品の製造を行う化学製品製造プラント、石油化学製品製造プラント、石油精製プラント、鉄鋼製品製造プラント、食品製造プラント、紙パルプ製品製造プラント、医薬品製造プラント、自動車製造プラント、機械製品製造プラント、電気製品製造プラントなどの各種製造プラントまたは発電プラント、廃棄物処理プラントを含む。このようなプラントに本発明を適用することにより、以下に記載するように、プラントの運転状態等を複数の評価要素について階層的に評価することを可能とすると共に、ある評価要素の評価要因となるプロセスデータを容易に

特定することが可能となる。

- [0023] 本出願の発明者らは、例えば100種類以上のプロセスデータを取得してプラントを監視し、必要に応じて制御するための最適な方法について検討した。プラントを監視し、必要に応じて制御するのはオペレータであるから、プラントの異常（変調を含む。以下同じ）が発生した際に、オペレータは、迅速に原因を特定し必要に応じて適切な対策を講じなければならない。そのためには、特許文献1記載の発明のように、同一画面に100種類以上のプロセスデータを表示する方法は適当ではない。
- [0024] 一方で特許文献2記載の発明のように、プロセスデータをグループ化し、階層的に表示してアラームが発生しているプロセスデータを容易に特定する方法も適当ではない。単にアラームが発生しているプロセスデータ（閾値を越えているプロセスデータ）を特定するだけでは、そのアラームがプラントにどのような異常を生じさせているのかわからないため、適切な対策を講じることが困難なためである。加えて、複数のプロセスデータについてアラームが発生している場合に、そのアラームが同一の異常に起因しているのか、独立の異常に起因しているのかという判断ができないため、適切な対策を講じることが困難となってしまう。
- [0025] そこで本出願の発明者らは、専門的な運転知識等に基づいて、プラントの運転状態を評価するための複数の評価要素を特定するとともに、それら各評価要素を評価するための更に異なる複数の評価要素を特定することを繰り返すことにより、プラントの運転状態を評価するための階層的な構造を構築した。
- [0026] 例えば、プラントの運転状態という評価要素を評価するための複数の評価要素の一つとして、「熱状態」という評価要素を設定し、「熱状態」という評価要素を評価するための更に異なる複数の評価要素として「排気ガス」及び「火炉」等の複数の評価要素を設定し、更に「排気ガス」という評価要素を評価するための更に異なる複数の評価要素として「圧力差」及び「温度効率」等の複数の評価要素を設定し、同様に「火炉」等の複数の評価要素につ

いてもそれぞれ評価要素を評価するための更に異なる複数の評価要素を設定する、といった階層的な構造（以下、「階層構造」という場合がある。）を専門的な運転知識等に基づいて構築し、プラントの運転状態を評価するために利用することを考案した。ここで、最下層の評価要素は、プロセスデータが取得される監視項目となるように、階層的な構造は構築されている。例えば、最下層の評価要素は、「圧力」及び「温度」等のプロセスデータが取得される監視項目である。

[0027] このようにして構築された階層構造は、以下のような有用性を有する場合がある。

[0028] まず、評価要素間の関連性を把握することが可能となる。ある評価要素がどのような複数の評価要素と連鎖関係にあるのかという情報は、専門的な運転知識に基づいて把握される情報であり、プラント等の設計者でなければ容易には知り得ない情報である。このような専門的な運転知識等を有していないオペレータであっても、上層の評価要素と、その評価要素の下層の評価要素を把握することにより、どの評価要素が他のどのような評価要素に関連しているのかという連鎖関係を容易に把握することが可能となる。

[0029] 更に、最下層の評価要素は、プロセスデータが取得される監視項目であるから、プロセスデータと評価要素との関連性を把握することも可能となる。このためプラントの異常発生時の原因特定が容易になる。

[0030] 加えて、複数のプロセスデータについてアラームが発生している場合に、そのアラームが同一の異常に起因しているものか、独立した2つの異常に起因しているかの判断をすることも容易となる。複数のプロセスデータが同一の評価要素の下層に属する場合、これらプロセスデータが上層に属する同一の評価要素の異常原因になっていると判断することが可能となる。

[0031] 更に本出願の発明者らは、各評価要素をスコア化することを考案した。このことにより、レベルごとの運転状態の把握が容易となる。例えば、プラント全体の運転状態を把握したい場合、「プラント全体の運転状態」を最上層（第1レベル）の評価要素とする階層構造を構築し、各評価要素をスコア化

することにより、プラント全体の運転状態を容易に把握することが可能となる。例えば、「プラント全体の運転状態」のスコアが悪いとき、その下層の複数の評価要素のスコアを比較することにより、プラント全体の運転状態の異常原因となっている下層の評価要素を特定することが容易になる。

[0032] 更に階層構造は、上層レベルの評価要素に対する影響が同程度となるような評価要素、又は、同時に確認することが意味を有する評価要素を同じレベルの評価要素として設定されている。例えば、「プラント全体の運転状態」を最上層（第1レベル）の評価要素とし、その下層（第2レベル）の評価要素として「環境値」及び「運転効率」等の複数の評価要素を設定しそれぞれスコア化される。このことにより、「環境値」及び「運転効率」のいずれが「プラント全体の運転状態」のスコアに大きな影響を与えているのか容易に比較することが可能となる。

[0033] このような構成により、例えば、「プラント全体の運転状態」のスコアが悪化したときに、下層に属するいずれの評価要素がスコアの悪化に影響しているのか容易に特定することが可能になる。同様に更に下層へと移行することを繰り返すことにより、問題となる監視項目を容易に特定することも可能となる。ただし、上層レベルの評価要素に対する影響が同程度となるような評価要素は、その影響が完全に同一である必要はない。例えば、各評価要素の影響度に応じた重み付け、または、正規化された値となるようにスコア化することにより、同レベルの評価要素間の比較が容易となる。そして評価要素間を比較することにより優先的に対策を講じるべき事項が明確となる。

[0034] なお、プラントごとに構築される階層構造は異なるものであってもよい。プラントごとに異なる階層構造を設定することにより、プラント特有の構成を考慮した階層構造の設定が可能となる。例えば、同種のプラントに対して基本となる階層構造を設定し、プラントごとの特有の構成、又は、プラントごとの稼働状況等を考慮した修正を加えて最終的な階層構造をプラントごとに設定してもよい。

[0035] 更に、評価要素ごとに異なる手法・ロジックによりスコア化することが好

ましい。例えば、ある評価要素によっては、下層に属する複数の評価要素のスコアの最大値をそのまま上層の評価要素のスコアとしてスコア化してもよい。例えば、下層に属する複数の評価要素のいずれかが異常である場合は、上層の評価要素についても異常であるといえる関係の場合、このような手法によりスコア化することが可能である。他の評価要素によっては、下層に属する複数の評価要素のスコアに基づいて、より一般的に数学的アルゴリズムに従ってスコア化してもよい。このように評価要素ごとに最適な手法によりスコア化することが可能となるから、評価精度を向上させることが可能となる。

[0036] なお、階層のレベル数は評価要素によって異なってもよい。例えば、同じレベルに属する複数の評価要素の下層のレベル数が異なってもよい。上層から下層に向かって階層構造は形成されているから、同じレベルに属する評価要素であっても、下層のレベル数が異なる場合がある。

[0037] また、同一の監視項目が複数の評価要素を評価する評価要素となってもよい。例えば、同じレベルに属する複数の評価要素の下層に属する評価要素が、共通する監視項目を有していてもよい。

[0038] 以下本発明の実施形態について説明する。

[0039] [プラントの説明]

図1は、本発明が適用され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。

[0040] 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 4 a 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 3 a を経由して後部煙道 5 に供給される。

[0041] 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 2 a 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 2 b 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 2 a を介して火炉 2 の内部に供給される。又、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。

[0042] 火炉 2 内では、下部の給気ライン 2 c から導入される燃焼・流動用の空気により、燃料供給口 2 a 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 3 a から後部煙道 5 へと送出する。

[0043] 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 2 d 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。

[0044] 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。又、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。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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 u_1 （「プロセスデータ」の一例）を示している。

[0051] 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 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10からタービン100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10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。又、ボイラ出口蒸気流量 u_3 （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 u_2 を調整するように制御されてよい。

[0052] 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。DCS（Distributed Control System、図2）20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。後述するように、監視装置 40 は、異常の種類ごとに設定されるアラーム判定ロジックに基づいてプロセスデータを評価し、異常が発生したと判断した場合、表示装置 50 にアラームを発報させる。

[0053] 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、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。

[0054] [運転支援システムの説明]

図 2 は、本実施形態に係るプラント 1、DCS 20 及び運転支援システム 30 の機能ブロック図である。

[0055] DCS 20 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 20 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。

[0056] 運転支援システム 30 は、DCS 20 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、プロセスデータを取得しこれに基づいて評価要素のスコア値を取得し、表示装置 50 に表示させる。

[0057] 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。

- [0058] 監視装置40は、スコア表示制御部42と、記憶部44とを備える。
- [0059] スコア表示制御部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、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各評価要素をスコア化するスコア化部42Bと、スコア化部42Bによって取得されたスコア情報を表示装置50に表示させるスコア情報表示部42Cとを備える。
- [0060] 監視装置の記憶部44は、上述した階層構造と、階層構造に含まれる各評価要素について、プロセスデータに基づいてスコアを取得するためのロジック及び過去（例えば過去1年）のスコア履歴を格納する。本実施形態においては、3つの階層（レベル）からなる階層構造を構築し、本発明を適用した例について説明する。但し本発明を、4階層以上の階層構造について適用することも可能である。また、スコアは、複数のプロセスデータに基づいてスコアを取得してもよいし、下層の複数の評価要素のスコアに基づいて取得してもよい。後者は、下層の複数の評価要素のスコアを取得するための複数のプロセスデータに基づいて、上層の評価要素のスコアを取得することに相当する。
- [0061] 図3は、スコア化部42Bの機能ブロック図を示している。
- スコア化部42B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基準値から乖離している程度を示す乖離距離情報を取得する乖離距離取得部42B1と、乖離距離取得部42B1によって取得された乖離距離情報を専門的な運転知識に基づいて評価して数値化する項目

別異常度指標化部42B2と、項目別異常度指標化部42B2によって数値化された情報からノイズを除去することにより、評価要素である監視項目についてのスコアを取得するノイズ除去部42B3とを備える。更にスコア化部42Bは、複数の監視項目のスコアに基づいて、中階層の評価要素をスコア化する中階層総合部42B4とを備える。上述したように、複数のプロセスデータに基づいてスコアを取得するためのロジックは、評価要素に応じて異なる方法を設定することが可能である。本実施形態の一つの中階層総合部42B4は、一例として、下層の複数の評価要素のスコアの最大値を中階層の評価要素のスコアとするように構成されている。

[0062] 更にスコア化部42Bは、複数の中階層の評価要素のスコアに基づいて、数学的アルゴリズムにより上位層の評価要素のスコアを取得する全要素総合部42B5を備える。

[0063] 乖離距離取得部42B1は、基準値から乖離している程度を示す乖離距離情報を取得する。プロセスデータがn種類の場合、乖離距離取得部42B1は、プロセスデータの種類に応じてn個設けられる。基準値は、プロセスデータの種類に応じて異なる。図4(A)は、プロセスデータ及びそのプロセスデータの基準値の一例を示す散布図である。同図では、横軸をプロセスデータであるボイラの圧力とし、縦軸を温度としたときの基準値と、異常度が等高線のように等しくなるよう設定される、基準値を中心とした同心楕円を示している。この例では、基準値と各楕円の動径方向の距離が、乖離距離に相当する。同様に、各乖離距離取得部42B1は、各種類のプロセスデータの乖離距離を取得する。乖離距離は、最適な運転状態から乖離している度合いを示す情報とすることができる。なお同図に示されるように、プロセスデータに閾値を設定し、閾値を越えるプロセスデータの場合、項目別異常度指標化部42B2によって異常状態を示す指標化がなされるように構成してもよい。

[0064] 項目別異常度指標化部42B2は、乖離距離情報を数値化する。プロセスデータがn種類の場合、項目別異常度指標化部42B2は、プロセスデータ

の種類に応じてn個設けられる。数値化は、専門的な運転知識に基づいて設定された関数等のロジックに基づいてプロセスデータごとに設定される。例えば、プロセスデータによっては、乖離距離が大きくても、プラント1の運転状態に大きな影響を及ぼさないものもある。一方で、プロセスデータによっては、乖離距離が小さくても、プラント1の運転状態に大きな影響を及ぼすものもある。また、影響度は、乖離距離に比例しない場合もある。そこで専門的な運転知識に基づいて、プロセスデータごとに数値化がなされる。

[0065] 図4(B)は、横軸を乖離距離とし、縦軸を0以上1以下の数値とするグラフである。本実施形態では乖離が大きいほど数値が大きくなるようにグラフが設定されていることから、縦軸は、異常度と表現される場合がある。図4(A)における基準値より外れたプロセスデータについては、図4(B)における基準値(乖離距離=0)からの乖離距離に対応した異常度のグラフに基づいて数値化がなされる。基準値は、予め定められていてもよいし、ユーザによって修正可能であってもよいし、その後に得られたデータに基づいて動的に変更可能に構成されてもよい。このプロセスデータの場合、乖離距離が所定以上に大きくなると運転状態に与える影響度が大きくなることから、乖離距離の増大に応じて、グラフの傾きが大きくなっている。なお、隔離距離は楕円などの閉じた曲線だけでなく、運転知識による任意の曲線等で領域を区画して定義されてもよい。このようにスコア化するためのロジックは専門的な運転知識に基づいて設定される。なお、各項目別異常度指標化部42B2の出力は、0以上1以下の数値となるように正規化されている。

[0066] 項目別異常度設定部42Dは、乖離距離を数値化(スコア化。「指標化」と呼ばれる場合もある。)するためのロジックを設定する。ロジックは、専門的な運転知識に基づいて感覚的・主観的に設定されるものであってもよく、また、プロセスデータごとに異なるものであってもよい。ロジックは、例えば、図4(B)に示されるグラフ等の関数によって定められるものであってもよく、更に、経時変化等を考慮して動的に変更されるものであってもよい。

- [0067] ノイズ除去部42B3は、項目別異常度指標化部42B2によって数値化されたデータのうち、ノイズ等に起因して発生する瞬時値などを除去する。以上のプロセスにより最下層の評価要素である各監視項目についてスコア化が行われる。このことから項目別異常度設定部42Dにおける数値化は、スコア化に相当する。
- [0068] 中階層総合部42B4は、複数の評価要素のスコアに基づいて、中階層の評価要素をスコア化する。中階層の評価要素は、（存在する場合）更に下層の評価要素のスコアに基づいてスコア化され、下層の評価要素は、（存在する場合）更に下層の評価要素のスコアに基づいてスコア化され、最下層の評価要素は、プロセスデータが取得される監視項目に相当する。従って中階層に属するある評価要素は、全てのプロセスデータのうち、その中階層の評価要素の下層に属する監視項目（「第1グループ」の一例）のプロセスデータに基づいて取得されているといえ、同じ中階層に属する他の評価要素は、全てのプロセスデータのうち、その中階層の評価要素の下層に属する監視項目（「第2グループ」の一例）のプロセスデータに基づいて取得されているといえる。第1グループの監視項目と、第2グループの監視項目は、完全に異なる場合と、一部のみ異なる場合がある。一部のみ異なる場合とは、ある監視項目が、ある評価要素に影響し、かつ、他の評価要素に影響する場合である。同様に、あるグループの監視項目と、他のグループの監視項目は、完全に異なる場合と、一部のみ異なる場合がある。
- [0069] 図3では、2つの評価要素のスコアに基づいて、中階層の評価要素をスコア化している例が示されているが、これに限られるものではなく、3以上の評価要素のスコアに基づいてスコア化してもよい。プロセスデータがn種類の場合、中階層総合部42B4は、m個（但し、 $2 \leq m < n$ の整数）設けられる。中階層の評価要素をスコア化するためのロジックは、中階層総合部42B4ごとに異なるものであってもよい。例えば、下層に属する複数の評価要素のスコアのうち、最大値のスコアを中階層の評価要素のスコアとするように、中階層総合部42B4は構成されていてもよい。なお、本実施形態は

、3階層（レベル）であるから、中階層の下層に属する複数の評価要素は、プロセスデータが取得される監視項目となる。

[0070] 全要素総合部4 2 B 5は、下層の評価要素のスコアの最大値や最小値、あるいは数学的なアルゴリズムを利用して上層の評価要素をスコア化する。上層の評価要素は、下層の評価要素のスコアに基づいてスコア化され、下層の評価要素は、更に下層の評価要素のスコアに基づいてスコア化され、最下層の評価要素は、プロセスデータが取得される監視項目に相当する。従って最上層の評価要素は、その下層に属する原則として全てのプロセスデータに基づいて取得されているといえる。

[0071] 総合化方法設定部4 2 Eは、全要素総合部4 2 B 5に必要なパラメータを設定する。全要素総合部4 2 B 5で、評価要素を最大値や最小値によりスコア化する場合には設定は不要であるが、例えばより一般的に線形結合（最大値や最小値の一般型）によりスコア化する場合には重み付け係数を設定する。あるいは数学的なアルゴリズムによりスコア化する場合には、アルゴリズムに固有なパラメータを設定する。これらの重み付け係数やモデルパラメータは専門的な運転知識に基づいて、各評価要素（又は監視項目）の判断結果に基づき総合診断を下すロジックをモデル化したものであり、各評価要素の重要度に応じて重み付けされ、かつ、各評価要素の組み合わせを考慮して設定される。

[0072] 3層構造の場合、この層は最上層に相当するから、評価要素を総合指標等と呼んでもよい。また、本実施形態においては、スコアが高いほど最適な運転状態から乖離していることから、スコアを異常度又は総合異常度と呼んでもよい。

[0073] [物理構成]

図5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している。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 3 0 の物理的構成について説明する。

- [0074] 運転支援システム 3 0 は、演算部に相当する CPU (Central Processing Unit) 3 0 A と、記憶部に相当する RAM (Random Access Memory) 3 0 B 及び ROM (Read only Memory) 3 0 C と、通信部 3 0 D と、入力部 3 0 E と、表示部 3 0 F 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 3 0 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 3 0 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 3 0 F は、複数台のディスプレイから構成されてもよい。また、図 5 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、ROM 3 0 C 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。
- [0075] CPU 3 0 A は、ROM 3 0 C 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。CPU 3 0 A は、プロセッサを備える。CPU 3 0 A は、RAM 3 0 B、ROM 3 0 C、通信部 3 0 D 及び入力部 3 0 E 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 3 0 F に表示させたり、RAM 3 0 B または ROM 3 0 C に格納させたりする。
- [0076] RAM 3 0 B は、記憶部のうちキャッシュメモリ・メインメモリ等の一次記憶として機能するものであり、例えば SRAM 及び DRAM 等の揮発性の半導体記憶素子で構成されてよい。ROM 3 0 C は、記憶部のうち二次記憶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。ROM 3 0 C 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非一時的 (Non-transitory) に記憶してよい。
- [0077] 通信部 3 0 D は、運転支援システム 3 0 を DCS 2 0 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 3 0 D 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。

[0078] 入力部30Eは、運転員からデータの入力等（本開示における重要ワードの選択及び追加ガイド情報の入力を含む）を受け付けるものであり、例えば、マウス、キーボード及びタッチパネルを含んでよい。

[0079] 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。

[0080] 上記のような物理的構成において、主としてCPU30Aが記憶部44に格納されるコンピュータプログラムを読み出して実行することにより監視装置40のスコア表示制御部42を構成する各機能を含む本実施形態に示される各処理を実現することが可能である。また、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。

[0081] [表示方法]

以下、本実施形態に係る表示方法を含む一連のプロセスについて説明する。

[0082] 図6は、最上層（「第1レベル」の一例）に属するプラント全体（「第1要素」の一例）の運転状態（「第1要素の状態量」の一例）を示すスコア（「第1スコア」の一例）を表示する表示装置50の表示画面の一例（「第1画面」の一例）である。表示装置50は、スコア表示制御部42の制御に従ってスコア情報等を表示可能に構成される。

[0083] 表示画面の領域AR11には、プラント全体の運転状態を示す総合的なスコアが表示される。このスコアは、全要素総合部42B5によってスコア化された最上層の評価要素のスコアに相当する。本実施形態では、実施形態では乖離が大きいほど数値が大きくなるようにスコア化されることから、プラント全体の総合的なスコアは、「総合異常度」等と呼ばれる場合がある。

[0084] 表示画面の領域AR12には、下層の評価要素が表示される。本実施形態に係る階層構造において、最上層の評価要素であるプラント全体の運転状態の下層である中階層（「第2レベル」の一例）は、部材品質（「第2要素」

の一例)、熱状態(「第3要素」の一例)、効率(「第2要素」の一例)等の7つの評価要素から構成されることが示される。

[0085] 表示画面の領域AR13には、下層の各評価要素のスコアを示すレーダーチャートが表示される。例えば、「部材品質」のスコア(「第2スコア」の一例)は70であり、「熱状態」のスコア(「第3スコア」の一例)は40である。表示形式は、様々なものを利用可能であり、例えば、棒グラフで各評価要素のスコアを表示してもよい。また、必ずしもスコアの値を表示しなくてもよい。スコアの値を表示しなくても評価要素間の比較が可能であり、従って、対策を講じるべき評価要素を特定することが可能だからである。

[0086] なおこの表示画面には、記憶部44から読み出された総合異常度の1年間のスコア履歴及び過去24時間の総合異常度の最大値、最小値及び平均値が表示される。従って、プラント全体の運転状態の傾向を把握することも可能となる。

[0087] 総合異常度が62であることから、オペレータはこの表示画面を見ることにより、プラント1の運転状態がそれほど良い状態ではないことを把握することが可能となる。また、下層の評価要素の一つである「部材品質」のスコアが他の評価要素よりも高いことから、「部材品質」が異常の原因であると推測することが可能となる。

[0088] この画面の領域AR12で「部材品質」を選択した状態で、図面の右矢印として示される遷移ボタンをオペレータが押下すると、図7で示される表示画面に遷移する。

[0089] 図7は、中階層に属する「部材品質」の状態を示すスコアを表示する表示装置50の表示画面(「第2画面」の一例)の一例である。

[0090] 表示画面の領域AR21には、「部材品質」のスコアが表示される。このスコアは、中階層総合部42B4によってスコア化された中階層の評価要素のスコアに相当する。このスコアは、所定のロジックに従って、下層の評価要素のスコアに基づいて取得される。

[0091] 表示画面の領域AR22には、下層の評価要素が表示される。本実施形態

に係る階層構造において、中階層の評価要素である部材品質の下層である最下層（「第3レベル」の一例）は、「重要項目群1」（「第4要素」の一例）、「重要項目群2」（「第4要素」の一例）等の5つの評価要素から構成されることが示される。「重要項目群1」は、更に下層の監視項目である「圧力1スコア」及び「温度1スコア」（「第3グループ」の一例）に基づいてスコア化される。

[0092] 表示画面の領域AR23には、下層の各評価要素のスコア（「第4スコア」の一例）が表示される。オペレータは、「重要項目群1」及び「重要項目群3」のスコアが高いことから、これらが異常の原因であると推測することが可能となる。なお、同図に示されるように、下層の評価要素のスコア履歴を表示可能に構成してもよい。

[0093] この画面の領域AR22で「重要項目群1」を選択した状態で、図面の右矢印として示される遷移ボタンをオペレータが押下すると、図8で示される表示画面に遷移する。

[0094] 図8は、下層の中階層及び最下層を同時に表示した表示画面の一例を示している。下層の中階層の評価要素は、「重要項目群1」である。「重要項目群1」の下層である最下層の評価要素は、「圧力1」及び「温度1」である。

[0095] 表示画面の領域AR31には、「重要項目群1」、「圧力1」及び「温度1」のスコアが表示される。「重要項目群1」のスコアは、中階層総合部42B4によってスコア化された中階層の評価要素のスコアに相当する。「圧力1」及び「温度1」のスコアは、項目別異常度指標化部42B2によってスコア化された最下層の評価要素である監視項目のスコアに相当する。

[0096] 表示画面の領域AR32には、監視項目のプロセスデータを示す散布図も表示される。

[0097] なおこの表示画面には、記憶部44から読み出された「圧力1」及び「温度1」のスコア履歴が表示される。従って、これらプロセスデータの状態の傾向を把握することも可能となる。

[0098] 以上のとおりであるから、本実施形態に係る表示装置及び表示方法によれば、対象物であるプラント1を例えば100個以上の多数の状態量から監視等する場合に、その対象物の運転状態等を複数の評価要素について階層的に評価することを可能とすると共に、ある評価要素の評価要因となる状態量を容易に特定することが可能となる。

[0099] なお、表示装置及び表示方法は、各評価要素のスコアに応じて、アラームを表示及び発報するように構成されてもよい。

[0100] 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、実施形態における一部の構成要素を、他の知られた構成と置換することができるし、他の知られた構成を追加してもよい。例えば、中階層総合部42B4においてファジィ推論に基づいて評価要素の指標化を実施してもよい。

符号の説明

- [0101]
- | | |
|-----|---------|
| 1 | プラント |
| 2 | 火炉 |
| 2 a | 燃料供給口 |
| 2 b | ガス出口 |
| 2 c | 給気ライン |
| 2 d | 排出口 |
| 3 | サイクロン |
| 3 a | 排ガス流路 |
| 4 | 循環材回収管 |
| 4 a | ループシール部 |
| 5 | 後部煙道 |
| 6 | 炉壁管 |
| 7 | ポンプ |
| 7 a | ポンプ |
| 8 | 蒸気ドラム |

- 8 a 降水管
- 8 b 飽和蒸気管
- 1 0 過熱器
- 1 2 節炭器
- 3 0 運転支援システム
- 3 0 D 通信部
- 3 0 E 入力部
- 3 0 F 表示部
- 3 2 クラウドコンピューティング部
- 4 0 監視装置
- 4 2 スコア表示制御部
- 4 2 A プロセスデータ取得部
- 4 2 B スコア化部
- 4 2 B 1 乖離距離取得部
- 4 2 B 2 項目別異常度指標化部
- 4 2 B 3 ノイズ除去部
- 4 2 B 4 中階層総合部
- 4 2 B 5 全要素総合部
- 4 2 C スコア情報表示部
- 4 2 D 項目別異常度設定部
- 4 2 E 総合化方法設定部
- 4 4 記憶部
- 5 0 表示装置
- 1 0 0 タービン
- 1 0 2 復水器
- u 1 補給水流量
- u 2 ボイラ給水流量
- u 3 ボイラ出口蒸気流量

u 4 飽和蒸気流量

請求の範囲

- [請求項1] 対象物の複数種類の状態量から、第1レベルに属する第1要素の状態量を示す第1スコアと、
前記複数種類の一部である第1グループの前記状態量から、第2レベルに属する第2要素の状態量を示す第2スコアと、
前記複数種類の一部である第2グループの前記状態量から、前記第2レベルに属する第3要素の状態量を示す第3スコアと、
を表示可能に構成される表示装置。
- [請求項2] 前記第1スコアと、前記第2スコアと、前記第3スコアとを同一の画面に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] 前記第1グループの一部である第3グループの前記状態量から、第3レベルに属する第4要素の状態量を示す第4スコアを更に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] 前記第2スコアと、前記第4スコアとを同一の第2画面に表示可能に構成され、
前記第1スコアと、前記第2スコアと、前記第3スコアとを表示する前記画面から、前記第2画面に遷移可能に構成される、
請求項2を引用する請求項3に記載の表示装置。
- [請求項5] 前記第1スコアは、前記第2スコア及び前記第3スコアに基づいて取得される、
請求項1乃至4の何れか一項に記載の表示装置。
- [請求項6] 前記複数種類の状態量のうち、少なくとも一つの前記状態量を表示可能に構成される、
請求項1乃至5の何れか一項に記載の表示装置。
- [請求項7] 前記対象物は、プラントであり、
前記状態量は、プロセスデータである、
請求項1乃至6の何れか一項に記載の表示装置。

- [請求項8] 対象物の複数種類の状態量から、第1レベルに属する第1要素の状態量を示す第1スコアを表示するステップと、
前記複数種類の一部である第1グループの前記状態量から、第2レベルに属する第2要素の状態量を示す第2スコアを表示するステップと、
前記複数種類の一部である第2グループの前記状態量から、前記第2レベルに属する第3要素の状態量を示す第3スコアを表示するステップと、
を含む表示方法。
- [請求項9] 対象物の複数種類の状態量から、第1レベルに属する第1要素の状態量を示す第1スコアを表示装置に表示させ、
前記複数種類の一部である第1グループの前記状態量から、第2レベルに属する第2要素の状態量を示す第2スコアを前記表示装置に表示させ、
前記複数種類の一部である第2グループの前記状態量から、前記第2レベルに属する第3要素の状態量を示す第3スコアを表示装置に表示させるように前記表示装置を制御する、
制御装置。
- [請求項10] コンピュータに、
対象物の複数種類の状態量から、第1レベルに属する第1要素の状態量を示す第1スコアを表示装置に表示させ、
前記複数種類の一部である第1グループの前記状態量から、第2レベルに属する第2要素の状態量を示す第2スコアを前記表示装置に表示させ、
前記複数種類の一部である第2グループの前記状態量から、前記第2レベルに属する第3要素の状態量を示す第3スコアを表示装置に表示させるための制御命令を生成させる、
コンピュータプログラム。