

複数メーカー製品を相互利用可能なキャンパスの電力見える・ 見せる化システムの設計・構築と運用

萩原洋一[†] 櫻田武嗣[†]

我々は、複数以上のメーカーの電力計測システムと見える化システムを相互乗り入れするシステムの設計、構築を行った。大震災の影響による節電のため、電力の見える化は様々なところで行われているが、我々は、それ以前から複数メーカーの製品を自由に組み合わせて大規模なシステムを構築できる仕組みを設計し、構築を行い運用している。本論文では、この仕組みのモデル化による汎用的な接続方法について述べるとともに、複数以上のメーカーを利用するメリットと問題点、その解決について述べる。また、メーカー既製品のソフトウェア改良を提案し、今後のネットワークを活用した電力見える化に貢献した。さらに、節電の啓蒙の視点からデジタルサイネージ等を利用した電力の見える化についても述べる。

Construction and operation the electric power visualization system that is interconnected plural manufacturer equipment

YOICHI HAGIWARA[†] TAKESHI SAKURADA[†]

In this paper, we describe our constructed and operating the electric power visualization system that is interconnected plural manufacturer equipment. Many companies and universities make electric power visualization systems after Tohoku earthquake in 2011. But our system is constructed and began to operate in 2010. Additionally, our system can be used equipment that made by many manufacturers. We showed an example to manage with mixture manufacturer equipment on a large scale by this system. And we built the digital signage system that shows animated graph and maps with electric power measurement data. We enlightened power saving by this system.

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、日本のあらゆる社会基盤に大きな影響を及ぼした。東京電力の地域においては、同年6月1日付で経済産業省からの電気事業法第27条、施行令第2条に基づいて、契約電力が500kW以上の事業所における一律15%の電力削減による制限[1]が通知された(2011年7月1日～9月9日の平日9:00～20:00、合計550時間)。

我が国において電力不足に陥ることは、誰も予想していなかったが、一方で低炭素社会実現のための方策や環境整備を以前から確実に取り組んでいたはずである。本論文では、低炭素社会における大学のグリーンキャンパス化を目指して2009年1月から2010年9月にかけて取り組んだ東京農工大学[2]キャンパス全域における建物フロア別電力の見える化システムの構築と同システムを活用した学生や教員に対する節電の啓蒙手法とその成果について述べる。

2. 概要

本プロジェクトは、大学キャンパス全体の省エネルギーを推進するために、複数の計測システム(3社3システム)と、複数の可視化システム(2社3システム)を導入するとともに、複数以上システム間の標準インタフェースを開発

することで異なるメーカー間の相互接続を実現するものである。大学キャンパス(図1)のすべての建物に複数メーカーのエネルギー計測システムを導入し、これらの計測データを共有させ、両キャンパスの計測データを相互監視するシステムを構築した。

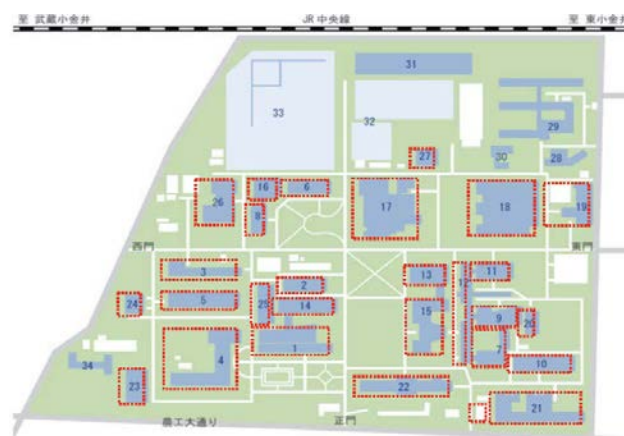


図1 小金井キャンパス対象建物

Figure 1 Koganei Campus building measurements.

次に、複数の可視化システムからなるアプリケーション層(情報分析結果を可視化する)と、複数の計測システムからなる端末層(計測機器により省電力省エネルギーに必要な物理量を測定する)との間に、情報収集層として、端末層からのデータを集約・保持し、アプリケーション層へデー

[†] 国立大学法人東京農工大学
Tokyo University of Agriculture and Technology

タ提供する標準インタフェースサーバを導入することにより、各システム間の仕様の相違を吸収させた。さらに、標準インタフェースは、複数メーカーの異なる測定データを集約し、複数メーカーの可視化システムへデータ提供する。計測データを受けた可視化システムでは、改善余地可能な電力量を算出し、標準化インタフェースへフィードバックし、他の可視化システムへ計測データと共に提供する機能も持つ（図2）。

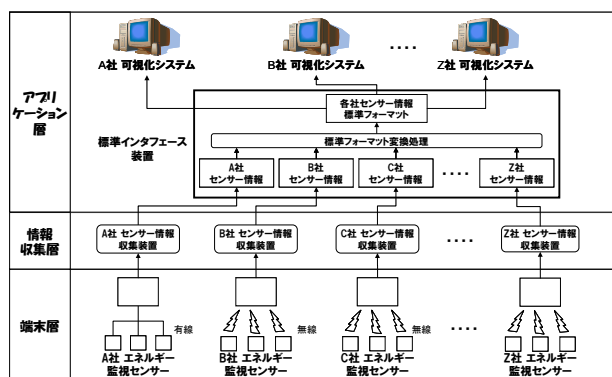


図2 各レイヤーの概念図

Figure 2 Layer Conceptual diagram.

本システムは、これら複数システムのデータ送受信のプロトコルやデータ形式の相違の吸収の他に、積算値・差分値の相違、係数・小数点有無等のデータの仕様が異なるシステム間の連携として標準インタフェースサーバを経由することにより、全計測データを全可視化システムへ提供した。

3. 目標とモデル化

大学キャンパスには、多様な設備を持つ小規模から大規模まで多数の建物や異なるロケーションから構成され、それぞれの特徴に適した計測システムの導入が必要である。この構成は、ひとつの街をモデル化したものであるといえる。この環境下での本実証実験をもとに、①電力エネルギー管理システムのインタフェース・データの標準化の加速、②学内のCO2削減効果と省電力の推進、③学生への啓蒙、④他大学や中小規模施設、公共施設への波及など、多くの応用分野での利活用が期待される。

以上を踏まえ、まず、第一の目標は、本事業を核として省電力省エネルギーの取り組みが遅れている中小工場・中小規模ビル・公共施設に対する省電力省エネルギーの加速を図ることを目指している。大学キャンパスは、多様な設備を持つ多数の建物や異なるロケーションからなっている場合が多く、導入の時期、建物の性格やキャンパスのロケーションによって複数メーカーのシステムが導入されているケースが存在する。従来の計測システムは各社が独自のデ

ータフォーマットを採用していることで、異なるシステム間のデータの一元化には多大な作業が必要となるため、全体を俯瞰した省電力省エネルギー活動を進めることが困難であった。効率的に省電力活動を進めるためには、複数の場所に存在する複数メーカーの計測システムからのデータを、ネットワークを通して一元的に可視化できるようにすることが重要となる。この一元化を実現することで、既存のシステムに影響されずに、それぞれの建築物の特性に合わせた最適な計測システムを選定することが可能となる。

次に第二の目標は、計測されたデータを活用した省電力を実現するためのアプリケーション開発と効率的な省電力活動の加速を実現することである。省電力の加速・推進には、計測データを活用した情報分析により省電力につながる制御や改善に結びつけるためのアプリケーション開発が重要となる。計測データが標準化され、ネットワークを通じて一元化されたデータが複数のアプリケーションシステム上で活用できる状態を実現することで、アプリケーション開発の健全な競争を加速することにつながる。また、遠隔からの監視や省電力診断も可能となり、省エネルギースペシャリストがより多くの改善が実行できるようになる。このことにより、省電力省エネルギー市場の活性化による雇用機会創出を実現しつつ、省電力省エネルギー活動への参画ハードルを下げるができる。

以上の二つの目標を達成する過程で得られる実証的データおよびプロセスは、本学だけの省電力にとどまらない幅広い応用・適用の基礎となり、本学のシステム開発事例から社会に発信する貢献につながると期待できる。

4. 実装

4.1 標準化インタフェース

本システムでは、入力系および出力系のデータ変換機能をもった標準化インタフェースの仕様を決定し、変換マスタファイル（ポイントマスタと呼ぶ）による変換機能を実装した。ポイントマスタは、512ヶ所のセンサーデータ（改善余地データを含むと1024ヶ所）を管理し、異なるメーカーの製品群を統一的に扱っている（付録A.1参照）。入力系としては、次の異なるメーカーの異なる計測システムから計測データを収集する。

- ① オムロン ene-brain 情報収集サブシステム[3]
- ② パナソニック電工 Pac サポーターシステム[4]
- ③ 日立 ZigNet システム[5]

次に、収集したデータは、生データ保存の他にデータベースに保存して管理する。出力系としては、次のアプリケーションソフトウェアに情報を提供している。

- ① パナソニック電工デジタルサイネージシステム[6]
- ② パナソニック電工 SatToolWeb システム[7]
- ③ オムロン CO2 見える化システム[3]

これらは、各社独自の特徴と仕様になっており、提供データの形式も異なっている。アプリケーションソフトへのデータ提供についても、標準化インタフェースサーバが受け持つ。標準化インタフェースサーバを中心とした本システム構成を図3に示す。

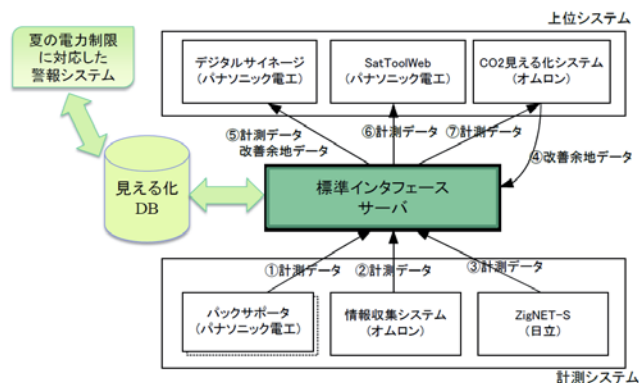


図2 システム構成

Figure 2 System Configuration.

本システムは、標準出力フォーマットを用いた標準化インタフェースを情報収集層とアプリケーション層の間に適用することで、異なるシステム間のデータフォーマットの違いを吸収し、複数企業の電力エネルギー管理システムでの相互接続を可能にした。この成果により、ベンダーに依存しない最適なシステム構築やネットワーク経由での省電力省エネサービスのアウトソース等の効果が期待でき、エネルギー管理領域における標準化の加速を期待するものである。

4.2 異システム間接続

各メーカーの仕様の差は、各メーカーの特徴でもあり、差は埋められず、以下の相違が残った。これらを標準化インタフェースサーバで吸収した。

- ① 計測システムからのデータ提供プロトコル ftp プロトコルで送信する計測システム, ftp プロトコルで受信待ちする計測システム, http で post する計測システムと、3 種の方式をサポートした。
- ② 計測システムからのデータ項目の相違 CSV 形式には標準化できたが、その内容は、各メーカー独自の仕様となった。測定時刻の形式、欠損データの表現方法、項目数、順序等に相違がある。これらの相違を計測システムからの受信時に対応できるようにした。
- ③ 計測システムからのデータ値の相違センサーからの値(例えば、0.05 を 1 として計測する)をそのまま送信して

くる計測システムと、換算した結果を送信する計測システムの相違を吸収した。

- ④ 積算値・差分値の相違電力量を前回測定時から今回測定時までの差分(例えば 10 分間の電力使用量)で提供する計測システムと、積算値を提供する計測システムの相違があった。可視化システムへは、全てを差分値に変換し提供するように統一化を図った。

- ⑤ 可視化システムソフトへのデータ提供プロトコル標準化インタフェースサーバに対し、ftp プロトコルで取得するアプリケーションソフト, http プロトコルで get するアプリケーションの 2 通りをサポートした。

- ⑥ 可視化システムソフトへのデータ項目 CSV 形式には標準化できたが、日時の表現形式、1 つのファイルに収めるデータ数の制限が異なる等の仕様差を、標準化インタフェースで対応した。

- ⑦ 測定ポイントを特定する ID 各測定システム(各メーカー)には、測定ポイントを特定するため、システム毎の ID が付与されている。可視化システムへは、それぞれのメーカーに応じた ID に変換する。

これらのデータ上の差異を吸収する為、ポイントマスターテーブルを用意した。測定ポイントを特定する ID は、各メーカー単位にユニークになるよう定められているが、上位システムへは、全メーカーの測定データに各メーカーにそった ID に変換するなど、測定機毎、上位システム毎の相違を吸収した。データフォーマット統一化のイメージを図4に示す。

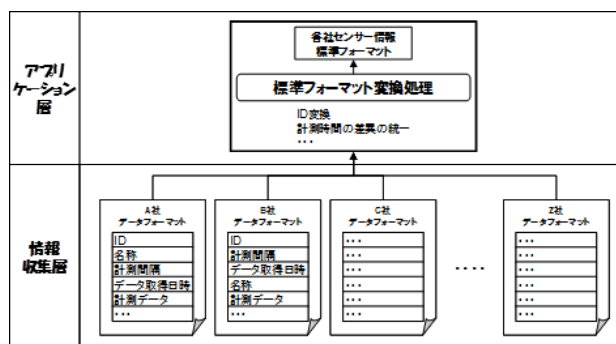


図3 データフォーマット統一化

Figure 3 Unified Data Format.

5. 成果

5.1 震災直後の節電効果

本システムでは、標準化インタフェースを用いた各社各仕様のセンサーやアプリケーションを標準化し、どのメーカーの装置でも接続が可能なことを単なる実証実験ではなく運用レベルまで実現できた。業界標準プロトコル[8]による運用が基本ではあるが、現実の世界では、問題点が多く

存在するために実現していないのが実態である。この成果は大きい。また、はじめにでも述べたとおり、2011年3月11日に発生した東日本大震災は、日本社会に大きな衝撃をもたらした。本学での電力使用量についても、緊急処置を含めて可能な限りの節電を実施し、図5に示すように震災前後を比較すると35～40%の電力削減が実現できた。

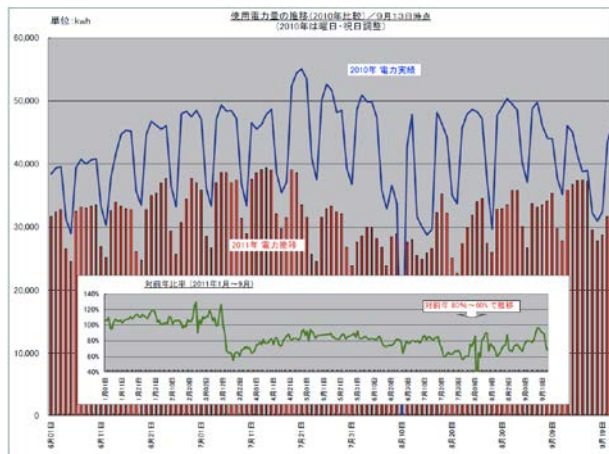


図 4 2010/2011 電力削減効果

Figure 4 2010/2011 Power reduction effect.

5.2 電力制限令における効果

本システムは、導入と運用を震災前に実現していたため、2011年夏の電力制限令への対応にも建物別およびフロア別の電力使用量データを示しての大学構成員への節電啓蒙が可能であった。具体的には、30分単位の電力消費量計測値が電力制限令の90%を超えた場合に、図6に示すような自動メール送出機能を新たに実装した。この機能は標準インタフェース機能でデータを整理したDB（電力見える化DB）システムにアクセスし、閾値を超えると全学のMLに自動送出する仕組みである。

■小金井地区ML: psavingk@ml.tuat.ac.jp
■メールタイトル:【警告】電力量が制限値に迫っています
■メール送信文:

2011-07-11 14:00:00 現在の情報です。
小金井地区の電力量が制限値に迫っています。

使用電力量 2163.2 [kW]
制限値 2380.0 [kW]
制限値の 90.9 [%]

ただちに節電を強化して電力使用を控えてください。

本日のグラフ
<http://e-monitor.med.tuat.ac.jp/~keyaki/img/graph-now.jpg>

※ 本メールは自動送信されていますので、
本メールに返信しないでください。

小金井地区 グリーンキャンパスWG主査 中川正樹

図 6 電力制限メール

Figure 6 Power Saving Mail.



図 7 電力制限効果例 1

Figure 7 Power Limiting example 1.



図 8 電力制限効果例 2

Figure 8 Power Limiting example 2.

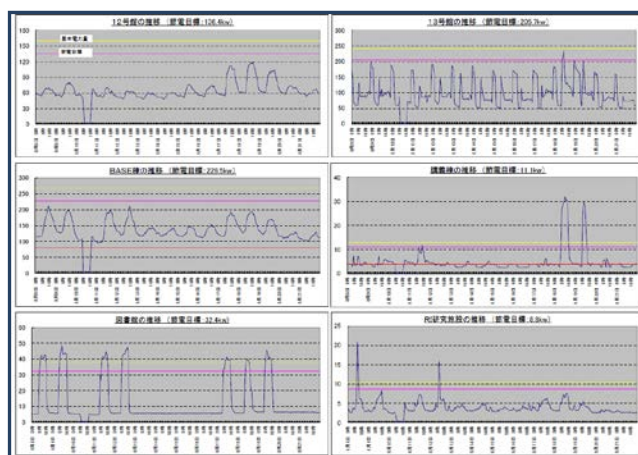


図 7 電力制限効果例

Figure 7 Power Saving Graph example

6. 節電環境教育

大学キャンパスは、学生、教職員や企業や研究所の共同研究者など多種多様な立場の人々で構成されており、省エネルギーを中心とした環境教育も重要な課題である。本シ

システムでの「見える化」から、デジタルサイネージシステムを活用した「見せる化」へ一歩進めて、環境教育の啓発を实践した。先に述べたアプリケーションソフトはいずれもエネルギー分析の専門家向けのものであり（図 8）、学生や教職員一般向けには直感的な判断が難しい。



図 8 アプリケーションソフト表示例
Figure 8 Application Software example 1.

そこで、学内全体のエネルギー使用量が俯瞰でき、自らの活動によるエネルギー使用割合が容易に把握できる仕組みを合わせて実装した。これを実現するために、キャンパス情報ネットワークを活用したデジタルサイネージシステムを利用した。学内消費エネルギーをタイムリーにグラフィカルに表示し、また、本学における CO₂ 吸収量をリアルタイムに表示する仕組みを実装し、合わせて低炭素社会実現のための啓蒙に活用した。このシステムによって学生の省エネルギー意識を高めることができる（図 9、図 10、図 11 参照）。



図 9 デジタルサイネージ画面例 1
Figure 9 Digital Signage example 1.

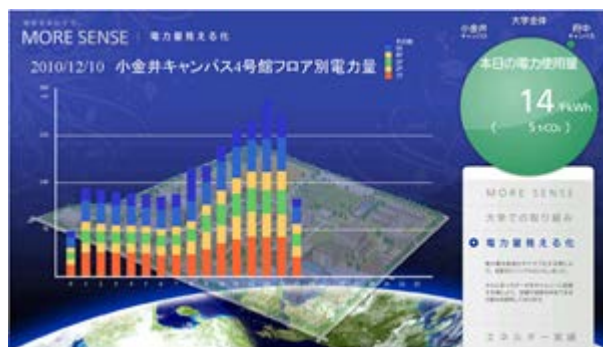


図 10 デジタルサイネージ画面例 2
Figure 10 Digital Signage example 2.

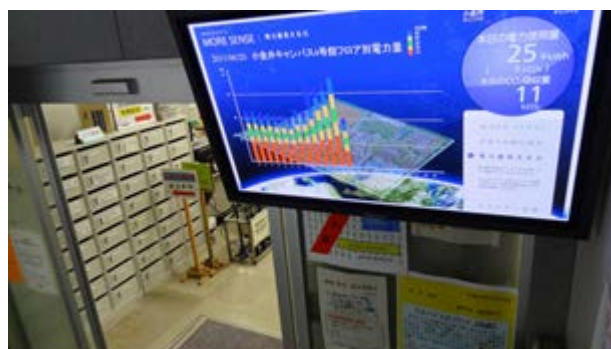


図 11 デジタルサイネージ画面例 3
Figure 11 Digital Signage example 3.

7. まとめ

本論文では、複数キャンパスにおける電力エネルギー使用の見える化によって省電力省エネルギーを実現することを視野におくために、複数メーカー以上の異なる体系製品群を効率よく標準化する手法により構築したシステムを述べた[9][10]。本システムは、省エネの出発点であり、今後さらに有効的に利活用することによって、節電をはじめとする低炭素社会における大学キャンパスの在り方であるグリーンキャンパス化実現のために効果を発揮するものである。この成果は、街など地域レベルでの省電力省エネルギー計測の実証実験の基盤となるものである。

また、本システムの構築中で発生した計測データの取扱い等の問題について、センサーやアプリケーション開発メーカーに対し、計測センサー等の時刻同期機能の必要性、及び、停電後の復旧対応の機能改善要求を提示した。メーカー側では、これらの問題点を製品改良し、改善した製品での販売を開始している。今後、多くの企業や大学での導入が進む電力見える化関連製品のネットワーク化による接続性向上、ならびに品質向上に貢献できたことは大きな成果である。

謝辞 本論文で述べたシステムは、NEDO 次世代建築物制御技術標準化実証事業「標準化インタフェースを用いた

複数のエネルギー管理システムの相互接続による省エネルギー事業」の助成金により構築した。

参考文献

- 1) 電気事業法第 27 条による電気の使用制限について
<http://www.meti.go.jp/earthquake/shiyoseigen/index.html>
- 2) 東京農工大学
<http://www.tuat.ac.jp/>
- 3) オムロン ene-brain (CO2 見える化) システム
<http://www.omron.co.jp/green-automation/product/enebrain/>
- 4) パナソニック eco-sas ソリューション
<http://www.eco-sas.jp/>
- 5) 日立 ZigNet 広域無線センサネットワーク
<http://www.hitachi-pt.co.jp/products/si/zignet/>
- 6) パナソニックデジタルサイネージシステム
<http://panasonic.biz/it/nmstage/>
- 7) パナソニック電工 SatToolWeb システム
http://www2.panasonic.co.jp/es/peseg/pdf_data/6/sat_tool_web.pdf
- 8) 東大グリーン ICT プロジェクト
<http://www.gutp.jp/>
- 9) 中島高英：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 ,電子情報通信学会技術研究報告 IA インターネットアーキテクチャ, 109(351), pp.7-12(2009).
- 10) 加藤丈和, 松山隆司 :スマートタップネットワークによる消費電力見える化システム,情報処理学会研究報告. MBL モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会研究報告, 2011-MBL-59(6),pp1-6, (2011).

付録

付録 A.1 ポイントマスタテーブル例

部署	名称	Panasonic	オムロン	日立	機種	Panasonic
Point No.	(設置場所情報)	ポイント識別文字列	端末ID	チャンネルID	チャンネルID	ポイント名称
1	第1号機 (PAC No.1)	10001	100010	P100	P	第1号機 1F-1 階電力 L-1-1
2	第1号機 (PAC No.1)	10002	100020	P100	P	第1号機 2F-1 階電力 L-2-1
3	第1号機 (PAC No.1)	10003	100030	P100	P	第1号機 3F-1 階電力 L-3-1
4	第1号機 (PAC No.1)	10004	100040	P100	P	第1号機 4F-1 階電力 L-4-1
5	第1号機 (PAC No.1)	10005	100050	P100	P	第1号機 5F-1 階電力 L-5-1
6	第1号機 (PAC No.1)	10006	100060	P100	P	第1号機 1F-1 階電力 L-1-1

ポイント	属性	単位	小数点以下有効桁数	入力値	収集装置	接続	GVV番号
種別	電力	消費	消費	消費	消費	消費	消費
電力	消費	消費	消費	消費	消費	消費	消費
電力	消費	消費	消費	消費	消費	消費	消費
電力	消費	消費	消費	消費	消費	消費	消費
電力	消費	消費	消費	消費	消費	消費	消費
電力	消費	消費	消費	消費	消費	消費	消費
電力	消費	消費	消費	消費	消費	消費	消費
電力	消費	消費	消費	消費	消費	消費	消費

GVVファイル分割番号	出力フラグ	消費
SatToolWeb	消費	消費
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1	1	1