

クラウド型コンピュータによる消費エネルギーの見える化の実用事例 ～グリーン東大工学部プロジェクトにおける事例紹介～

中 島 高 英

シムックス株式会社 〒224-0042 神奈川県横浜市都筑区大熊町 191

E-mail: nakajima@cimx.co.jp

あらまし グリーン東大工学部プロジェクトは“させられる”環境省エネ対策から“やりたくなる”環境省エネ対策を標榜している。人々が“やりたくなる”ためには消費電力の見える化が重要である。見える化の実現ため、実際にインターネット、クラウド型サーバを利用して消費電力の計測とデータ収集、蓄積、分析、表示のシステムの構築を行った。さらに人々の活動とその目的と合致しているかどうか明確に示しムダな部分の定義の合意を形成するために、計測単位ごとにムダの定義方法を見える化した。

アプリケーションとして、一般利用者（学生）向けにゲームニクスを応用したユーザインターフェイスの開発を行った。

キーワード 見える化、省エネ、インターネット、ユーザインタフェイス、電力計測、ゲームニクス

Green University of Tokyo Project

— Applications of Visualization of Electric Power Consumption —

Takahide NAKAJIMA

Cimx Corporation 191 Okuma-cho, Tsuzuki-ku, Yokohama, Kanagawa pref. 224-0042

E-mail: nakajima@cimx.co.jp

Abstract Our aim in The Green University of Tokyo Project, is to organize a energy conservation project which people are “willing to participate” in and not “have to participate” in. To create a energy conservation project which people are more willing to participate, visualization of energy consumption data is indispensable. We have collected, archived, analyzed, and visualized actual energy consumption data using the internet. Furthermore, we established a common understanding between participants concerning waste energy consumption, by linking peoples activity with the corresponding energy consumption and visualizing the method of defining wasted energy consumption.

Keyword Visualization, Energy conservation, Internet, User interface, Measurement of electricity, Gamenics

1 背景

グリーン東大工学部プロジェクトでは、従来から備わっていたビル管理システムからのデータと今回の実証実験のために新たに設置されたセンサ、電力計測データをネットワー

クで収集し共通DBに蓄積している。その数は約330か所、1600ポイントになっている。1分ごとに電力、水道、ガス、温度、湿度の数値データと設備のステータスが収集されている。

“やりたくなる”環境・省エネ対策のためには
共通DBに蓄積されたデータを人々が簡単に楽しく見えるようにしていかなければならなかった。

管理者及び一般利用者である学生の立場から欲しい情報をどういう形で見せていくかが大きな課題として存在していた。その解決策のためクラウド型による共通DBとアプリケーションサーバを構築した。(図1)

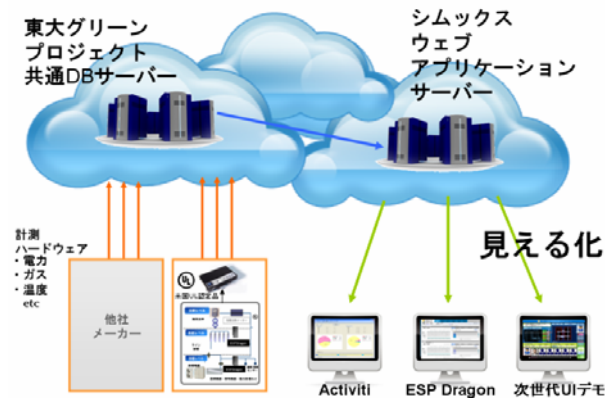


図1 クラウド型システム

2 ムダの判定方法の見える化

2-1 ムダの定義の見える化の意義

ムダの定義を見える化することで利用者の合意形成がしやすくなる。合意形成がなされず改善に取り組もうとすると利用者の中に“タテ前と本音”の分裂が発生して実質的な効果が得られないことになるからである。

2-2 ムダの判定方法

ユーザが電力消費のムダを発見することを支援するために、取得したデータをもとに、過去の一定期間のデータを以下の方法で解析する。

2-2-1 タイムマネジメント方式

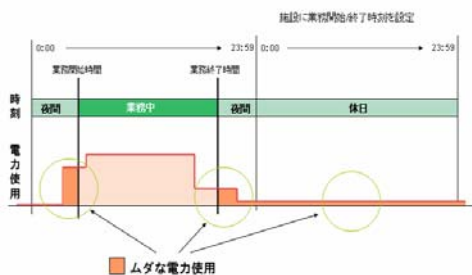


図2 タイムマネジメント

図2は時刻設定のイメージ図である。
営業時間や作業時間など（一括して営業時間と称する）をあ

らかじめデータベースに登録しておき、電力量の推移をそれらと照合して、営業時間と非営業時間で同一に稼動している設備について、本来同一に稼動していてよいと登録しておいた設備以外が、同一に稼動している場合は、その設備が無駄な稼動をしていることを表示する。

2-2-2 平日と休日



図3 カレンダー設定画面

図3は操業カレンダーの設定画面とその一部を拡大した図である。

平日と休日を区別するために、事業所単位ごとに操業カレンダーを設定しておく。365日を設定する工程をできるだけ簡便にできるように工夫している。設定はウェブからシステム管理者が任意行えることとする。

2-2-3 ベースライン方式

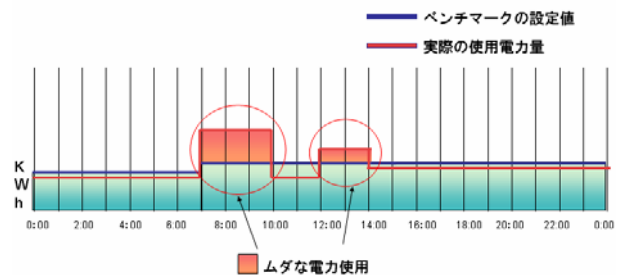


図4 ベースライン

図4はベースラインのイメージ図である。
設備の電力消費量と他の指標との相関を定期的に計算し、その値が通常値からはずれたときに警告を表示する機能とその差をムダな量として計算する機能。他の指標は、設備の種類や営業内容によって個別に指定する。たとえば、エアコンであれば、屋外の気温と湿度である。

2-2-4 稼動判定方式

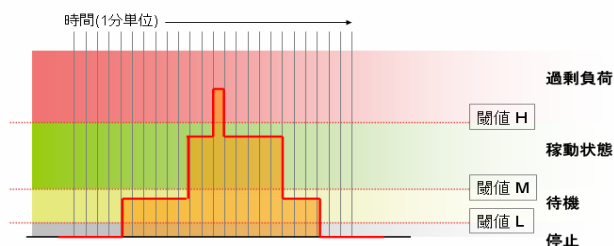


図5 稼働判定

図5は稼働判定機能のイメージ図である。

実験用機械のように作業の推移にしたがって動作状態が遷移する設備、あるいは、店舗であれば営業時間帯によって電源がオンオフする設備に関しては、電力消費量の変動から稼働状態を推定し、さらには、作業の推移を推定する技術。個別設備ごとに閾値を設定しておき、電力データをその値と比較することによって、設備が待機中であるか、作業中であるかなどを判定する。

上記の目的のために、設備の稼働状態を分別するための閾値を、アプリケーションサーバに搭載した、解析ソフトウェアによって、つぎの方法で自動的に算出する。

(1) 当該設備が求められている稼働の一周期を実施する期間における電力の消費データを取得し、同時にそのときの稼働状態を別途記録する。後者の記録は人間による記録または、状態を検出するセンサからのデータを取り付けて記録する。これをティーチングデータ収集と呼ぶ。

(2) 電力データの特徴量の時間的な推移を計算する。特徴量としては、一定の時間でのデータの基本統計量（平均値、標準偏差、最大値、最小値、分散、尖度、歪度など）、および周波数分析結果、ウェーブレット解析結果などである。

(3) 各状態ごとに特徴量の推移が一定時間ごとに得られるが、これを多次元空間に分布させると、状態ごとにまとまって分布するので、これをクラスター分析にて行い、中心となる特徴量ベクトルとその分布に属すると判断できる多次元空間での距離、あるいは、状態間を識別するための、超平面を得る。

(4) 上記のクラスターを電力値の1次元データに簡素化したものについては、超平面は閾値である。

(5) こうして得られた、設備ごとの分別情報（状態ごとの特徴量ベクトル、クラスター半径、クラスター間識別の超平面を規定する係数）は、アプリケーションサーバに登録する。

(6) 分別情報を得た後は、ティーチングデータ収集は終了

する。

(7) 設備の経年変化、使用条件の変化、などによって、分別情報が実態にそぐわなくなることがある。それへの対処として、識別結果の表示ソフトウェアに、フィードバック機能を用意し、ユーザが判定した状態が自動判定結果と異なる場合には、その区間の電力データを指定してユーザ判定の状態に振り分ける。その情報をもとに、新たにクラスター分析を行い、アプリケーションサーバに登録されている分別情報を更新する。これによって、分別情報はつねに設備の変化や使用条件に対応して更新できる。

上記の方法によれば、電力の閾値のみならず、より多くの情報を用いて稼働状態を判定し、表示することが可能である。

[1]

2-2-5 ベンチマーク方式

ベンチマーク方式とはモデル数値との比較によってその差をムダと判定する方式である。

モデル数値の設定の方法は4つとなる。

トップランナーとの比較、同業同種との比較
自己の過去との比較、目標値との比較である。

(1) トップランナー方式

各設備に関する電力消費量のチャンピオンデータをデータセンタから配送し、各ユーザの使用している同一カテゴリの設備と比較することによって、各ユーザが設備を更新したほうが得策であるかどうかを計算し、表示する機能。

(2) 同業同種との比較

自分以外の同業または同種の施設設備について事業所間の電力消費量を比較し、有意な差異がある場合には、それを表示する機能。どの程度の差があれば有意であるかは、過去の統計量にもとづいてあらかじめ設定し、データセンタに登録しておく。

(3) 自己の過去との比較

自己の過去のデータとの比較を行い、各設備の電力消費量に有意な差異があればそれを表示する。過去のデータは、ユーザや事業所の営業活動の周期にもとづいて設定しておく。通常は、1年、1ヶ月、1週間での周期性をもとに比較する。

(4) 目標値との比較

社会的要請数値、組織からの要請数値などあらかじめ人為的に設定された数値を目標値と呼ぶ。その目標値との差を比

較する。

3 計測単位の分類とムダの判定方法

大学は企業と違い多目的な活動が行われている。計測単位は施設利用者の活動と施設との関係でムダの特定しやすい方法から分類すると以下のようになる。

(1) 教授室及び職員室

タイムマネージメントと呼ばれる就業時間・営業時間を基準にして分別できる対象とした。

(2) 実験室 A (日常、学生たちの研究に使われている部屋)

就業時間にとらわれず自由に使用されている部屋をさす。この場合は基準が設けられないので、ベンチマーク (比較) の手法を適用する。

比較は 3 種類の方法を使用する。

- ① 過去の時系列で比較する。例えば昨日より多い少ないとか同一条件の日と比較を行いムダの量を推定していく。
- ② 類似の部屋で比較する。同じように使用されている部屋のデータと比較を行う。
この場合複数のモニタリングが必要となる。
- ③ トップランナーと比較する。同じように使用されている部屋の中で一番効率のよい部屋のデータと比較してその差をムダとして分別する。

(3) 実験室 B (機械・機器が置かれている部屋)

非日常的に使用されるが消費電力の多い機械設備が設置されている部屋をさす。

例えば、大型の実験用設備や計測機などが置かれている部屋である。

それらの機械設備が実際に稼働しているかどうかを判定してムダを分別する。

(4) 教室、会議室

非日常的に使用され目的が空間を利用される部屋をさす。

例えば、講義のためや会議やセミナーの部屋である。この場合は時間割・スケジューラーから使用占有の状況入手して利用許可のある場合とない場合を分別していく。

(5) サーバ室

サーバ室は 24 時間無人稼働されていてサーバ機器類以外に空調制御も行われているため。部屋の分類としては 3 の実験室 B に属するがムダの分別として 2 の実験室 B に属するので独立させた。

2 と同様の手法を採用する。

4 ユーザインターフェイス

上記の分析方法を組み入れた結果を表示するユーザインターフェイスについてはウェブを前提とした。閲覧した時にユーザがストレスを感じないように独立したアプリケーションサーバを専用を立てた。独立にしたもうひとつの理由はセキュリティの確保にある。これにより高速なレスポンスと安全性が保たれることになった。ウェブの利用者の想定を組織管理者、施設管理者及び意識レベルが高い一般利用することを前提とした。さらに蓄積されたローデータを任意に取得できるものとした。一般利用者は学生を前提とした FLASH を使用したアプリケーションのデモソフトも作成した。

4-1 ウェブによるインターフェイス

ウェブによるインターフェイスは商用サービスとしてシムックス社からクラウド型コンピュータサービスによって提供されている。

次にその特徴点を述べる。

(1) 直感的なデータ一覧

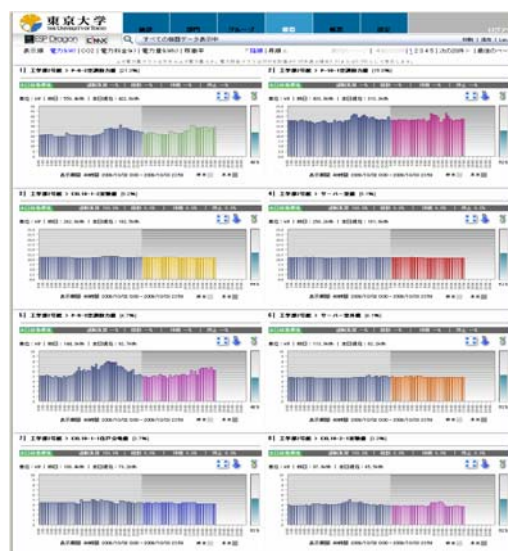


図 6 一覧表示画面

従来はデータを見るために、施設、設備の選択と月日の選

扱を要するものが一般的であった。ユーザにとっては2つの作業の煩わしさが残った。

この2つの動作を省き、直感的にユーザの目に映るようにすべてのデータを同時に表示することにした。(図6)データの表示順位はランキングで表現した。電力量の大きい順、少ない順の2つを任意に選択できるようにした。図5参照

(2) 48時間グラフ

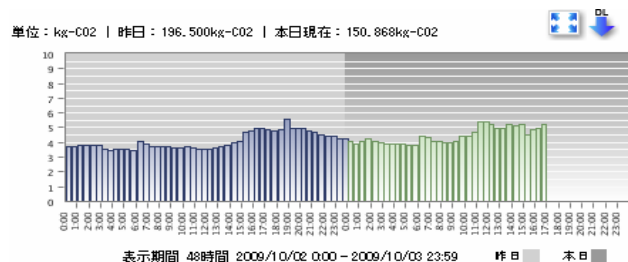


図7 48時間グラフ

従来のグラフは24時間単位で表示されるのが一般的であった。色分けをした48時間グラフ(図7)にすることで、人の活動の周期性あわせて消費電力量を直感的な前日の行動パターンと比較することができ、今日時点のこれから変異を用意に推定できるようにした。

(3) ムダのパーセンテージ

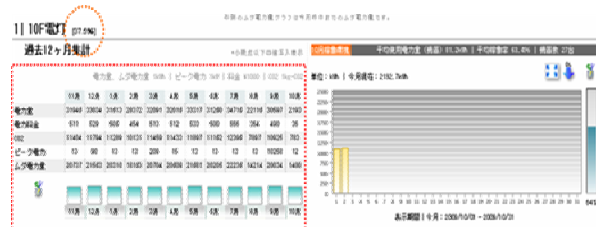


図8 年間表示グラフ

図8の左半分は機器ごとに年間の消費量を月別の数値で表示している。上か順に電気量、電力料金、CO2量、その月の30分単位でのピーク電力量、ムダ電力量となっている。左上の機器名称の隣の数値は全体の電力量の中に占める選択された機器の割合を数値で示している。右下の青い棒グラフは月別にムダ電力量の割合を青で示している。右端の青い棒グラフは当日のムダな量の割合を示している。

4-2 FLASHによるインターフェイス

一般利用者である学生を想定して開発されたデモソフトである。“ゲームニクス”の提唱者である立命館大学サイトウアキヒロ教授にご協力いただき作成した。クラウド型でインターネットを利用し、東大共通データベースのデータを取得しシムックス社のアプリケーションサーバでデータを処理しPCにデータを配信しリアルタイムで楽しく消費電力量が見える化システムを構築した。(図9)

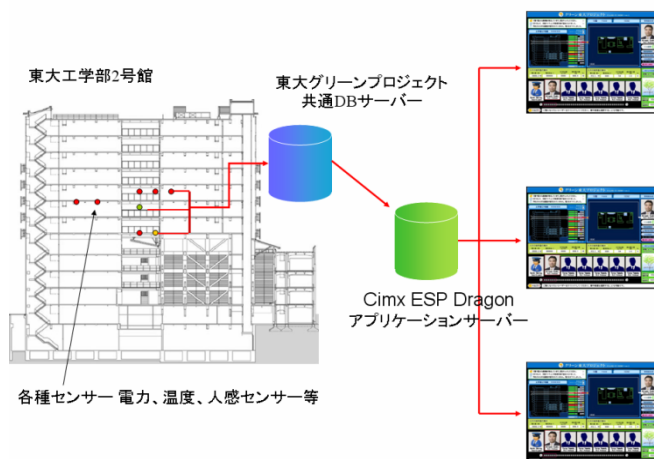


図9 システム構成図

本インターフェースの特徴は楽しみながら直感的に、マニュアルを使わず、持続的に触ってもらえるように工夫されている。

4-2-1 コンセプト

ユビキタスの時代の新しいソフトの表現として3本の柱をたてました。

- (1) 価値判断の基準と目標値を自分で設定できるようにする。
- (2) リアルな世界とバーチャルな世界を自由に行き来できる。
- (3) 操作の標準は、ゲームニクスを適応する。

4-2-2 ソフトの構成

ソフトの構成は4つのプロセスです。

- (1) 設定
環境設定と目標設定
- (2) 表示
見える化(全体とむだの量)
データの比較
- (3) 分析

原因と対策の旅

(4) 活動の公開

エコポイント（マイレージ制度）、活動のブログ

インターネットの技術とインフォメーションとコミュニケーション技術を自由に駆使しできる世界を作る。

4-2-3 デモ画面の説明

トップ画面は東大工学部2号館の平面図であり、そのまま選択する画面として使われている。



図10 選択画面

図10は建物から階を選択するとその階の平面図と選択された階の人が同時に表示される。

左の緑の部分には2号館全体の電気量、料金、CO₂が表示される。右の緑の部分にはその階だけで使用されている電気量、料金、CO₂が表示される。



図11 グラフ画面

人を選択すると右側の平面図が選択された人の部屋の間取り図になると同時に下半分にその部屋で使われている電気量が照明、空調、その他の3つに集計されて表示される。

さらに細かくテレビ、冷蔵庫、パソコンと言った個別機器ごとにも表示が進んでいく。(図11)

4-2-4 デモのソフトの特徴

施設単位、機器単位からのデータを見ることから

一人一人に消費電力量をリアルタイムに紐つけたこと。さらにポイント制の導入も視野に入れることでゲームニクスを応用できる可能性を示した点にある。(図12)



図12 エコポイント交換画面

文 献

- [1] 「DIAGNOSTIC METHOD ANALYZING POWER CONSUMPTION OF ELECTRICAL EQUIPMENT」Patent No : US 716058 B2, May 8, 2007
- [2] “ゲームニクスとは何か” サイトウ・アキヒロ著 幻冬舎新書 ISBN978-4-344-98045 2007年7月