

明 細 書

発明の名称：

エネルギー管理方法およびそのシステム並びにＧＵＩ方法

技術分野

[0001] 本発明は、エネルギー管理およびそのシステム並びにＧＵＩ方法に関する。詳細には、推定モデルを用いたエネルギー管理方法およびそのシステム並びにＧＵＩ方法に関する。

本願は、２０１１年２月２８日に出願された日本国特許出願第２０１１－０４２４１３号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 特許、特許出願、特許公報、科学文献等を以下で引用し明らかにするが、本発明の従来技術をより十分に説明するため、それらの内容をここに援用する。

近年、地球温暖化を防止するための温室効果ガスの削減と、限りある資源を有効利用することが強く求められている。そこで、電気、燃料、蒸気、熱、圧縮空気などの各種エネルギーを使用するのにあたり、これらのエネルギーをより効率よく利用するために、様々なエネルギー管理技術が提案され、実用化されている。

[0003] 具体的なエネルギー管理手法として、たとえば特許文献１は、設備改修による省エネルギー量を環境要因の変化に影響されることなく正確に推定できるように、エネルギー消費量を推定する推定モデルの推定因子に、環境要因を組み込む手法を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００７－１８３２２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、たとえば工場全体もしくはプラント全体におけるエネルギーの使用効率を改善するためには、工場で用いるそれぞれの設備の推定モデルの推定因子に環境要因を組み込むだけでは不十分と考えられる。

[0006] すなわち、推定モデルを用いて工場全体のエネルギー使用効率の最適化を図るのにあたっては、環境要因に加え、更に、推定モデルに工場の設備単位ごとの運転モードや工場全体の操業モードなどに対応したエネルギー特性も反映させることが望ましい。

[0007] 本発明は、このような問題点に着目したものであり、高精度にエネルギー使用効率の最適化が行えるエネルギー管理技術を実現する。

課題を解決するための手段

[0008] エネルギー管理方法は、エネルギー管理対象物を特定するステップと、前記エネルギー管理対象物の時間遷移しうるステータスをモニタリングするステップと、前記エネルギー管理対象物の少なくとも1つのステータスに対応する、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するための少なくとも1つの推定モデルを定義するステップと、を含む。

[0009] 前記推定モデルを定義するステップは、前記エネルギー管理対象物の複数の異なるステータスの各々に対応する、複数の前記推定モデルを定義するステップであってもよい。

[0010] 前記エネルギー管理方法は、前記複数の推定モデルに基づいて、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するステップを更に含んでもよい。

[0011] 前記エネルギー管理対象物は、デバイス、機器、装置、設備、施設、工程ライン、工場の少なくとも1つを含んでもよい。

[0012] 前記エネルギー管理方法は、前記エネルギー管理対象物を、複数のバウンダリに分割するステップ、を更に含み、前記モニタリングするステップは、前記複数のバウンダリのうち少なくとも1つの時間遷移しうるステータスをモニタリングし、前記推定モデルを定義するステップは、前記バウンダリの

少なくとも1つのステータスに対応する、少なくとも1つの推定モデルを定義してもよい。

[0013] 前記エネルギー管理方法は、前記推定モデルを、前記複数の異なるステータスの各々におけるエネルギー消費量およびエネルギー変換量の少なくとも1つの実測値に基づき修正するステップ、を更に含んでもよい。

[0014] 前記推定モデルを修正するステップは、前記推定モデルの自動修正の可／否の選択をすることと、前記推定モデルの修正の履歴を複数保存し、修正前の前記推定モデルの選択を可能とすることと、を含んでもよい。

[0015] 設備の1つのステータスに対応する前記推定モデルを、銘柄ごとに分けて定義してもよい。

[0016] 前記推定モデルは、異なる設備のバウンダリを二個以上関連付けて合成される複合モデルであってもよい。

[0017] エネルギー管理装置は、稼動することによりエネルギーを消費または変換するエネルギー管理対象物のエネルギー消費量およびエネルギー変換量を実測し、前記エネルギー管理対象物の時間遷移しうるステータスをモニタリングする監視部と、前記エネルギー管理対象物の少なくとも1つのステータスに対応する、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するための少なくとも1つの推定モデルを定義する推定モデル定義部と、前記推定モデルを格納する推定モデル格納部と、前記推定モデル格納部に格納されている前記推定モデルを、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴う前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量に基づき修正し、前記推定モデル格納部に格納する推定モデル修正部と、を備える。

[0018] 前記監視部は、前記エネルギー管理対象物を分割することによって生成される複数のバウンダリの各々のエネルギー消費量およびエネルギー変換量を実測し、前記複数のバウンダリの各々の時間遷移しうるステータスをモニタリングし、前記推定モデル定義部は、前記複数のバウンダリの各々の少なくとも1つのステータスに対応する、前記複数のバウンダリの各々の稼動に伴

うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するための少なくとも 1 つの推定モデルを定義し、前記推定モデル修正部は、前記推定モデルを、前記複数のバウンダリの各々の稼動に伴う前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量に基づき修正し、前記推定モデル格納部に格納してもよい。

[0019] エネルギー管理システムの GUI 方法は、エネルギー生成設備、エネルギー分配設備、エネルギー需要設備、の中から、複数のエネルギー管理対象物を特定するステップと、前記エネルギー管理対象物の時間遷移しうるステータスをモニタリングするステップと、前記エネルギー管理対象物の 1 つのステータスに対応する推定モデルを定義するステップと、定義された前記推定モデルに基づいて、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するステップと、前記エネルギー需要設備を含む第 1 のバウンダリと、前記エネルギー生成設備およびエネルギー分配設備の少なくとも 1 つを含む第 2 のバウンダリと、を互いに関連付けて表示する表示ステップと、を含む。

[0020] 前記表示ステップにおいて、一次情報である過去の設備エネルギー値と、前記一次情報にもとづいて加工または生成された二次情報と、が分別して表示されてもよい。

[0021] 前記表示ステップにおいて、前記一次情報のみを扱う第 1 の表示・操作ウィンドウ画面と、前記二次情報のみを扱う第 2 の表示・操作ウィンドウ画面と、が系統分けて表示されてもよい。

[0022] 前記表示ステップにおいて、前記ステータスが、動的な状態遷移図で表示されてもよい。

[0023] 前記動的な状態遷移図は、前記エネルギー管理対象物のバウンダリ内設備と対応させた階層構造のバブルチャートであってもよい。

[0024] 前記バブルチャートは、前記エネルギー対象物の稼動に伴い時間軸上を推移するそれぞれの前記設備ステータスに対応する入力定義および／または出力表示を行うバブルと、任意の前記バブル間を接続してこれらの設備ステータス間で遷移経路を特定する状態移行ルートと、を含み、前記状態移行ルー

トは、前記任意の設備ステータス間の移行期間中の状態を、境界条件として定義できてもよい。

[0025] 前記エネルギー管理対象物は、生産スケジュール情報に基づいて稼動し、前記エネルギー管理システムのG U I方法は、前記推定モデルおよび前記生産スケジュール情報に基づいて将来の前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量を推定するステップ、を更に含んでもよい。

[0026] 生産スケジュールに基づいて稼動し、稼動することによりエネルギーを消費および変換する、エネルギー管理設備と、前記エネルギー管理設備の時間遷移しうるステータス、エネルギー消費量およびエネルギー変換量をモニタリングする監視部と、外部情報を取得して出力する外部情報入力部と、前記外部情報に基づいて、前記エネルギー管理設備における前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量を管理するためのエネルギー管理装置と、を備える、エネルギー管理システムであって、前記エネルギー管理装置は、前記生産スケジュール情報を格納する、生産スケジュール情報格納部と、前記エネルギー管理設備の設備情報を格納する、設備情報格納部と、前記外部情報入力部が取得した前記外部情報を格納する、外部変動因子情報格納部と、前記監視部から前記エネルギー管理設備のエネルギー消費量およびエネルギー変換量を設備実績値として受信して格納する、設備実績値格納部と、前記エネルギー管理対象物を複数のバウンダリに分割するバウンダリ設定部と、前記生産スケジュール情報、前記設備情報、前記設備実績値に基づき、前記複数のバウンダリの各々における、少なくとも1つの前記ステータスに対応する、エネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するための複数の推定モデルを定義する、推定モデル定義部と、前記設備実績値および前記外部情報に基づき、前記複数の推定モデルを修正する、推定モデル修正部と、前記推定モデル修正部で修正された前記複数の推定モデルを合成してG U Iで表示する、G U I表示部と、を備える。

[0027] 前記G U I表示部は、前記推定モデルおよび前記生産スケジュール情報に基づいて、将来の前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量を推定

して表示してもよい。

発明の効果

[0028] 本発明により、高精度にエネルギー使用効率の最適化が行える。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明に係るエネルギー管理方法が適用されるエネルギー管理システムの一実施形態を示すブロック図である。

[図2]図1の動作の流れを説明するフローチャートである。

[図3]エネルギー入力方式のフローチャート例である。

[図4]バブルチャート入力方式のフローチャート例図である。

[図5A]図2のフローチャートの処理により生成されるエネルギー特性例図である。

[図5B]時間軸での設備1のステータス変化とエネルギー消費量の関係を示した図である。

[図6A]本発明に係る複数のバウンダリの分割設定例図である。

[図6B]本発明に係る複数のバウンダリの分割設定例図である。

[図6C]本発明に係る複数のバウンダリの分割設定例図である。

[図7]生産計画に基づいてオペレータが設備運転計画を割り付けた図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。本発

明の実施形態の以下の説明は、添付のクレームで規定される発明及びその均等物を単に具体的に説明するものであって、それらを限定することを目的と

していないことは、本開示内容に基づき当業者にとって明らかである。

なお、以下の説明において、「エネルギー」とは、ISO50001の定

義と同様に、電気、燃料、蒸気、熱、圧縮空気およびその他類似の媒体をい

う。

[0031] 「設備」とは、エネルギー管理対象物と位置付けられる物理的空間の総称

であって、たとえば工場、工場内に設置される各種の工程ライン、これら工

程ラインを構成したり付帯する要素部品や機器や装置や狭義の設備、これら

工程ラインとは独立した形態で工場内に設置される施設、狭義の設備、機器、要素などを含む。

[0032] 「工場」とは、複数あるいは単一の銘柄の製品を製造する施設（群）で、複数または単一の工程ラインとこれらにエネルギー等を供給するエネルギー供給施設／設備等で構成される。例えば半導体工場や石油化学工場などの例がある。

[0033] 「施設」とは、特定の目的のために作られた建物や設備である。工場内エネルギー供給施設やプリント基板製造施設などの例がある。プリント基板製造施設には、単数あるいは複数の工程ラインが設備される。

[0034] 「工程ライン」とは、複数あるいは単一の銘柄の製品を生産する一連の設備や装置によって構成される生産の単位である。例えば自動車組み立て工程ラインなどがある。狭義の設備とは複数あるいは単一の装置や機器で構成される機能の単位である。脱硫設備や熱源設備などの例がある。

[0035] 「装置」とは、一定の機能を持った機構のひとまとまりである。半導体製造装置などの例がある。

「機器」とは、器具、器械、機構の総称である。モータやポンプなどが機器の例である。

「デバイス」とは、特定の機能を有す装置、器具である。設備や機器の構成物として用いられる。蒸気流量センサーやバルブなどが例としてあげられる。

[0036] 「バウンダリ」とは、これら広義の設備をエネルギー管理対象物として定めることができる任意の閉空間をいう。すなわち、上述した広義の設備群の一部分、すなわち、たとえば工場の一部分を、エネルギー管理対象物として定めることを、バウンダリという。バウンダリによって定められたエネルギー管理対象物の、エネルギー消費量および変換量の管理を行う。このバウンダリは、自由に定義や変更ができ、ソフトウェアの数式による推定モデルの対象にもなりうる。このような数式モデルは、エネルギーマネジメント目的に応じて、複数の数式モデル群を合成したり、複数の数式モデルに細分化し

て階層化することも可能である。

[0037] エネルギーマネジメントの大きな目的は、エネルギーの有効利用にあるが、詳細な目的としては、エネルギーの無駄な使用の発見と対策、設備（群）あるいはバウンダリ単位のエネルギー効率目標からの逸脱の管理と対策、エネルギーの調達計画のための消費量予測、生産銘柄ごとのエネルギー効率の管理と対策などがある。

[0038] 本発明では、エネルギーを扱う目的に応じて、エネルギー使用に係わる設備をエネルギー需要設備に分類し、エネルギー供給に係わる設備をエネルギー供給設備として分類している。

[0039] エネルギー需要設備の代表例には工場がある。工場は、構成単位で細分階層化することができる。たとえば、装置、設備（狭義）、施設、ライン単位にバウンダリ設定された集合モデルとして扱うこともできる。

[0040] 一般に、工場などのエネルギー需要設備におけるエネルギー使用効率管理は、エネルギー需要設備を、適切な数の複数のバウンダリ（サブ設備）に分ける。そして、それぞれのサブ設備、あるいはサブ設備の群ごとに、エネルギー使用効率管理が行われる。その他、組織単位や建物単位でのエネルギー使用効率管理も行われる。また、バウンダリ設定は、エネルギー使用量や計測の容易性などを考慮して行われる。一般に、電気炉などの顕著なエネルギー消費設備は、エネルギー需要設備における重点マネジメント対象設備と位置付けられており、組立てラインなどの他設備とは別枠でエネルギー管理を行うのが良いとされている。すなわち、電気炉などの顕著なエネルギー消費設備は、別枠のバウンダリとして扱うと、エネルギー管理を効率的に行うことができる。

[0041] エネルギー管理のためには、計測と分析が必要であり、このためにはコストがかかる。このため、エネルギー消費が大きい設備や、大きなエネルギー効率改善が可能な設備からエネルギー管理を始め、徐々に管理の範囲を拡大していくのが投資回収の観点で合理的であるためである。

[0042] 一方、エネルギー供給設備の代表的なものには、いわゆるB T G（ボイラ

、タービン、ジェネレータの略)がある。多くのエネルギー需要設備では、エネルギー供給設備であるBTGの出力すなわち蒸気、電力等を生産、運転、操業など稼働用の動力源として利用している。エネルギー供給設備においても、エネルギー需要設備と同様に、バウンダリを階層状に細分化することにより、任意のバウンダリ設定が可能である。エネルギー供給設備の目的はエネルギーの変換である。たとえば燃料から蒸気や電気エネルギーへの変換を行う。

[0043] 図1は、本発明に係るエネルギー管理方法が適用されるエネルギー管理システムの一実施形態を示すブロック図である。図1において、エネルギー供給設備1は、エネルギーを生成するエネルギー生成設備1aと、エネルギー生成設備1aで生成されたエネルギーをエネルギー需要設備2に分配するエネルギー分配設備1bとを備える。

[0044] エネルギー生成設備1aは、エネルギー生成設備1aが操作設定される運転稼働条件に応じて適切に運転稼働されるように監視制御するための監視制御システム1asを備える。エネルギー分配設備1bは、エネルギー分配設備1bが操作設定される運転稼働条件に応じて適切に運転稼働されるように監視制御するための監視制御システム1bsを備える。エネルギー需要設備2は、エネルギー需要設備2が操作設定される運転稼働条件に応じて適切に運転稼働されるように監視制御するための監視制御システム2sを備える。監視制御システム1as、1bs、2sは、それぞれの設備の構成に適合するセンサー類や制御機器類を備える。

[0045] 監視制御システム1as、1bs、2sは、通信ネットワーク3を介して外部情報入力部4およびエネルギー管理装置5と接続されている。なお、監視制御システム1as、1bs、2sのうち、エネルギー管理装置5と近接しているものについては、通信ネットワーク3とは別の通信回線を介して直接接続してもよい。

[0046] 外部情報入力部4は、たとえば気象予報値や気象観測値などの気象データを取得し、通信ネットワーク3を介してエネルギー管理装置5に提供するサ

ービス機能を有する。なお、外部情報入力部4の機能は、監視制御システム1 a s、1 b s、2 sのいずれかが行ってもよい。

[0047] エネルギー供給設備1やエネルギー需要設備2の特性は、気温や湿度など気象条件の影響を受ける場合がある。外部情報入力部4により気象予報値や気象観測値などの気象データを取得してエネルギー管理装置5に取り込む。エネルギー管理装置5に取り込んだ気象データを用いて、気象データとエネルギー消費量の関係をモデル化したり、解析する。

[0048] エネルギー管理装置5は、たとえば少なくとも1台のPCやWSなどで構成される。エネルギー管理装置5は、インタフェース機能、表示操作機能など、各種情報を取得し、生成し、管理し、検証し、調整し、格納する機能などを備えている。

[0049] エネルギー管理装置5は、設備外部情報インタフェース部5 aと、GUI表示操作部5 bと、一次情報インタフェース部5 cと、生産スケジューリング情報取得部5 dと、生産スケジュール情報格納部5 eと、設備エネルギー特性生成部5 fと、設備情報取得部5 gと、設備情報格納部5 hと、外部変動因子情報取得部5 iと、外部変動因子情報格納部5 jと、設備エネルギー特性調整部5 kと、設備実績値格納部5 mと、設備エネルギー特性検証部5 nと、二次情報インタフェース部5 pと、設備エネルギー特性合成部5 qと、推定モデル格納部5 rと、を備える。

[0050] エネルギー管理装置5において、設備外部情報インタフェース部5 aは、通信ネットワーク3を介してエネルギー管理装置5と外部装置などとの間で各種情報の授受処理を行う入出力機能を有している。設備外部情報インタフェース部5 aは、オペレータからの入力操作対応機能やオペレータなどへの表示機能を有するGUI表示操作部5 bに接続される。また、設備外部情報インタフェース部5 aは、一次情報インタフェース部5 cにも接続されている。

[0051] GUI表示操作部5 bは、GUIを用いた表示機能と操作インタフェース機能とを備える。GUI表示操作部5 bは、たとえばウインドウ表示を行

うにあたり、同一ウィンドウ内での一括表示や、複数ウィンドウでも表示枠に共通のデザインやカラー配色を施すなどにより、表示機能と操作インターフェース機能に統一感を持たせることができる。

[0052] 一次情報インターフェース部 5 c には生産スケジュール取得部 5 d が接続されている。生産スケジュール取得部 5 d には生産スケジュール格納部 5 e が接続されている。生産スケジュール格納部 5 e は設備エネルギー特性生成部 5 f（推定モデル定義部）に接続されている。

[0053] 生産スケジュール情報取得部 5 d は、図示しない外部サーバーに格納されている銘柄などの生産情報やスケジュール情報を含む生産スケジュール情報を、通信機能を用いてエネルギー管理装置 5 に取り込み生産スケジュール情報格納部 5 e に格納する。なお、生産スケジュール情報は、オペレータが G U I 表示操作部 5 b を介して直接入力してもよい。

[0054] また、一次情報インターフェース部 5 c には設備情報取得部 5 g が接続されている。設備情報取得部 5 g には設備情報格納部 5 h が接続されている。設備情報格納部 5 h は設備エネルギー特性生成部 5 f に接続されている。

[0055] 設備情報取得部 5 g は図示しない外部サーバーに格納されている設備情報（バウンダリ内の設備情報）を取得する。また設備情報取得部 5 g は、設備情報をエネルギー管理対象から直接取得する。また設備情報取得部 5 g は、オペレータが G U I 表示操作部 5 b を操作して登録、変更、削除などを行った設備情報を取得する。設備情報取得部 5 g は取得した設備情報を、設備情報格納部 5 h に格納する。設備情報は、個々の設備に関する情報で一般的な設備情報（名称、型名、機能、仕様など）を指す。

[0056] そして、一次情報インターフェース部 5 c には外部変動因子情報取得部 5 i が接続されている。外部変動因子情報取得部 5 i には外部変動因子情報格納部 5 j が接続されている。外部変動因子情報格納部 5 j は設備エネルギー特性調整部 5 k および設備エネルギー特性検証部 5 n に接続されている。

[0057] 外部変動因子情報取得部 5 i は、外部情報入力部 4 に入力される外部情報、たとえば前述のような気象データを取得して外部変動因子情報として外部

変動因子情報格納部 5 j に格納する。

[0058] さらに、一次情報インターフェース部 5 c には設備実績値格納部 5 m が接続されている。設備実績値格納部 5 m は設備エネルギー生成部 5 f と設備エネルギー特性調整部 5 k および設備エネルギー特性検証部 5 n に接続されている。

[0059] 監視制御システム 1 a s、1 b s、2 s は、監視情報を取得する。監視情報は、監視制御システム 1 a s、1 b s、2 s がエネルギー生成設備 1 a、エネルギー分配設備 1 b、エネルギー需要設備 2 を監視することによって得られる情報である。設備実績値格納部 5 m は、監視制御システム 1 a s、1 b s、2 s が取得した監視情報を受信し、管理対象の設備エネルギー実績データとして格納する。すなわち設備やバウンダリ内のエネルギー消費量は、設備実績値格納部 5 m に集められる。

[0060] 生産スケジュール情報格納部 5 e は、生産スケジュール情報を格納する。設備情報格納部 5 h は、設備情報を格納する。外部変動因子情報格納部 5 j は、外部変動因子情報を格納する。設備実績値格納部 5 m は、設備エネルギー実績データを格納する。生産スケジュール情報格納部 5 e に格納される生産スケジュール情報、設備情報格納部 5 h に格納される設備情報、外部変動因子情報格納部 5 j に格納される外部変動因子情報および設備実績値格納部 5 m に格納される設備エネルギー実績データは、原則として設備外部情報インターフェース部 5 a を介して取り込まれ格納される処理加工前の実データであり、G U I 表示操作部 5 b から見て一次情報インターフェース部 5 c に属する情報として分類される。

[0061] 次に、二次情報インターフェース部 5 p を介してアクセスする構成要素を説明する。二次情報とは、実際の設備の情報やセンサーからの測定値などの一次情報ではなく、本エネルギー管理装置にて管理対象とする、各バウンダリのエネルギーに係わる予測値及び／又は推定値等の情報を指す。以下に二次情報インターフェース部 5 p と接続する各部の説明を行う。

[0062] 設備エネルギー特性生成部 5 f は、エネルギー推定モデルを定義する対象

範囲（バウンダリ）内にある各設備群の推定モデルを定義する。具体的には、生産スケジュール情報格納部 5 e に格納されている生産スケジュール情報、設備情報格納部 5 h に格納されている実際の設備情報および設備実績値格納部 5 m に格納されている実際の設備エネルギー実績データに基づき、生産銘柄や設備のステータス（状態）毎にエネルギー消費特性およびまたはエネルギー供給特性をたとえばテーブル形式で、それぞれの設備の推定モデルとして定義する。

[0063] 設備のステータス（状態）とは、例えば、設備が稼働中か停止中かである。さらに、稼働中は、スタンバイ中、立ち上げ中、生産中、シャットダウン中などに分かれる。図 5 B にステータスの例が示されている。

[0064] 生産銘柄ごとのエネルギー消費特性は、複数の銘柄を生産する設備の場合には生産銘柄に紐づけてエネルギー消費量を計量することで得られる。工場としての最終的な生産銘柄は、その構成要素に分解して消費量を把握する。この構成要素への分解は、生産計画を立案する際に一般に行われている各設備や装置の稼働計画にブレイクダウンする場合と同様の手法で行うことができる。具体的には、最終的な生産銘柄を、構成部品や原材料などの構成要素に分解し、それぞれの構成要素を実際に生産した設備の消費エネルギーを計量する。一般的に構成要素への分解とエネルギー消費量の計量は、コストや手間がかかるため、生産銘柄の工場全体の生産量に対する比率や、生産に関わる設備群のエネルギー使用量の構成比率を考慮し、実際に計量を行う範囲を決め、他のエネルギー使用は生産銘柄の比率などで按分しても良い。

[0065] なお、設備エネルギー特性生成部 5 f において定義される推定モデルは、各設備のカタログに記載されている特性情報などから定義してもよい。また、推定モデルは、関連変数を定義した上で過去の実績値に基づいた関係式を自動生成させることにより定義してもよい。一次情報である過去の実績値は、設備実績値格納部 5 m が格納する設備エネルギー実績値を参照することにより得ることができる。過去の実績値に基づく関係式の自動生成機能は、センサーがない場合や故障などで実績データが得られない設備において、想定

するエネルギー特性を定義する場合にも有効である。

[0066] 設備エネルギー特性の種別は、エネルギー生成設備 1 a のエネルギー変換特性、エネルギー分配設備 1 b のエネルギー変換特性、およびエネルギー需要設備 2 のエネルギー消費特性があり、いずれもたとえばテーブル形式で表現できる。

[0067] 設備エネルギー特性生成部 5 f により定義された推定モデルや演算結果は、推定モデル格納部 5 r に格納される。また、設備エネルギー特性生成部 5 f により定義された推定モデルは、設備エネルギー特性合成部 5 q にも入力される。

[0068] 設備エネルギー特性調整部 5 k は、推定モデル格納部 5 r に格納されている生産銘柄毎や各設備のステータス毎の推定モデルを修正、調整する機能を有する。すなわち、設備エネルギー特性調整部 5 k は、推定モデル修正部である。具体的には、設備エネルギー特性調整部 5 k は、設備実績値格納部 5 m に格納されている設備エネルギー実績データおよび外部変動因子情報格納部 5 j に格納されている外部変動因子情報に基づいて、推定モデルの差分を求めて推定モデルに反映させることにより、推定モデルを修正、調整する。

[0069] 推定モデルの修正、調整は、推定モデル中のパラメータを調整することにより行われる。推定モデル中のパラメータは、重回帰、主成分回帰などの統計的アルゴリズムやニューラルネットのような既知の学習アルゴリズムを用いてリファインされる。パラメータの調整範囲は、あらかじめ規定されているバウンダリ内から任意に選択できる。このようなパラメータの調整が必要になる理由の一つは、設備エネルギー特性生成部 5 f により推定モデルとして定義された推定モデル（設備エネルギー特性）は、生産条件や操業条件によっても変化するためである。リファインおよび／または調整された推定モデルは、再び推定モデル格納部 5 r に格納されるとともに、設備エネルギー特性合成部 5 q にも入力される。

[0070] 設備エネルギー特性合成部 5 q は、設備エネルギー特性生成部 5 f で定義された設備（群）の設備エネルギー特性の推定モデル同士を、あるいはこの

推定モデルと、設備エネルギー特性調整部 5 k でリファインおよび／または調整された設備エネルギー特性の推定モデルとを合成する。

[0071] すなわち、各設備を構成する個々の設備または特定設備群の単位で定義されている設備エネルギー特性の推定モデルどうしを合成する。合成の対象範囲は、バウンダリとして任意に定めることができる。たとえばエネルギー生成設備 1 a を構成しているすべての設備について、設備エネルギー特性を表す推定モデルどうしを合算すれば、エネルギー生成設備 1 a の全消費エネルギー特性をモデリングすることができる。同様に、エネルギー分配設備 1 b を構成しているすべての設備について、設備エネルギー特性を表す推定モデルどうしを合算すれば、エネルギー分配設備 1 b の全消費エネルギー特性をモデリングすることができる。エネルギー需要設備 2 を構成しているすべての設備について、設備エネルギー特性を表す推定モデルどうしを合算すれば、エネルギー需要設備 2 の全消費エネルギー特性をモデリングすることができる。このようにして、複数の設備が組み合わされたプロセスのエネルギー消費量およびまたはエネルギー変換量を求めることができる。ただし、すべての設備をモデル化する必要はなく、バウンダリを適切に設定しマクロなバウンダリと実際の設備に対応したバウンダリを組合せて工場全体をモデル化すると、手間やコストが小さくなり効率的である。

[0072] 合成された推定モデルは、バウンダリ内の設備（または設備群）のモデル推定値として G U I 表示操作部 5 b の G U I 表示画面から参照できる。また、合成された推定モデルは、設備エネルギー特性検証部 5 n にも提供される。

[0073] また、供給されるエネルギーの流れに沿って、エネルギー生成設備 1 a からエネルギー分配設備 1 b、その後エネルギー需要設備 2 の順で複数設備をまたがったバウンダリ設定を行うことにより、異なる設備の任意のサブ階層にある設備について、推定モデルどうしを合成することができる。

[0074] たとえば、エネルギー生成設備、エネルギー分配設備、エネルギー需要設備の各境界を越えた複数の設備間をまたがるバウンダリ設定をする場合には

、生成される複合モデルは、需給連携型となる。このような需給連携型（R E N K E I T y p e）モデルは、エネルギー効率改善を目的とする設備間の連携制御の評価手段として有効である。エネルギー消費形態について設備をまたがる全体最適を追求できるためである。

[0075] 設備エネルギー特性検証部5 nは、外部変動因子情報格納部5 jに格納されている外部変動因子情報と設備実績値格納部5 mに格納されている管理対象の設備エネルギー実績データと設備エネルギー特性合成部5 qで合成されるエネルギー特性の推定モデルを入力として同一条件で比較する。すなわち実際に運転した条件、たとえばエネルギー実績データの条件にて比較することである。これにより、設備エネルギー特性検証部5 nは、エネルギーの生成量、分配量、消費量の各差分を計算する。たとえば、需要側でエネルギー効率を改善する行為を行った場合、これを行う前の状態で作られた推定モデルが出力するエネルギー消費量と、実際の消費量との差分は、エネルギー削減量となる。また、設備エネルギー特性検証部5 nは、現行の各設備の運転状態を後述するK P Iの監視などにより診断する機能も有している。

[0076] G U I表示操作部5 bは、二次情報インターフェース部5 pを介して、設備エネルギー特性生成部5 f、設備エネルギー特性調整部5 k、設備エネルギー特性合成部5 q、設備エネルギー特性検証部5 nおよび推定モデル格納部5 rを操作する。これら5つの構成要素は、設備外部情報インターフェース部5 aを介して取得した一次情報である過去の実績値と生産計画や気象条件などに基づき多重加工や再々生成された予測情報などの情報、すなわち二次情報を扱うために設けられたものである。

[0077] G U I表示操作部5 bのG U I表示画面にたとえばウィンドウ表示する場合、二次情報を集約した同一ウィンドウでの一括表示や、複数ウィンドウであっても表示枠が共通のデザインやカラー採用など、表示と操作面で統一感を持たせることができる。従って、二次情報を扱うG U I表示画面と前述した一次情報を扱うG U I表示画面とを系統分けすることができる。これにより、二次情報を扱うG U I表示画面と前述した一次情報を扱うG U I表示画

面とは明確に区別することが可能であり、操作と識別の利便性向上を図っている。たとえば警報、情報通知としてG U I表示画面にポップアップ・ウィンドウ出力する場合、その通知が、一次情報インターフェース部5 cに由来するか、二次情報インターフェース部5 pに由来するかは、ウィンドウ枠デザインやカラー系統などから直ちに判別できる。

[0078] 図2は、図1の動作の流れを説明するフローチャートである。

はじめに、ステップS1において、G U I表示操作部5 bに設けられている設定G U I画面を介して、オペレータが、エネルギー管理対象とする設備の定義を行う。設定G U I画面は、G U I表示操作部5 bに設けられており、どこまでの設備をひとまとまりとするか、すなわち前述のバウンダリとして定義するかをグラフィカルに定義するための画面である。この設定G U I画面により、設備の名称、運転ステータス、時間スケジューリングなどの登録、変更、削除が行える。この定義機能により、設備毎、生産銘柄毎、運転ステータス毎のタイムチャートが完成する。

[0079] 次に、ステップS2において、オペレータが、設備エネルギー特性を定義する。具体的には、ステップS1で定義した設備毎、銘柄毎、ステータス毎のタイムチャートに併せて、各ステータス毎のエネルギー消費特性およびエネルギー供給特性を定義する。

[0080] 設備エネルギー特性の定義の方法としては、図3に示すテーブル入力方式や、図4に示す状態遷移図によるバブルチャート入力方式などが考えられる。以下の説明はバウンダリを設備単体として扱っている。

[0081] 図3は、エネルギー需要設備2を構成する設備（バウンダリ）の設備エネルギー特性を、二次元マトリックス形式の設定テーブルで表現したものである。設備ごとに別々の設定テーブルになっている。図3では、設備1の設定テーブルと、その下に設備2の設定テーブルが表示されている。設定テーブルの縦軸方向は設備のステータスA～Cを表す。設定テーブルの横軸方向は各ステータスA～Cに対応したそれぞれの変数の名称と単位および各変数とエネルギーの関係式を表している。

[0082] 図4は、エネルギー需要設備2を構成する設備の設備エネルギー特性を、階層化バブルチャートで表現したものである。動的な状態遷移GUIにより、設備の各ステータスを、より動的に定義（入力）できるとともに表示（出力）できる。

[0083] 図4のバブルSA、SB、SCの各々は、図3の設備1のテーブルで定義されている設備ステータスA、B、Cの各々に対応している。バブルSBは、階層化定義していることを示している。図3にはないバブルShaltは、設備1の異常またはメンテナンス中などによる停止状態を定義している。設備のステータスごとに対応するバブルに定義する変数、式、論理記述表記（「if then else」など）を用いて、各設備エネルギー特性（需要、分配、生成）について記述できる。バブルチャート入力は、テーブル入力と異なり、設備の各ステータス間を状態移行するルートや、境界条件についても定義できる利点がある。たとえば、図4中の「Condition Def.(SC→SB)」は、設備ステータスBから設備ステータスCへの移行期間についてステータスを定義した例である。

[0084] 図3に示すテーブル表示と図4に示すバブルチャート表示のいずれのGUI方式であっても、同一バウンダリで同一論理記述であれば、相互変換してGUIインターフェース上の入力部および／または表示部として扱うことができる。

[0085] これらの入力、表示部を用いることにより、設備毎、設備ステータス毎に、設備エネルギー特性（推定モデル）における例えば下記の各情報を定義できる。

- ・ 変数の数
- ・ 変数名称と単位
- ・ パラメータ数
- ・ パラメータ名称と単位
- ・ エネルギーとの関係式（変数、パラメータ）
- ・ パラメータ自動調整の有無

- ・パラメータ自動調整条件（銘柄、一定周期、条件合致など複数の条件選択可能）

- ・実績値取得期間

[0086] ステップS 1 およびステップS 2 により定義された情報に基づき、設備毎、生産銘柄毎のエネルギー消費特性およびエネルギー供給特性を設備のステータスと関連付けて定義することができる。

[0087] 図5 Aは、これらにより生成されるエネルギー特性例図である。図5 Aでは、ステータスごとのエネルギー特性を表示している。横軸は時間軸である。図5 Aでは、5つのステータスについて、表示されており、上から「計画生産時間」「実行生産時間」「生産時間」「装置稼働時間」「生産寄与時間」である。

[0088] 各時間の構成は下記のように定義される。

- ・計画生産時間（POT : Production order time / order duration）：あらかじめ生産計画で設定する生産時間。

- ・実行生産時間（TPT : Throughput time / Execution time）：生産開始から終了までの生産活動を行っている時間。

- ・生産時間（BT : Busy time）：1回（ロット）の生産運転に費やされた時間。

- ・装置稼働時間（PCT : Process time）：アウトプットにかかわらず生産に使用する装置の稼働時間。

- ・生産寄与時間（PDT : Production time / Main usage time）：製品となるアウトプットを生産した時間。

- ・装置セットアップ時間（ESUT : Effective setup time）：生産のために装置をセットアップする時間。

- ・搬送時間（TT : Transportation time）：装置間の搬送あるいは倉庫からの搬送時間。

- ・待機時間（WT : Wait time / set aside time）：脇置き時間、次工程搬送待ち時間。

・遅延時間 (D e T : Delay time) : 故障、欠陥により装置を止めた時間。
。

さらに、これらの相互関係は下記のように定義される。

・実行生産時間 T P T = Σ (生産時間 B T + 搬送時間 T T + 待機時間 W T)

・生産時間 B T = 装置稼働時間 P C T + 遅延時間 D e T

・装置稼働時間 P C T = 生産寄与時間 P D T + 装置セットアップ時間 E S U T

[0089] 生産寄与時間 P D T 中は、生産量に応じてエネルギー消費量が比例的に増加する場合（熱源装置など）や一定の場合（加熱炉など）があり、バンドリ
の特性に応じて決まる。装置セットアップ時間 E S U T は設備（群）を完全
停止状態から立ち上げているステータスであり、時間の経過とともにエネル
ギー使用量が増加する例を示している。遅延時間 D e T は、故障や欠陥によ
り装置を一時的に止めたステータスであり、生産時と同等の大きなエネル
ギーが消費されている例を示している。設備によっては、一時停止後、一定の
時間が経過すると消費エネルギーが漸減し、待機状態のエネルギーまで減少
するものも多い。搬送時間 T T、待機時間 W T は別のロットに生産変更する
ための準備作業のステータスであり、時間の経過とともにエネルギー使用量
が減少し、最終的に待機状態のエネルギー使用量になっている。

[0090] このように設備毎のステータスと関連する複数の変数およびパラメータを
関連付けて、設備のエネルギー特性をモデル化したものを、推定モデルある
いはエネルギーベースラインモデルと言う。以下では「エネルギーベースラ
インモデル」という言葉も用いて説明する。各種の変数を入力することによ
り、設備の改善前あるいは理想状態などの推定エネルギー量が求められる。

[0091] 図 5 B は時間軸での設備 1 のステータス変化とエネルギー消費量の関係を示した図である。図 5 B の横方向は、時間軸である。図 5 B における設備 1 は、単一の銘柄の製品を製造するものとする。設備 1 は起動指示を受けて起動し、運転指示後に運転準備を経て運転状態になり、停止指示を受けて停止

準備を経て停止する。このときのエネルギー消費は、起動指示後、時間 t_1 で定格エネルギーまで上昇し、運転指示までその状態を続ける。運転指示後、時間 t_2 をかけて必要とする生産量に応じて運転能力を落とし、エネルギーもそれに依じて落ちる。この後、運転が開始される。運転時は図 5 B 中のグラフに示すようなエネルギー特性で生産量に比例したエネルギーが消費される。停止指示を受けると時間 t_3 までにリニアに能力を絞りエネルギーも落ちる。さらに小さなエネルギー使用の時間 t_4 の後、完全に停止する。

[0092] 設備が複数の銘柄の製品を製造する場合、銘柄ごとにエネルギー特性が異なる場合がある。例えば、加熱炉に材料を投入し加熱する場合、銘柄ごとに加熱の昇温パターンが異なる。このような場合には、運転時のステータスを銘柄ごとに分けてエネルギー特性を定義する。設備の起動や停止に関しても銘柄で特性が異なる場合には、上記と同様に起動の特性を銘柄ごとにわけるか、設備と銘柄をセットとして全てのステータスを別の管理にする。

[0093] このような手法により、モデルパラメータの自動調整条件を設備毎、ステータス毎に持たせることが可能となる。したがって、たとえばメンテナンスが行われた設備のみのモデル更新や、ある生産銘柄だけのモデル調整などの推定モデルの部分更新が可能となり、エネルギー予測精度の向上が図れるだけでなく、演算処理資源を節約できるという利点も得られる。

[0094] 再び図 2 を参照して説明を行う。続いて、ステップ S 3 において、オペレータは、本エネルギー管理装置 5 と接続されている図示しない外部システムのサーバーから、生産スケジュール情報を取得する。生産スケジュール情報は、各設備における生産計画をデータ化したもので、生産スケジュール情報に基づいて、各設備における銘柄と生産量の生産スケジュールが決められる。取得された生産スケジュール情報はたとえば 1 日または 1 週間程度先までの生産銘柄と生産量が時系列情報として記されたものであり、生産スケジュール情報格納部 5 e に格納される。

[0095] ステップ S 4 において、オペレータは、ステップ S 3 で定義された使用されたプロセス変数（たとえばヘッダ圧力 P 、入口温度 T など）および式中の

パラメータ値を入力する。

- [0096] 続いて、ステップS 5において、オペレータは、推定モデルの自動調整の有無を確認し、自動調整がなければ続くステップ6の処理に移行し、自動調整があれば後述するステップ10以降の処理に遷移する。
- [0097] ステップS 6において、プラントが複数のバウンダリ（設備（群））に分割されている場合には、オペレータが、分割されているそれぞれのバウンダリ（設備（群））の定義を合成することで、プラント全体のエネルギー消費特性を求めることができる。合成方法については後述する。
- [0098] ステップS 7において、エネルギー管理装置は、エネルギー管理対象とするバウンダリ（設備（群））の監視制御システムからエネルギー使用量実績値を収集してエネルギーベースラインモデルより導出される想定エネルギー量と比較し、その差分をK P I（エネルギー効率指標）として生成する。なお、K P Iはこれに限るものではなく、他の候補も考えられる。
- [0099] ステップS 8において、エネルギー管理装置は、これらステップS 3からステップS 7までの処理を、エネルギー管理対象として定義した全てのバウンダリ（設備（群））について完了するまで繰り返して実行する。
- [0100] そして、ステップS 9において、エネルギー管理装置は、ステップS 7における全てのバウンダリ（設備（群））についてのK P Iの計算結果をG U I表示操作部5 bの表示画面に表示する。
- [0101] 一方、ステップS 5において、エネルギー管理装置は、推定モデルの自動調整が必要な場合には、まずステップS 10において、外部因子情報の取得処理を行う。ステップS 2の設備エネルギー特性の定義にあたっては、プラント情報のみならず、気象条件(気温、湿度など)が変数となる場合も想定されるので、エネルギー管理装置は、外部因子情報としてたとえば外部情報入力部4からこれら気象の予報値および実績値を収集する。
- [0102] 続いて、ステップS 11において、エネルギー管理装置は、設備エネルギー特性で定義されたプラント情報の実績値を取得する。
- [0103] ステップS 12において、エネルギー管理装置は、設備エネルギー特性と

して定義されたパラメータを、スレッツPS10およびスレッツPS1の実績値を用いて自動的に算出する。計算に用いる実績値はスレッツPS2で定義された変数である。

[0104] パラメータの自動計算には、様々なアルゴリズムを用いることができる。多変数回帰手法の一種である重回帰分析を用いたパラメータ導出法を例として以下に示す。

[0105] 任意の設備スレータスに対する第k番目データのスレータス変化後の経過時間（スレータス変化直後を0とする）の時間帯を！とし、そのときの設備のエネルギー消費推定値をY（k，！）とする。Y（k，！）は、（1）式に示すN個の実測データの線形結合により計算できるものと仮定する。

$$Y(k, i) = \sum_{n=1}^N \{\alpha_n(i) \cdot X_n(k, i)\} \quad (1)$$

[0107] ここで $\alpha_n(i)$ は偏帰帰係数、 $X_n(k, i)$ はY（k，！）を計算する

ために観測した第n番目のデータである。あらかじめ、（1）式とN個の $\alpha_n(i)$ と $X_n(k, i)$ が与えられたとすると、（1）式の計算によって得られる推定値を $m_Y(k, i)$ とする。一方、第k番目の第！時間帯で観測された実績値をY（k，！）とし、第！時間帯の実績値に対する推定値の近似誤差の学習期間における2乗和をQ！とすると、（2）式となる。

$$\tilde{Q}! = \sum_{k=1}^K \{m_Y(k, i) - Y(k, i)\}^2 \quad (2)$$

[0109] 誤差の2乗和Q！を最小にするような $\alpha_n(i)$ を求めるため（2）式の両辺を $\alpha_n(i)$ で偏微分して0とし、Y（k，！）に（1）式を代入すると次式が得られる。

$$\sum_{n=1}^m \alpha_n(i) \cdot \sum_{k=1}^K X_n(k, i) \cdot X_m(k, i) = \sum_{k=1}^K X_m(k, i) \cdot Y(k, i) \quad (3)$$

[0111] ($n = 1, 2, 3, \dots, N$)

各時間帯！ごとに（3）式のN元連立方程式を解いて偏帰帰係数 $\alpha_n(i)$

)を求めることができる。

[0112] プロセスのエネルギー特性に非線形性がある場合には、非線形回帰手法を用いることでモデルを非線形にすることもできる。

[0113] このように設備ステータスの変化後の時間を利用して、各時間帯別にモデルパラメータを調整して過去実績値に基づくエネルギー使用推定値を得ることもできる。

[0114] これにより、あるタイミングで自動的にモデルパラメータを再調整することができ、生産および生産条件の変化にモデルを追従させることができる。また、生産スケジュール情報に基づいて将来の前記エネルギー消費量およびまたは前記エネルギー変換量を、推定することができる。

[0115] 次に、ステップS 1 3において、エネルギー管理装置は、ステップS 1 2で計算した推定モデルパラメータを推定モデル格納部5 rに再格納する。なお、推定モデル格納部5 rには修正履歴が保存されているので、推定モデルを任意の状態に戻すこともできる。あるいは、予め定めた特定のモデルを使用することもできる。

[0116] ステップS 1 3の処理を完了すると、ステップS 6に遷移する。

[0117] 図6 Aは本発明に基づく複数のバウンダリの分割設定例図であり、図1と共通する部分には同一の符号を付けている。図6 Aは図1の設備エネルギー特性生成部5 fのインターフェースの説明である。設備を、複数のバウンダリに階層的に分割し、各々をエネルギー管理対象物とする。各々のバウンダリは、複数の設備構成要素からなる。図6 Aにおいて、エネルギー分配設備1 bおよびエネルギー需要設備2は、複数の設備構成要素でそれぞれツリー構造として階層化されている。そして、エネルギー分配設備1 bの特定バウンダリ（設備b 1 - 2）とエネルギー需要設備2の特定バウンダリ（設備2 1 - 2 - 1 ~ 設備2 1 - 2 - 4）が互いに関連付けて表示されている。

[0118] なお、エネルギー生成設備1 aについても、ツリー構造として階層化されていてもよい。さらに、エネルギー生成設備1 aの特定バウンダリとエネルギー需要設備2の特定バウンダリとが互いに関連付けて表示されていてもよ

い。

ツリー構造への分解は、設備の管理という側面では実際の設備構成に合わせて詳細化するほうが好ましいが、エネルギー管理の側面では、計測の容易性やエネルギー使用量の大きさに分解の程度を決める。

[0119] これにより、エネルギー分配設備 1 b（および／またはエネルギー生成設備 1 a）およびエネルギー需要設備 2 のいずれか一方の設備のステータスを変動（変更）した場合の影響が他方に波及するまでのタイムラグ（応答時間の遅れ）や定量的な影響度（応答特性）について、評価判定ができる。

[0120] さらに、エネルギー分配設備 1 b（および／またはエネルギー生成設備 1 a）およびエネルギー需要設備 2 の双方の設備のバウンダリを統合させた需給連携型の複合モデルとして形成（合成）することにより、需給設備間をまたがる広域バウンダリを対象とした、エネルギー管理と需給連携モデリングが構成できる。これにより、エネルギー分配設備 1 b（および／またはエネルギー生成設備 1 a）およびエネルギー需要設備 2 のどちらか一方の設備の推定モデルだけでは実現できなかった連携かつ相補型の視点から、新たなエネルギー効率改善策の発見を期待できる。

[0121] たとえばある工場内のエネルギー管理を行う場合には、工場内の設備などのエネルギー管理対象物をいくつかのバウンダリに分けて、バウンダリ（サブ設備およびサブ設備群）別にモデル化し、エネルギー使用効率を管理する。組織や建物などの単位で管理するようにバウンダリを決定してもよい。エネルギー使用量や計測の容易性などを考慮して、バウンダリを決定してもよい。当初は、建物全体で管理し、次に「顕著なエネルギーを消費する設備」と「それ以外」に分けて管理し、さらに、「それ以外」を分割して管理してもよい。具体的には、たとえば加熱炉はエネルギー使用量が大きいため装置をバウンダリとして管理する。これに対し、組立工程はエネルギー使用量が比較的小さいため、装置群をまとめてバウンダリとして、工程ライン単位で管理する。加熱炉のエネルギー効率改善が終わったら組み立て工程のバウンダリを分割し、次にエネルギー使用量の大きな部分をバウンダリとして管理

していくと効率的な管理ができる。図6Bは、最初の段階のバウンダリの設定例である。バウンダリ1はユーティリティ設備群、バウンダリ2は加熱炉、バウンダリ3は、その他の製造設備と、3つのバウンダリに分けている。次のステップでは、バウンダリ1を2つのバウンダリに分け、バウンダリ3を3つのバウンダリに分けている。バウンダリ間の矢印は、物やエネルギーの流れを示している。また、バウンダリの中には、設備や装置が混在していることを示している。

[0122] 設定バウンダリ内に複数設備を包含させて推定モデルを作成する場合、2つの方法がある。

[0123] 第一の方法は、バウンダリ内の個々の設備に着目し、それぞれの入出力条件、対外的な応答条件（ふるまい）、能力の範囲、内部の動作状態（ステータス）の種類やその定義、動作の順序や時間的性質、エネルギーの計測に関わる情報、エネルギーに関わる変数の計測に関わる情報などを個々に記述し、これらを独立した複数の推定モデル群として並列計算することで各エネルギー特性を同時評価する。推定モデル群の算出結果と実績値との乖離は、バウンダリ域内における設備間のローカルな連携や結合条件等についての改善課題を抽出する一手段となりうる。

[0124] 第二の方法は、バウンダリ内の個々の設備や装置などの情報を包含するとともに、そのバウンダリ領域全体から外側を見たときの入出力条件、対外的な応答条件（ふるまい）、能力の範囲、内部の動作状態（ステータス）の種類やその定義、動作の順序や時間的性質、エネルギーの計測に関わる情報、エネルギーに関わる変数の計測に関わる情報などを記述する。すなわち設定バウンダリ領域全体を仮想的な単一設備と見做して推定モデルを構成（合成）する。

[0125] たとえば、第一の方法を駆使した結果、バウンダリ領域内の最適化がある程度達成された場合などには次ステップとして、第二の方法に切り替えエネルギー管理対象スコープを更に拡張していくことは、全体最適化を達成する一手段となりうる。外部との入出力条件としては例えば、原材料と生産品の

定義がある。

- [0126] 原材料と生產品の關係は、例えば熱源設備（群）の場合、原材料は電力エネルギーやガスなどが該当し、生產品は冷水や温水が該当する。冷水は空調用に用いられるだけでなく生産冷却水としても用いられる。生産ロボット設備（群）の場合、原材料としては、加工対象の部品や電力エネルギーや生産冷却水が該当し、生產品としては加工後の部品などが該当する。この加工後の部品は最終組み立てラインの原材料として扱われる。このような關係が記述される。
- [0127] エネルギー使用効率の最適化には、第一の方法と第二の方法を適宜組み合わせたエネルギー管理を行うことが、最も効果的である。
- [0128] たとえば、第一の方法のみではコストや手間がかかり過ぎるため、必ずしも実用的でない。そこで一般的には、バウンダリ内で「顕著なエネルギー消費」に関連する設備群のみピックアップして、それらだけには、設備単位で第一の方法を適用し、他の多くの設備群は第二の方法、すなわち個々の設備ではなくバウンダリ全体の挙動を記述する推定モデルとして構成する。
- [0129] このように、異なる設定粒度でバウンダリを組合せ、入れ子、あるいは階層化した推定モデルのバウンダリ構成とすれば、管理目的や管理方針に応じ、効果的にエネルギー効率化を達成しうる。コストや手間対、得られる効果のトレードオフを考慮して、最適なバウンダリの粒度設定と全体構造の設計が重要である。
- [0130] 通常は、「顕著なエネルギー消費」にかかわる設備以外では、手間とコストが掛かりすぎるため、推定モデルのバウンダリ設定粒度は低く（粗く）とすべきである。すなわち、第二の方法により、バウンダリ域内を構成する、それぞれの個別設備の個性を没却させた推定モデルとして作成しておけば、バウンダリ単位での推定モデルの管理、運用やメンテナンスも極めて容易となる。
- [0131] 本発明の方法および装置によれば、すべての設備（施設、設備、装置、機器、要素などエネルギーを使用する生産設備の総称）あるいはエネルギー使

用量および／またはエネルギー供給量の変化に関するステータスそれぞれについて、エネルギーの使用量およびまたはエネルギー供給量と関連する変数の関係を記述し、そのエネルギー使用量および／またはエネルギー供給量を算出する計算式または条件式を定義する機能を持つ設備のエネルギー使用量および／またはエネルギー供給量を推定算出できる設備のモデル機能が得られる。

[0132] ここで、変数とは、設備の動作条件を指定する外部からの指示（値）、設備の動作に関連する計測値、設備の内部の動作に関わる情報、時間情報やステータス変化からの動作時間を含む。

[0133] 設備のモデル機能は、少なくとも、設備の稼動中というステータスと、その際の定格エネルギー消費または定格エネルギー供給量を記述できる設備情報定義機能を持つ。

[0134] また、このモデル機能においては、設備の運転時の実際のエネルギー使用量またはエネルギー供給量と推定したエネルギー使用量との差分を評価する。これにより、実際のエネルギー情報に基づいて以下のような推定モデル（設備エネルギー特性）の修正を行う。なお、推定モデル（設備エネルギー特性）の修正を行う条件は、設備の異常状態がない場合、または設備の改修が行われた場合とする。

[0135] 推定モデル（設備エネルギー特性）の修正方法としては、各設備について、以下の「自動修正」と「手動修正」を選択または組み合わせて実施できる。特定設備の推定モデルのみを自動修正したり、特定設備の推定モデルの修正禁止を指定することもできる。推定モデルの修正履歴は逐次保存されるので、必要に応じて指定時点に戻すことができる。

[0136] 1) 自動修正

A：変数とエネルギーの関係の統計値を用い、移動平均、総平均などで自動的に推定モデル（設備エネルギー特性）を修正する。

B：指定した条件成立後から、指定した条件成立までの期間のワンショットデータを用いて、ステータスごとの設備エネルギー特性を算出して推定モ

デルを自動的に修正する。

C：指定した条件成立後から、指定した条件成立までの期間の時系列データの統計値を用いて自動的に推定モデルを修正する。ただし、時間を変数として設備エネルギー特性が変化する場合に適用する。

2) 手動修正

過去のトレンドデータを用い、指定した期間のデータを用いて推定モデルの修正を行う。

[0137] 推定モデル（設備エネルギー特性）を最初に構築するのにあたっては、上記「1）自動修正」のBや「2）手動修正」が使えるかを吟味し、必要であれば項目を追加するとよい。「1）自動修正」のCは、同一ステータスでも時間的な要素でエネルギーが変動する場合の自動修正に有効である。

[0138] また、実際の設備の運転時に得られる上記変数を上記推定モデルに入力して得られる設備の推定エネルギー使用量およびまたはエネルギー供給量と、設備の実際のエネルギー使用量およびまたはエネルギー供給量を比較することにより、設備の改修によるエネルギー使用量およびまたはエネルギー供給量の削減効果を比率や絶対量として算出できる。

1) 比率（単位時間当たりのエネルギー使用量（およびエネルギー供給量）の比（例：kW/kW）

2) エネルギー削減量の絶対量（例：kWh）

[0139] 関連して、エネルギー使用量およびエネルギー供給量の異常状態も判別できる。

1) 定義された偏差を上回った場合

2) 定義された比較タイミングで比較

[0140] これらにより、生産情報、設備情報（ステータス）および各種の変数に基づいてエネルギー管理対象とする設備のエネルギー使用量およびエネルギー供給量を推定するための推定モデルを定義することにより、エネルギー使用に関する公平な基準となる指標を作成できる。

[0141] また、推定モデルから生産条件、プラント条件を仮定した場合の想定エネ

ルギー量がシミュレートでき、実際のエネルギー使用量との差分を求めることで省エネ運転における削減絶対量、削減比率などのKPI（エネルギー効率指標）とすることができる。このKPIを常時監視することで、設備の異常診断やエネルギー原単位の推定なども行うことができる。

[0142] また、推定モデルから得られる時系列の推定エネルギー消費量を用いてエネルギー生産設備の最適な運転計画の立案に利用でき、更なる省エネルギー達成が期待できる。

[0143] またベースラインモデルに生産条件、プラント条件を入力すると、これに対応する想定エネルギー量がより正確にシミュレートできる。想定エネルギー量とは生産計画に基く未来の消費エネルギートレンドである。これと実際のエネルギー使用量との差分を求めることで省エネ運転における削減絶対量、削減比率などのKPI（エネルギー効率指標）とすることができる。

[0144] さらに、エネルギーベースラインモデルは指定した条件を満たす場合に自動的に修正することが可能である。これは設備毎、ステータス毎、生産銘柄毎などモデル定義の粒度に併せて可能なため、モデル全体ではなく、部分的なモデル調整が可能となり、予測精度向上と計算機資源の有効利用が期待できる。

[0145] この効果を図7の画面実施例を基に説明する。図7は生産計画に基づいてオペレータが設備運転計画を、図7の中段のように割り付けた図である。図7の上段は生産計画を表示する。図7の中段は各設備の使用計画をグラフィカルに表示する。オペレータが中断の画面をダブルクリックすると、図5Bが展開される。図7の下段は将来の消費電力のトレンド予測を表示する。図7において、1/30/9を現在時刻とする。図5Bに示したように各設備の運転ステータス毎にエネルギー消費トレンドが定義されているため、この設備計画に従った場合の全ての設備の消費量を積算することにより、将来の消費エネルギートレンドを求めることが出来、下段に表示される。このように未来の消費エネルギートレンドを予測することで、例えば電力であればデマンドオーバーの危険を早期に検知できる。図7の下段において、上方の直線が契

約電力量を示す。またこのトレンドを参考にエネルギーを考慮した生産スケジュールの再調整や電力負荷の平準化が可能となる。このエネルギートレンドを用いて生産量とエネルギー生産設備の運転制約をも考慮した最適な生産設備計画の立案も考えられ、更なる省エネルギー達成が期待できる。

[0146] 以上説明したように、本発明によれば、高精度にエネルギー使用効率の最適化が行えるエネルギー管理技術を実現できる。

以上、本発明の好適な実施形態について説明し例証したが、これらはあくまで発明の例示であって限定的に考慮されるべきものではなく、追加、削除、置換及び他の変更は本発明の範囲を逸脱しない範囲で可能である。即ち、本発明は前述した実施形態により限定されるものではなく、以下のクレームの範囲により限定されるものである。

産業上の利用可能性

[0147] 本発明は、エネルギーの使用効率を改善したい工場およびプラントなどのエネルギー管理対象物に広く適用することができる。

符号の説明

- [0148]
- 1 エネルギー供給設備（エネルギー管理対象物）
 - 1 a エネルギー生成設備（エネルギー管理対象物）
 - 1 a s 監視制御システム（監視部）
 - 1 b エネルギー分配設備（エネルギー管理対象物）
 - 1 b s 監視制御システム（監視部）
 - 2 エネルギー需要設備（エネルギー管理対象物）
 - 2 s 監視制御システム（監視部）
 - 3 通信ネットワーク
 - 4 外部情報入力部
 - 5 エネルギー管理装置
 - 5 a 設備外部情報インターフェース部
 - 5 b G U I 表示操作部
 - 5 c 一次情報インターフェース部

- 5 d 生産スケジュール取得部
- 5 e 生産スケジュール格納部
- 5 f 設備エネルギー特性生成部（推定モデル定義部）
- 5 g 設備情報取得部
- 5 h 設備情報格納部
- 5 i 外部変動因子情報取得部
- 5 j 外部変動因子情報格納部
- 5 k 設備エネルギー特性調整部（推定モデル修正部）
- 5 m 設備実績値格納部
- 5 n 設備エネルギー特性検証部
- 5 p 二次情報インターフェース部
- 5 q 設備エネルギー特性合成部
- 5 r 推定モデル格納部

請求の範囲

- [請求項1] エネルギー管理対象物を特定するステップと、
前記エネルギー管理対象物の時間遷移しうるステータスをモニタリングするステップと、
前記エネルギー管理対象物の少なくとも1つのステータスに対応する、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するための少なくとも1つの推定モデルを定義するステップと、
を含む、エネルギー管理方法。
- [請求項2] 前記推定モデルを定義するステップは、前記エネルギー管理対象物の複数の異なるステータスの各々に対応する、複数の前記推定モデルを定義するステップである、請求項1に記載のエネルギー管理方法。
- [請求項3] 前記複数の推定モデルに基づいて、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するステップ
を更に含む、請求項2に記載のエネルギー管理方法。
- [請求項4] 前記エネルギー管理対象物は、デバイス、機器、装置、設備、施設、工程ライン、工場の少なくとも1つを含む、請求項1に記載のエネルギー管理方法。
- [請求項5] 前記エネルギー管理対象物を、複数のバウンダリに分割するステップ、
を更に含み、
前記モニタリングするステップは、前記複数のバウンダリのうち少なくとも1つの時間遷移しうるステータスをモニタリングし、
前記推定モデルを定義するステップは、前記バウンダリの少なくとも1つのステータスに対応する、少なくとも1つの推定モデルを定義する、
請求項1に記載のエネルギー管理方法。

- [請求項6] 前記推定モデルを、前記複数の異なるステータスの各々におけるエネルギー消費量およびエネルギー変換量の少なくとも1つの実測値に基づき修正するステップ、
を更に含む、請求項1に記載のエネルギー管理方法。
- [請求項7] 前記推定モデルを修正するステップは、
前記推定モデルの自動修正の可／否の選択をすることと、
前記推定モデルの修正の履歴を複数保存し、修正前の前記推定モデルの選択を可能とすることと、
を含む、請求項6に記載のエネルギー管理方法。
- [請求項8] 設備の1つのステータスに対応する前記推定モデルを、銘柄ごとに分けて定義することを特徴とする、請求項2に記載のエネルギー管理方法。
- [請求項9] 前記推定モデルは、異なる設備のバウンダリを二個以上関連付けて合成される複合モデルであることを特徴とする、請求項1に記載のエネルギー管理方法。
- [請求項10] 稼動することによりエネルギーを消費または変換するエネルギー管理対象物のエネルギー消費量およびエネルギー変換量を実測し、前記エネルギー管理対象物の時間遷移しうるステータスをモニタリングする監視部と、
前記エネルギー管理対象物の少なくとも1つのステータスに対応する、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するための少なくとも1つの推定モデルを定義する推定モデル定義部と、
前記推定モデルを格納する推定モデル格納部と、
前記推定モデル格納部に格納されている前記推定モデルを、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴う前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量に基づき修正し、前記推定モデル格納部に格納する推定モデル修正部と、

を備える、エネルギー管理装置。

[請求項11]

前記監視部は、前記エネルギー管理対象物を分割することによって生成される複数のバウンダリの各々のエネルギー消費量およびエネルギー変換量を実測し、前記複数のバウンダリの各々の時間遷移しうるステータスをモニタリングし、

前記推定モデル定義部は、前記複数のバウンダリの各々の少なくとも1つのステータスに対応する、前記複数のバウンダリの各々の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するための少なくとも1つの推定モデルを定義し、

前記推定モデル修正部は、前記推定モデルを、前記複数のバウンダリの各々の稼動に伴う前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量に基づき修正し、前記推定モデル格納部に格納する、

請求項10に記載のエネルギー管理装置。

[請求項12]

エネルギー生成設備、エネルギー分配設備、エネルギー需要設備、の中から、複数のエネルギー管理対象物を特定するステップと、

前記エネルギー管理対象物の時間遷移しうるステータスをモニタリングするステップと、

前記エネルギー管理対象物の1つのステータスに対応する推定モデルを定義するステップと、

定義された前記推定モデルに基づいて、前記エネルギー管理対象物の稼動に伴うエネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するステップと、

前記エネルギー需要設備を含む第1のバウンダリと、前記エネルギー生成設備およびエネルギー分配設備の少なくとも1つを含む第2のバウンダリと、を互いに関連付けて表示する表示ステップと、

を含む、エネルギー管理システムのGUI方法。

[請求項13]

前記表示ステップにおいて、一次情報である過去の設備エネルギー値と、前記一次情報にもとづいて加工または生成された二次情報と、

が分別して表示される、

請求項 1 2 に記載のエネルギー管理システムの G U I 方法。

[請求項14] 前記表示ステップにおいて、前記一次情報のみを扱う第 1 の表示・操作ウインドウ画面と、前記二次情報のみを扱う第 2 の表示・操作ウインドウ画面と、が系統分けて表示される、

請求項 1 3 に記載のエネルギー管理システムの G U I 方法。

[請求項15] 前記表示ステップにおいて、前記ステータスが、動的な状態遷移図で表示される、

請求項 1 2 に記載のエネルギー管理システムの G U I 方法。

[請求項16] 前記動的な状態遷移図は、前記エネルギー管理対象物のバウンダリ内設備と対応させた階層構造のバブルチャートである、

請求項 1 5 に記載のエネルギー管理システムの G U I 方法。

[請求項17] 前記バブルチャートは、
前記エネルギー対象物の稼動に伴い時間軸上を推移するそれぞれの前記設備ステータスに対応する入力定義および／または出力表示を行うバブルと、

任意の前記バブル間を接続してこれらの設備ステータス間で遷移経路を特定する状態移行ルートと、

を含み、

前記状態移行ルートは、前記任意の設備ステータス間の移行期間中の状態を、境界条件として定義できる、

請求項 1 5 に記載のエネルギー管理システムの G U I 方法。

[請求項18] 前記エネルギー管理対象物は、生産スケジュール情報に基づいて稼動し、

前記推定モデルおよび前記生産スケジュール情報に基づいて将来の前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量を推定するステップ、

を更に含む、請求項 1 に記載のエネルギー管理方法。

[請求項19] 生産スケジュールに基づいて稼動し、稼動することによりエネルギーを消費および変換する、エネルギー管理設備と、

前記エネルギー管理設備の時間遷移しうるステータス、エネルギー消費量およびエネルギー変換量をモニタリングする監視部と、

外部情報を取得して出力する外部情報入力部と、

前記外部情報に基づいて、前記エネルギー管理設備における前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量を管理するためのエネルギー管理装置と、

を備える、エネルギー管理システムであって、

前記エネルギー管理装置は、

前記生産スケジュール情報を格納する、生産スケジュール情報格納部と、

前記エネルギー管理設備の設備情報を格納する、設備情報格納部と、

、

前記外部情報入力部が取得した前記外部情報を格納する、外部変動因子情報格納部と、

前記監視部から前記エネルギー管理設備のエネルギー消費量およびエネルギー変換量を設備実績値として受信して格納する、設備実績値格納部と、

前記エネルギー管理対象物を複数のバウンダリに分割するバウンダリ設定部と、

前記生産スケジュール情報、前記設備情報、前記設備実績値に基づき、前記複数のバウンダリの各々における、少なくとも1つの前記ステータスに対応する、エネルギー消費量およびエネルギー変換量を推定するための複数の推定モデルを定義する、推定モデル定義部と、

前記設備実績値および前記外部情報に基づき、前記複数の推定モデルを修正する、推定モデル修正部と、

前記推定モデル修正部で修正された前記複数の推定モデルを合成し

てG U Iで表示する、G U I表示部と、
を備える、エネルギー管理システム。

[請求項20] 前記G U I表示部は、前記推定モデルおよび前記生産スケジュール情報に基づいて、将来の前記エネルギー消費量および前記エネルギー変換量を推定して表示する、

請求項19に記載のエネルギー管理システム。

[請求項21] 比較の基準となるベースライン期間の、任意の前記バウンダリのエネルギー消費量および前記エネルギー変換量とこれらのエネルギーに関連する変数の関係と、報告期間の前記バウンダリのエネルギー消費量およびエネルギー変換量とこれらのエネルギーに関連する変数の関係を比較した性能指標をG U I表示する、請求項19に記載のエネルギー管理システム。