



Title	細粒度電力センシングと電力消費情報共有
Author(s)	河口, 信夫
Citation	サイバーメディア・フォーラム. 2011, 12, p. 25-30
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70315
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

細粒度電力センシングと電力消費情報共有

河口 信夫 (名古屋大学 大学院工学研究科)

1. はじめに

年間消費エネルギーにおける民生部門(業務・家庭部門)の割合は約30%を占めており、オフィスのOA化や家庭における情報機器の増大等によって今後もその増加が予想されている。産業部門におけるエネルギー消費は様々な効率化によってその増加は抑制されつつあるが、民生部門は、まだまだ増加が予想されており、これまでの取り組みだけではその増加を止めることは困難と考えられている。昨今の様々な事情により、国民の意識変化が生じていることは、省エネ活動に対する大きな追い風ではあるが、この傾向が大きく変わるわけではない。

省エネ活動においては、各機器が使用する電力量を削減することも重要であるが、実際に各機器が使用している電力量をその機器のユーザが把握することが最も重要といわれている。実際に、工場やオフィス等で、使用エネルギーの「見える化」を実施することによって、省エネルギーを達成している事例は多数存在する。しかし、これらの取り組みは、空調や照明といった、調査や制御がしやすい一部の機器について行われているだけであり、民生部門で多く利用されているPCやディスプレイ、プリンタ、コピー機、電気ポットといった機器は対象とされてこなかった。すべての電力を合理的に利用するためには、これらの個々の機器の使用電力について、ユーザ各個人のきめ細かな環境意識が重要となる。しかしながら、従来、これらの使用電力を測るには、民生用には小型の「エコワット」と呼ばれる電力計が数種類存在するだけであり、またネットワーク化の機能を持たないため、蓄積し分析するための利用には向いていない。また、「省エネナビ」と名づけられた機器群は3.5万~8万と高価であり、複数

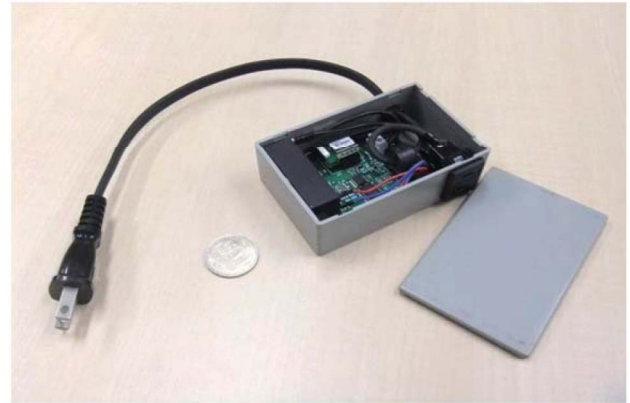


図1 細粒度電力センサ

の電力計測には対応しておらず、オフィスや家庭の個別機器に設置するには価格的にも機能的にも十分ではない。

我々は、個別機器の電力計測が省エネを実現するための一つの重要な柱になると考え、2007年から「細粒度電力センサ」(図1)の開発を進めてきた。本稿では、細粒度電力センシングとその応用に関して述べると同時に、スマートメータとその課題について解説する。また、我々が現在取り組んでいる電力メータボ検診のコンセプトや開発中の電力消費情報共有システムについて述べる。

2. 細粒度電力センシング

電気機器の消費電力を個別に、かつ可能な限りリアルタイムに計測することにより、その使用状況をモニタリングすることが可能になる。一般に、家庭には20~50式の電気機器が存在すると言われており、これらをすべてモニタリングするためには、可能な限り安価な電力センサが必要である。我々は、2007年よりエコ・ユビキタス環境の実現を目指して研究開発を進めてきたが、ネットワーク機能を有する安価な電力センサは存在しておらず、我々自身で

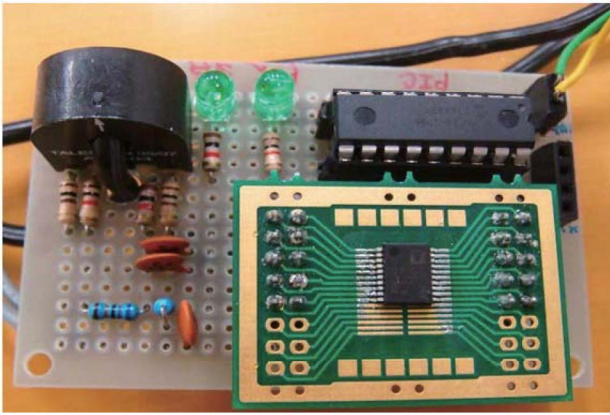


図 2 電力センサのプロトタイプ

開発することとした (図 2)。

我々が開発した電力センサでは、電力計測用に Analog Devices ADE7763 を使い、マイクロコントローラとして PIC を利用し、Bluetooth や ZigBee を通じてデータを集約する仕組みを実現した。このセンサは、電気機器の電源プラグをセンサに搭載されているコンセントに差し込み、センサを 100V の電源につなげるだけで自動的に電力情報を計測し、ネットワークに送信する。複数のセンサから同時に電力情報を収集することにより、図 3 に示すように、複数機器の消費電力を 1 秒毎に可視化できるようになった。グラフで表示されることにより、従来はわからなかった機器の消費電力の変化がリアルタイムにわかるようになり、様々な機器操作が消費電力にどのように影響するのか、を簡単に把握することが可能になった。



図 3 複数機器の消費電力可視化

我々は、このセンサを用いた計測を「細粒度電力センシング」と呼んでいる。「細粒度」には 2 つの意味がある。1 つ目は、計測対象の機器である。従来の電力メータや省エネナビでは、ブレーカに設置することが基本であり、個別の電気機器毎の電力を計測することができなかった。NEDO が実施した省エネナビのアンケート[1]でも、機器毎の消費電力情報が無いため、どの機器が原因で電力消費が行われているのかが分からない、という結果が示されている。本センサでは、個別の機器をコンセント単位で計測できるため、機器の単位が細粒度になっている。2 つ目は、電力の計測間隔である。通常の電力メータは、5 分や 30 分間隔が多いのに対し、本電力センサでは、計測間隔も細粒度化を行い、1 秒単位での計測が可能になっている。

2.1 電力情報の可視化による知見

我々は、今回開発した細粒度電力計測センサを用いて、研究室内で実際にデータ収集を行った。ここでは、その結果得られた知見を紹介する。まず、最近の PC は非常に省エネ機能が充実しており、OS に省エネ設定を行うだけで、電力消費が大きく抑えられることが、リアルタイムに提示される電力グラフを通じてユーザに理解してもらうことができた。また、デスクトップで液晶モニターを利用しているユーザが、PC 上で「時間がたつとディスプレイを黒くする設定」を行った場合、液晶モニターが黒画面を表示している時が最も電力を消費することを発見した。これは液晶の場合、黒の表示は、トランジスタをすべて On にして、バックライトを見せないように液晶のドライブを行うためである。この経験から、CRT と液晶ではこの性質が異なる点を PC 側の設定が十分に反映していないことが明らかになった。もちろん、EnergyStar 等に対応し、画面が黒くなった場合に、バックライトの電源を消すタイプの液晶であれば、消費電力が下がる場合もある。

従来の粒度の荒い電力計測では、ユーザの細やかな気遣いや、逆に省エネ的に誤った利用法を電力のグラフ上で把握することは困難であったが、細粒度電力センシングでは、個別の計測と、リアルタイム性によって、細かな消費状況の把握が可能になり、実際の利用シーンでその効果を確かめることができた。

また、ノート PC では、充電時と満充電時での電力利用の挙動が違う点や、省エネ設定にしておく、非常に効果が大きい点、液晶モニタの輝度の違いによる電力消費の違いなどを視覚的に理解することが可能であった。

一方、グラフ表示は、当初はものめずらしかったため、多くのユーザに注目されたが、長期間表示していると、いつもグラフを眺めるユーザが減少したことも把握できた。これは、省エネナビと同様、初期は興味があるが、長期間、興味を維持することが困難であることを意味している。

2. 2 詳細な消費電力情報の解析

機器の電力消費を詳細に記録・解析することにより、様々な情報を獲得することができる。図4は、ノート PC に対する細粒度電力センシングの値を图示したものである。

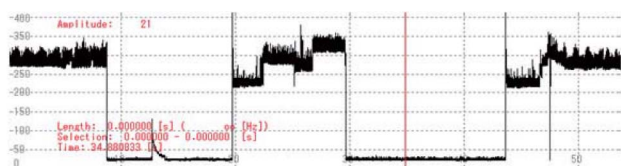


図4 細粒度電力センシングの例

この図からわかるように、ノート PC の消費電力は一定ではなく、様々な動作状況によって変化することが分かる。この値を確認することにより、PC がどのような状態であったのか、もしくは利用者がどのように PC を使っていたのか、を推定することも可能になる。我々はこの情報を用い、センシング結果から、ユーザが無駄に使っている電力(浪費電力)

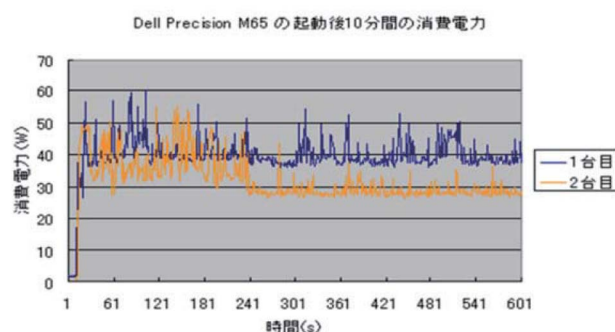


図5 同じ機種種の電力消費の違い

の推定を行う検討を行った[4]。

図5は、同じ OS 設定のノート PC の起動時からの消費電力の変化を示したものである。

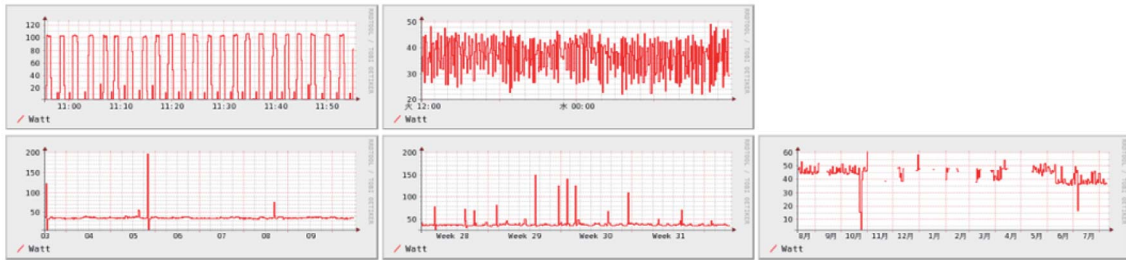
起動後3分程度までは、2台の消費電力は、ほぼ同じ動きをしているにも関わらず、4分経過以降は、10W の電力消費の違いがある。これは、OS 設定だけでなく、インストールされているソフトウェア(アンチウィルス)の違いによるものであった。数百台のノート PC が存在する事業所では、1台あたり10W の違いが、全体で数 kW の違いとなり得るため、細かな設定やソフトウェアの違いに注意すべきであろう。

2. 3 長期間の記録と Google Powermeter

細粒度電力センサを利用し、複数の機器の電力情報を長期間に収集するシステム(E3Meter)を構築した[5]。図6にシステムが提示する情報の一部を示す。この図では、ポットと冷蔵庫について、1時間、1日、1週間、1ヶ月、1年という異なる粒度での消費電力の変化が提示される。図からは、ポットが粒度の細かな動き(数分単位での On/Off の繰り返し)をするのに対し、冷蔵庫はもう少しゆっくり(20分程度の On/Off)を繰り返していることが分かる。また、一部欠損があるが、夏になるに従い、冷蔵庫の消費電力がジワジワと上がり、ポットが下がっていることが読みとれる。

これと同様の仕組みを Google は Powermeter とい

ポット



冷蔵庫

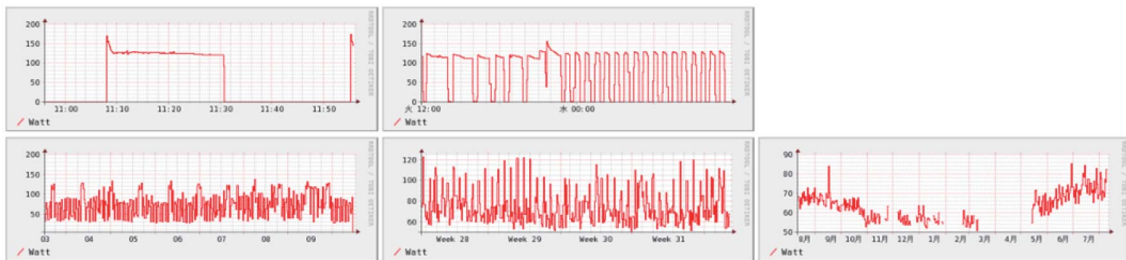


図 6 長期間の消費電力情報の記録

うプロジェクトで実現している[6]。我々の細粒度電力センサからも本システムを介して Google へ情報を送信することが可能である(図7)。我々の細粒度電力センサは、Google Powermeter に日本で最も早く対応したセンサであると自負している。なお、残念ながら、Google はこのプロジェクトを 2011 年 9 月で終了する予定である。

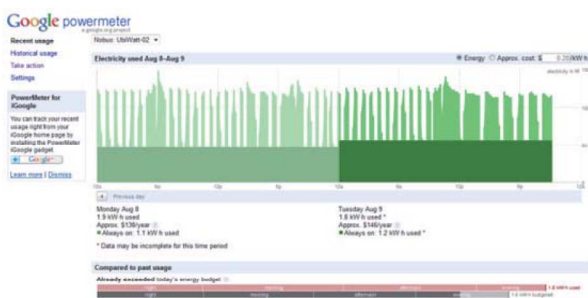


図 7 Google Powermeter での表示

2.4 細粒度電力センサの製品化

本細粒度電力センサは、2009 年からは共同研究先のベンチャー企業[7]を通じて製造・販売を行い、他大学や民間企業に、合計 300 式以上を納入している。

共同研究等を通じて製品の性能は向上し、現在では 0.1 秒単位でのデータ収集や、データ収集用の Android アプリ(画面 図 8)なども提供できている。ただし、センサのコア部分の材料費は数千円程度と安価であるにも関わらず、通信用モジュールや電源、基板、ケース、組み付け、安全性のための検査など、実際の製品化までには、多くの手間が必要であり、また、大量生産を行えていないため、事前に期待した低価格化は実現できていない。



図 8 電力情報収集用 Android アプリ

3. その他のスマートメータとその課題

一般にスマートメータとは、電力会社がより詳細な電力消費情報を取得するために、企業や家庭に設置する電力計を指す。ネットワークを通じてデータ取得が可能であり、日本でも複数の電力会社で実証実験が進められている。しかし、これらのスマートメータは、個別の機器の計測ができるわけではないため、我々の目指す細粒度電力センシングは実現できない。一方、我々が研究を開始した2007年時点には存在しなかった、ネットワーク接続機能を有するスマートメータも、最近では、複数の製品が登場している。富士通コンポーネント「スマートコンセント FX-5204PS」、ドコモ「ドコモ省エネ応援サービス」、Sassor「ELP light」などを始め、各社がコンセント接続対応の電力センサを発表している。

コンセント接続タイプの電力センサには、大きな課題が存在する。我々はここ数年間の経験から、コンセント接続タイプのセンサによる全電力機器の消費電力計測は、検証やデータ収集としては有用であるが、社会で広く実用的に利用されることは無い、という認識に至っている。2.4節で述べたように、我々はセンサの低価格化(\$20以内)を目指したが、現時点では、その実現の目処は立っていない。また、上記に示した各社の製品も安くはない。一方、電力の可視化によって得られる省エネ効果は20%程度であり、家庭毎に時には50式を超えるセンサの導入費用と比較すると数年の償却は困難である。すなわち、これらのスマートタップは実験的には有用であるが、全電力機器での継続的な利用は実用上は困難と考えられる。

4. 電力メタボ検診と電力消費情報共有

我々は、細粒度電力センシングの活用を目的として「電力メタボ検診」を提案している。全機器に電力センサを継続的に設置することはコストが高いことから、健康診断のように一定期間センサを設置し、

その期間に無駄な電力消費の形態を明らかにすることを旨とする。季節を変えて、定期的な実施が効果的であろう。複数の家庭や事業所でセンサを共有できるため、コストの低減が可能である。また、家庭や事業所のデータが大量に集まれば、そのデータを利用して様々な比較・アドバイスが可能になる。

また、我々は「電力消費情報共有システム」(図9)の開発を進めている。このシステムでは電力センサを活用し、一定期間の消費電力情報を、機器毎にソーシャルネットワークを通じて共有する。各ユーザーは必要に応じて、自分の機器の電力消費をネット上に登録することができる。同じ機器であっても、利用方法によって消費電力が異なることなどが共有される。また、機器の設定情報(冷蔵庫の強弱など)と共に、省エネ利用のノウハウなども記載できる。これにより、ユーザー間での機器の省エネ情報ノウハウの共有の促進が期待される。また、機器の利用状況は各機器のメーカーにとっても有用な情報となる。



図9 機器と電力消費情報の共有



図10 個人の電力レポートフォリオ

また、自分の所有している電力機器をすべて登録しなくても、他の人が登録した情報を利用することも可能である。自宅にある機器をすべて登録し、利用時間などを記載すれば、個人の電力ポートフォリオ（図 10）を作成することが可能であり、自分にとっての節電余力を推定することも可能になる。

5. まとめ

本稿では、我々が開発してきた細粒度電力センサと、スマートメータに関わる話題提供を行うと同時に、電力メタボ検診や、電力消費情報共有システムを紹介した。省エネ社会を実現するために、細粒度電力センシングは有用な技術であり、その社会への活用のために、これらの実施が必要である。ご関心のある方は、ぜひともご連絡いただきたい。

参考文献

- [1]NEDO, 平成 13~16 年度省エネルギー設備等導入促進情報公開対策等事業 最終成果報告書(2007).
- [2]Nobuo Kawaguchi, Small-sized Power Sensor and Wireless Display for Fine-grained Measurement and Presentation, R'09 Twin World Congress (2009).
- [3]上田泰崇, 小川延宏, 河口信夫, 片山正昭, 省エネ意識向上を目指した細粒度電力センシング・提示システムの構築,電気学会 通信研究会,CMN-10-007, pp.1-6(2010).
- [4]上田泰嵩, 梶克彦, 河口信夫, 細粒度電力センシングによる浪費電力の検出, 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム(DICOMO2010), pp.1817-1821(2010).
- [5]Eco, Energy, Environment Meter:
<http://sourceforge.jp/projects/e3meter/>
- [6]Google Powermeter :
<http://www.google.com/powermeter/>
- [7]メタプロトコル, UW-Meter,
<http://www.metaprotocol.com/UWMeter/>