

消費電力ログと状況ログを用いた節電行動の定量化と オフィス環境における個人の貢献量の評価

高橋 慶多† 藤原 国久† 西本 直樹†† 富井 尚志†††
 † 横浜国立大学大学院環境情報学府情報メディア環境学専攻 †† 横浜国立大学工学部電子情報工学科
 ††† 横浜国立大学大学院環境情報研究院

1 はじめに

現在、社会的に電力削減が要求されている。また、国内のエネルギー消費のおよそ5分の1が業務部門からの消費であり、ここ30年で約2.8倍増加している[1]。さらに、業務部門のエネルギー消費の4分の1が事業所・ビル・学校からであり、これらの分野の消費電力量削減が重要である。

こうした背景から、現在BEMS(Building Energy Management System)等の導入やBEMSと連携した消費電力可視化に注目が集まっている。また、多くの事業所が電力削減目標の設定や節電マニュアル等の作成を行い電力削減に取り組んでいる。

しかし、節電対策のみを示されても節電に詳しくない人にとってはどの節電対策を行えば効果的に節電できるか分からない。また、BEMS等で消費電力を見せられただけでは、利用者は自分の行動でどの程度電力削減に貢献したか把握することができない。節電を継続して行うためにはこれらの問題点を解決する必要がある。

また、近年のユビキタス技術の発達によって、実世界の状況の取得が容易になった。そこで本研究では、電化製品の電力ログと人・モノ・環境の実世界の状況のログを取得・蓄積し、節電対策の効果と個人の節電貢献を定量化し評価できるモデルを提案する。

2 研究背景

近年の社会的な電力削減要求をきっかけに、業務部門における電力削減に関する様々な取り組みがなされている[2][3]。

その代表例がBEMSであるが、BEMSを用いてマクロな消費電力を見える化しても、誰のどの行動によってどの程度の電力削減につながったのかといった情報を利用者が把握できない。利用者がどれだけ節電を行ったとしても、その努力による効果が示されなければ節電に対する意欲が低下するおそれがある。よって、「誰の・どの行動が・どれだけ節電に貢献したか」を定量化する必要がある。

さらに、節電によって削減できる電力量は、同じ節電でも人・モノ・環境の状況によって大きく異なる。より効果の高い節電を行うためには、状況に応じた適切な節電をとることが望ましい。そこで我々は、ある時点における「人の状態」・「モノの状態」・「環境の状態」

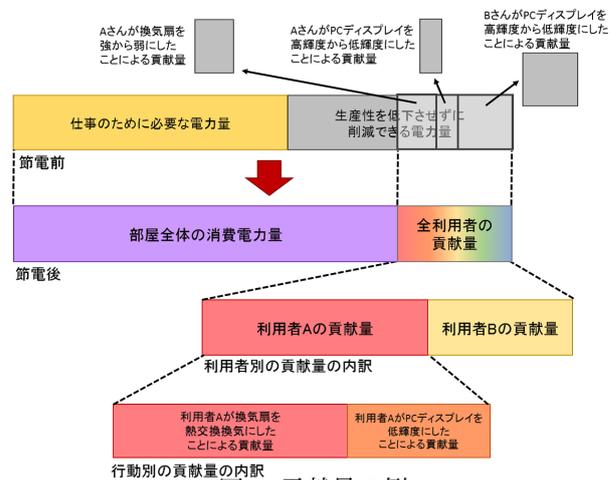


図1: 貢献量の例

を状況ログとして取得・蓄積し、各電化製品の消費電力ログと組み合わせることで、状況をキーとした消費電力の検索が可能なデータベースを構築し、このシステムをSEE-Con(a visualizing System for Electric Energy Consumption with Context)[4]と名付けた。

本研究ではSEE-Conで取得した電力ログと状況ログを用いて節電を行ったことによって削減した電力量(貢献量)を利用者ごとに算出するためのモデルを提案する。電化製品の消費電力量は、仕事のために必要な電力量と、生産性を低下させずに削減できる電力量の2種類に分別することができる。本研究では、後者の電力量削減に対する貢献量を算出する。さらに、利用者ごとに自分の節電が全体に対してどれほど貢献したか分かるように貢献量を求め、その中でどの節電が効果的だったか分かるように貢献量の内訳を図1のように示す。

3 提案モデル

3.1 貢献量導出モデル

本稿では、節電意欲向上のために重要な情報の一つである貢献量の導出モデルについて述べる。貢献量とは、ある利用者がある電化製品をある状況で使用した場合に、「もし同じ期間において同じ電化製品を別の状況で使用した場合」と比較して削減できた電力量と定義する。例えば、ある1時間で換気扇を弱設定(100W)で使用した際の利用者の貢献量は、強設定(200W)で稼働した場合と比較して0.1kWhとなる(図2)。本章ではこの貢献量の導出について定式化を行う。

- (1) まず、「ある電化製品をある状況で使用した場合の平均消費電力」を求める。使用した電化製品群をAとし($A = \{a_i, a_j, \dots\}$), aは電化製品, 状況をXとする。本研究では、「ある時点における人・モノ・環境の状態」を状況と定義する($X = \{x_i, x_j, \dots\}$), xは人・モノ・環境の各状態。電化製品群Aを状況Xで使用した際の平均消費電力を $P(A, X)[W]$

Quantification of Energy-Saving Behavior using Energy Consumption and Situation Log and Evaluation of Individual Contribution in Office Environment
 Keita TAKAHASHI†, Kunihisa FUJIWARA†, Naoki NISHIMOTO††, Takashi TOMII†††
 †Department of Information Media and Environment Sciences, Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University
 ††Division of Electrical and Computer Engineering, School of Engineering, Yokohama National University
 †††Faculty of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

電化製品群 A	実際に使用した状況 X_k	比較基準とする状況 X_l
{ 蛍光灯, 卓上ライト }	{ 蛍光灯 OFF, 卓上ライト ON, 被験者 A のみが在室 }	{ 蛍光灯 ON, 卓上ライト OFF, 被験者 A のみが在室 }
{ 換気扇 }	{ 換気扇熱交換換気 }	{ 換気扇普通換気 }
{ PC }	{ PC ディスプレイ低輝度, PC ディスプレイ ON }	{ PC ディスプレイ高輝度, PC ディスプレイ ON }

表 1: A, X_k , X_l の一例

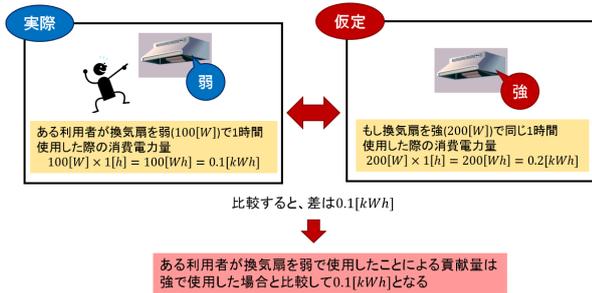


図 2: 貢献量算出例

とし、電力ログ、状況ログから算出する。

- 続いて、「ある利用者によってある電化製品がある状況で使用された期間」を求める。「いつ・誰が・どの電化製品を・どのように操作したか」という利用者の行動ログを取得し、状況ログと組み合わせて利用者 u が電化製品群 A を状況 X で使用した期間の長さ $T(u, A, X)[h]$ を算出する。
- 最後に貢献量の算出を行う。利用者 u が電化製品群 A を実際に使用した状況を X_k とし、比較基準とする状況を X_l とする。実際に使用した消費電力量は $P(A, X_k) \times T(u, A, X_k)$ で求めることができる。また、「もし同じ期間において状況 X_l で使用していた場合の消費電力量」は $P(A, X_l) \times T(u, A, X_k)$ で求めることができる。この差分を「利用者 u が電化製品群 A を状況 X_k で $T(u, A, X_k)$ の間使用したことによる、状況 X_l と比較した際の貢献量 $C(u, A, X_k, X_l)[kWh]$ 」として算出する。

3.2 利用者の行動ログ

3.1 節の (2) で述べた T を算出するため、利用者の行動ログを取得する。

本稿では、NFC 対応端末やタッチパネル等を用いた手動操作によって利用者の行動ログを取得するが、今後のウェアラブルセンサ等のユビキタス技術の発達によって容易に取得可能になると考えられる。

4 評価実験

3 章で述べたモデルに基づいて、節電を行った被験者の貢献量を算出し評価を行った。

4.1 実験内容

実験を行った環境を以下に示す。

- 実験場所: 情報工学系の研究を行うオフィス環境 (約 $164m^2$)
- 実験期間: 2013/12/03~2013/12/16
- 利用者数: 15 名 (うち被験者数 5 名)

また、電化製品群 A, 実際に使用した状況 X_k , 比較基準とする状況 X_l の一例を表 1 に示す。また、実験を行った環境は、2010 年度比 20% 以上の電力量削減を達成しており、節電意識の高い環境である。

4.2 実験結果

この実験によって定量化された各被験者の貢献量とその内訳を図 3 に示す。この結果から、被験者 A, E が特に電力量削減に貢献していたことが分かる。

さらに、貢献量の内訳から被験者 A, E 共に換気扇を普通換気から熱交換換気にしたことによる貢献量が大きいことが分かる。熱交換換気にしたことによる貢献量の合計は $36.1kWh$ であるが、これは総消費電力量の

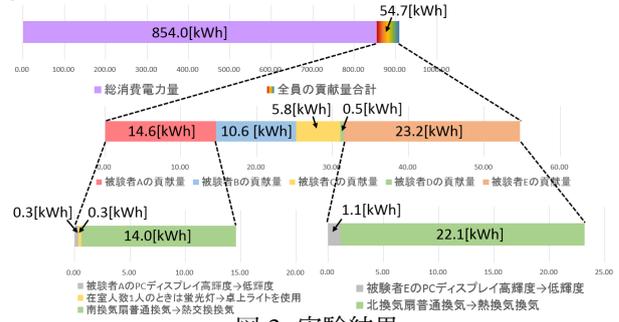


図 3: 実験結果



図 4: 被験者 A, B の貢献量

4.2% に相当する。つまり、換気扇を普通換気から熱交換換気にする節電は、節電意識の高い環境においても 4.2% の電力量を削減できる効果的な節電であることが示された。

また、図 4 から、被験者 A と被験者 B の PC ディスプレイを高輝度から低輝度にしたことによる貢献量はそれぞれ $0.3kWh$ と $2.3kWh$ と大きく異なることが分かる。つまり、被験者 A にとっては PC ディスプレイを低輝度にする節電は効果的ではないが、被験者 B にとっては効果的であると利用者ごとに節電の効果を定量化することができた。

5 まとめと今後の課題

本稿では、電力ログと状況ログ、利用者の行動ログを用いて、利用者がある状況である電化製品を使用した際の消費電力量と、もしその期間に別の状況で使用していた場合の消費電力量を算出し、その差分を利用者の貢献量として算出した。

今後は、貢献量導出モデルの妥当性の検証、外部環境での実験が必要である。また、貢献量だけでなく、節電を行うことによる生産性への影響、節電の実施にかかるコスト等についても定量化を行い、それらを加味して節電の評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁, 平成 24 年度エネルギーに関する年次報告 (エネルギー白書), <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2013/index.htm>(2014/01/09 アクセス)
- [2] 江崎浩, 落合秀也, “東大グリーン ICT プロジェクト”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J94-B, No.10, pp.1225-1231, 2011
- [3] 松山隆司, “エネルギーの情報化とは—背景, 目的, 基本アイデア, 実現手法—”, 情報処理, Vol.51, No.8, pp.926-933, 2010
- [4] 藤原国久, 高橋慶多, 細澤直人, 高橋佳久, 西本直樹, 富井尚志, 本藤祐樹, 電力使用時の多様な状況組み合わせが可能な DB の構築と情報提示による評価, DEIM2014, 2014