

細粒度データを使用した電力見える化 WEB サイトの データ処理方法における一考察

松井加奈絵^{†1,2} 落合秀也^{†3} 西宏章^{†4}

ネットワークに対応した電力計測機器の普及により、細粒度の電力消費データの収集、活用が可能となった。本データ活用方法として、電力消費実態を消費者に伝えることによる電力削減を目的として「見える化」があげられる。世帯における「見える化」の重要な点は、現在使用している家電の状態を伝えることであるため、短い時間間隔の電力消費情報を伝えることは重要である。しかしながら、細粒度データ処理は対応世帯が増加するほど困難となる。本稿では 30 世帯を対象とした見える化 WEB サイトの提供を実証実験にて行った際に実装した、計測データ蓄積サーバから WEB アプリケーションサーバへのデータアクセスにおける処理方法について述べ、本知見を共有する。

A Study of Processing Way towards Electricity Consumption Data at Nearly Real-time for Information Visualization Websites

KANAE MATSUI^{†1} HIDEYA OCHIAI^{†2} HIROAKI NISHI^{†3}

The diffusion of electricity consumption meter, which connects the Internet has introduced the environment to utilize the electricity consumption data at nearly real-time. The data are able to utilize websites, which visualize the electricity consumption data for enhancing electricity conservation toward the people because the people can understand their usages of electricity appliances. However, the data processing would be difficult when the participated households have been increased. We conducted the experiment to meter the electricity consumption data and provide websites among 30 households in Tokyo and Kanagawa Prefecture. The way of the data processing in the experiment is explained in this paper.

1. はじめに

本論文では、ネットワークに対応した電力計測器から取得可能となった細粒度電力消費データを用いた、電力見える化 WEB サイトの処理について述べる。

ネットワーク対応の電力計測機器の普及により、1 分単位などの細粒度電力消費データを処理し、WEB サイト等を通じて情報提示する「見える化」があげられる。細粒度電力消費データを「見える化」することにより、世帯は詳細な電力消費実態を理解することが可能となる。例えばドライヤーなど使用は短時間であるが電力消費量が比較的高い家電の消費実態は、個別に電力計測を行う以外は実態把握が困難であるが、最粒度電力消費情報であれば、消費状況が類推し易い。全ての家電に計測機器を設置することは、現状世帯にとってコスト面で現実的でないことから、分電盤から取得可能な総電力消費量データを用いた見える化が一般的である。しかしながら微粒度電力消費情報を提示する WEB サイトを実現するためには、電力消費データを蓄積されているデータに対して、WEB アプリケーションサーバが高速に処理する必要がある。そこで、東京都および神

奈川県で行った、30 世帯を対象とした電力消費データの収集および見える化 WEB サイト提供による電力削減行動を促す実験において、各世帯への WEB サイト提供にあたってどのような処理を必要とし、実際にどのような処理を行ったかについて記す。

2. 関連研究

本章では本研究の背景となる、ネットワークに対応した電力計測機器の普及による細粒度電力消費量データについて、またその利活用方法について明記する。

ネットワーク対応の電力計測機器は、スマートグリッドと呼ばれる通信・制御機能を利用した電力網を実現、また多彩な電力料金形態を実化するために開発されたものである[1]。欧米ではスマートメーターと呼ばれ、電力消費量データの収集だけでなく自動制御や、リアルタイムプライシング(実時間価格制度)やピークロードプライシングなど電力消費量データを利用した電力料金プランの実現を可能としている[2]。現在、日本において電力計測機器は、系統電力への制御に対応したものではなく、欧米の事例のように電力会社が普及したものではないため電力料金プランに対応したものではない。そのため、現在本計測機器を用いた国内研究事例は、(1) 制御手法の確立、また (2) 電力消費量情報の見える化による世帯および事業者の電力削減行動促進に関するものが主である。

上述の通り、日本においてもいずれは電力料金プランに計測データが使用される可能性がある。その場合、電力消

^{†1} 慶應義塾大学 先端研究センター

Keio Advance Research Centers, Keio University

^{†2} 慶應義塾大学 大学院大学 メディアデザイン研究科

Graduate School of Media Design, Keio University

^{†3} 東京大学 大規模集積システム設計教育研究センター

VLSI Design and Education Center, the University of Tokyo

^{†4} 慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科

Department of System Design Engineering, Keio University

費量に見える化は、需要家が選択した電力料金プランに応じてどのような電力消費形態が電力料金の変化につながるのかより顕著となるため、需要家の電力消費行動の決定因子になる可能性がある。例えば需要家がピークロードプライシングを選択していた場合、変動するピークロードによって課金されるため、需要家が電力料金を減らしたい場合はピークを把握する必要がある。

このように、日本においても今後電力消費量データの利活用が進むことが想定される。その場合 WEB サイトにおいて、どのように細粒度電力消費データを処理するのかは重要となると考えられる。本研究では、実験に使用した電力消費量データを用いた見える化において、情報提示方法に一般的に用いられている WEB サイトの運用において、微粒度電力消費量データを処理するにあたり、どのような方法を用いたのかを記述することで、今後のデータ利活用方法に貢献する。

3. 見える化 WEB サイトの構成

3.1 ページ構成

本章では実証実験で提供した見える化 WEB サイトの構成について述べる。本 WEB サイトは以下の 3 つの情報で成り立っている。

1. 電力消費に関する基礎的情報
2. 電力消費実態情報
3. 効率的な電力消費行動情報

項目(1)は、本 WEB サイトを利用するにあたり、電力に関する知識背景のない世帯においても、提示する情報が理解できるよう電力に関する基礎的情報であり、内容に変化のない静的情報である。本 WEB サイトでは、上述の内容に加えて発電、供給方法、また環境に与える影響の説明文を記載した(図 1)。また、一般的に世帯で使用される家電が 1 回の使用にあたりどの程度の電力を必要とするのかをシミュレーションすることができるページを提示した(図 1) [3]。

項目(2)は、電力計測機器でから収集される細粒度電力消費データを使用して作成されたページである(図 1)。計測データにより提示情報は変化するため、本項目で取り扱う動的情報ある。具体的な提示情報を表 1 にまとめた。

表 2 電力消費実態情報

	内容
現在の電力消費量	1 秒毎に収集されたデータの 1 分間あたりの平均値
本日の電力消費量	毎日 0:00-23:59 間の積算電力消費量
電力料金	本日の電力消費量に世帯の契約電力料金プランの 1kWh の単価をかけたもの
CO ₂ 排出量	本日の電力消費量に世帯の契約電力会社の CO ₂ 排出係数をかけたもの [4]



図 1 電力消費に関する基礎的情報ページ(1)



図 2 電力消費に関する基礎的情報ページ(2)

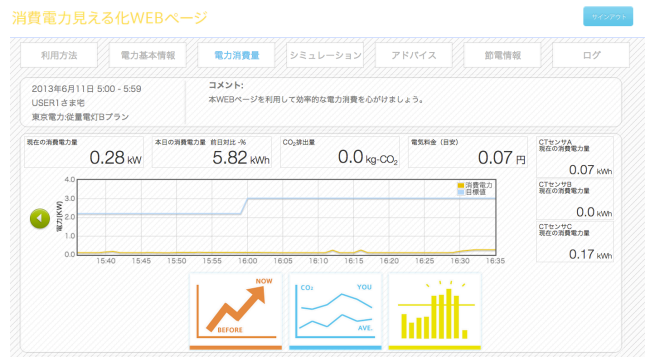


図 3 電力消費に関する基礎的情報ページ



図 4 電力消費に関する基礎的情報ページ

これらは計測データに対して各々処理を加えて生成されたデータであるが、処理は計測データを蓄積するデータベース内で行い、各々の情報は各テーブルに格納される構成となっている。本構成に関しての詳細は 3.2 章において述べる。

項目(3)では、主要家電別に対する電力消費量削減行動の提示およびチェックリスト、また世帯の電力消費傾向から該当するとシステムが判断したアドバイス情報を提示した(図 1)。本項目では提示される情報は変化しないため、静的情報を扱っている。

3.2 WEB サイト構成

上述の WEB サイトがどのように構成されているのかについて詳細を述べる。まず、(1) 計測機器による各世帯の電力消費量データの収集方法、次に (2) WEB サイト提供のために構築された WEB アプリケーションサーバの挙動について述べる。

項目(1)の概要を図 1 にまとめた。

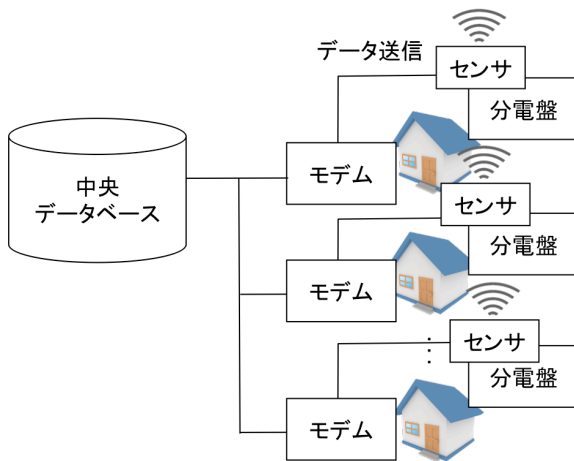


図 5 電力消費量データの収集と蓄積

電力消費量データの収集のために、各世帯の分電盤の配線に電力計測機器(センサ)付属の CT センサを設置し、総電力消費量を 1 秒単位で収集する。収集したデータは、センサに内蔵されている親機 ZigBee モジュールから、モデムに付属する子機 ZigBee モジュールにデータを送信する。子機に送られたデータは、モデムを通じて中央データベースへデータ送信される。また、使用した計測機器を図 6 に示した。

計測データは親機内でスマートグリッド向けの通信規格 IEEE1888 に変換され、IEEE1888 アーキテクチャのストレージ機能をインストールした中央データベースに格納されるため、統一したプロトコルにて管理される[5]。中央データベースに送信されたデータは、各世帯に割り振られたポイント ID(URL)別に格納される。格納されたデータは積算電力量となるため、表 3 の情報を生成するための処理後、割り振られたポイント ID 配下のカラムにそれぞれ格納さ

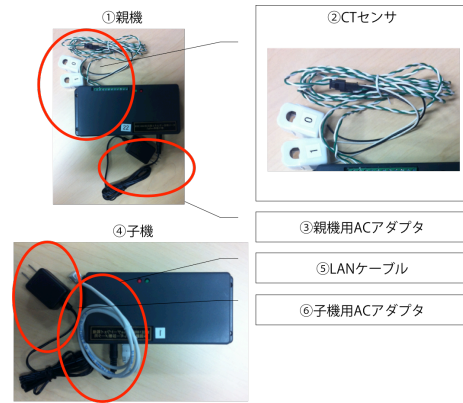


図 6 計測機器

れる。

次に項目(2)について、中央データベースと WEB アプリケーションサーバの概要を図 7 に示す。

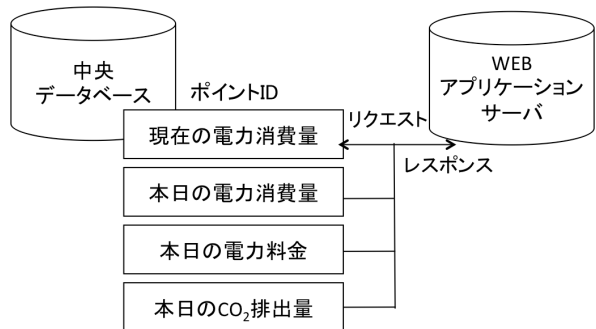


図 7 WEB アプリケーションサーバの挙動

WEB アプリケーションサーバは、各世帯の電力消費実態情報をサイトに提示するために、各世帯別に用意されたポイント ID にリクエストにアクセスする必要がある。本リクエストは 1 分毎に行われ、リクエストによって取得された情報は WEB サイトに反映される。WEB アプリケーションが中央データベースに 1 分間にアクセスする回数は 1 世帯に対して 4 回、また 30 世帯に対して同様に行われるため、120 回行われることとなる。本点が最も中央データベース、WEB アプリケーションサーバ共に負荷をかける箇所であり、サーバが処理しきれずにエラーが出てしまう減少が発生した。対処方法を以下に記述する。

3.3 エラー対処方法

エラー発生時の中央データベースへのアクセスプログラムでは、データ取得のプログラムが稼働中であっても、新しくデータ取得プログラムが実行されていた。しかしながら、本方法では負荷がかかるため、データ取得プログラムが実行されているかどうかを判断し、実行中であればそのプロセスを停止し、新しくプログラムを実行することとした。本処理によって、並列にアクセスプログラムが実行されていたのを防ぎ、直列で実行するよう保証した。つまり

は、並列処理ではなく、直列処理にすることによって、サーバへの負担を軽減した。図 8 にサンプルコードを示す。

```
`kill -0 $PID`  
if [ $? -eq 0 ]; then  
    echo 'Still in process.'  
    kill -9 $PID  
    echo "[`date`] ${PID}" >> $KILL_LOG  
    echo "Killed old process [$PID]" >> $LOG  
    exit 1  
else  
    echo "Already killed old process [$PID]" >> $LOG  
fi  
echo $$ > $PID_TMP  
  
echo '==== Start min_logger =====' >> $LOG  
echo '==== Start min_logger =====' >> $BM_LOG  
date >> $BM_LOG
```

図 8 直列アクセスコードサンプル

次に本プログラムを使用した実証実験について述べる。

4. 実証実験概要および WEB サイト運用結果

4.1 概要

ここでは実証実験についての詳細を記す。

実証実験は 2013 年 5 月 8 日から 6 月 8 日までの 30 日間行われた。しかしながら、見える化効果をはかるため、WEB サイトの非公開期間：2013 年 5 月 8 日から 24 日までの 15 日間を設け、公開期間：2013 年 5 月 25 日から 6 月 8 日までの 15 日間を設けた。

4.2 WEB サイトの稼働実態

本研究における処理プログラムの検証期間は 15 日であり、1 日 3,360 回の WEB アプリケーションサーバからの中央データベースへのアクセスが実行された。実験期間中では合計 50,400 アクセスがなされたこととなる。実験期間中、WEB アプリケーションサーバからのアクセスによるエラー、およびサーバダウンは起こらなかった。結果、並列アクセス方式によって処理が円滑になされたと言える。

5. おわりに

本論文では、ネットワークに対応した電力計測器から取得可能となった細粒度電力消費データを用いた、1 分単位で更新される情報を扱う電力見える化 WEB サイトのデータ処理方法について実証実験の結果を用いて述べた。

今後更なるネットワーク対応の電力計測機器の普及に伴い、1 分単位以下の高細粒度電力消費データを処理し、WEB サイト等を通じて情報提示する「見える化」が増加す

ると考えられる。その際、同様に電力消費量データにアクセスし、情報提示を行う WEB サイトの構築が行われる可能性がある。そのため、実証実験用の WEB アプリケーションサーバのアクセス方法を、並列から直列方式に変更したプログラムを実環境で運用し、安定稼働を維持した知見を本論文にて共有することで、大規模データ処理を伴う WEB サイトの運用に対して貢献することを目的とした。

謝辞

この研究は、公益財団法人セコム科学技術振興財団研究助成、文部科学省 社会システム改革と研究開発の一体的推進気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム「グリーン社会 ICT ライフインフラ」、文部科学省科学技術研究費補助金基盤研究 B「機能維持性を高める建物・複数機器の協調制御」(24360230)ならびに「コンテンツベース・スマートコミュニティインフラの構築と展開」(25280033)、の一環としてなされた。

参考文献

- 1) 林泰弘, “総論: スマートグリッドとテクノロジー,” 電気学会誌 Vol.132, No.10, pp.678--679, 2012.
- 2) 服部徹, 戸田直樹, “米国における家庭用デマンドレスポンス・プログラムの現状と展望 パイロットプログラムの評価と本格導入における課題,” 電力中央研究所報告 研究報告, pp.1--37, 2011.
- 3) 八木田克英, 岩船由美子, “家庭用エネルギー診断によるエネルギー消費の見える化とその効果,” Journal of Japan Society of Energy and Resources, Vol.32, No.4, 2011.
- 4) 環境省, “温対法に基づく政府及び地方公共団体実行計画における温室効果ガス総排出量 算定に用いる平成 24 年度の電気事業者ごとの排出係数等の公表について,” <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=17532>, 2014 現在.
- 5) Ochiai, H., Ishiyama, M., Momose, T., and et.al., “FIAP: Facility information access protocol for data-centric building automation systems,” IEEE Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), 2011 IEEE Conference on, pp. 229--234, 2011.