

大阪大学工学部 学生員 ○中山 一希  
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 矢吹 信喜  
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 福田 知弘

### 1. はじめに

近年、全エネルギー消費量の中で家庭部門のエネルギー消費量が増加の一途を辿っている。家庭部門でのエネルギー消費量の抑制として HEMS (Home Energy Management System) が注目されている。HEMS とは、センサデータや ICT (Information and Communication Technology) 技術を活用して、住宅のエネルギーを管理し、住宅の省エネルギー化を行うシステムである。HEMS の主な機能としては、家庭内で消費するエネルギーや、気温・照度などをグラフで表示するなどして人間に対し普段目にすることができないデータを見せることで省エネルギー行動を促す「見える化」と家電機器を家庭内のネットワークに組み込み、制御信号を送ることで省エネな制御をリアルタイムで行う「自動制御」がある。しかし、「見える化」を単体で用いるだけでは、一部の省エネ行動を喚起するだけで省エネ効率が高くなり、

「自動制御」単体で用いるだけでは、省エネ効率は高いものの、人が介することが難しく、人の QOL (Quality of Life) を損なう恐れがある。

また、近年、環境に設置されるセンサは益々小型化が進み、安価になってきている。したがって、将来的に家庭においても多量で多様なセンサが設置されるようになり、様々なデータがデータベースに蓄積され、利用できるようになると考えられる。

従って、本研究では、それぞれ一長一短ある「見える化」と「自動制御」を組み合わせ活用し、多量のデータを利用することでユーザー志向の省エネルギー化システムを考案し、実際に運用することでシステムの検討を行うことを目的とした。

### 2. 提案する省エネルギー型システム

「見える化」と「自動制御」を組合せたシステムとして、「ユーザー提案型のシステム」としての「見える化寄りのシステム」と「システム提案型のシステム」としての、「自動制御寄りのシステム」の2つのシステムを考案した。システムの特徴として、両システムとも図1で示すように、制御する内容を予め可視化し、ユーザーの判断を仰いでから家電機器の制御を行うことで、ユーザーに配慮し、QOL を下げに

くいようになっている。

提案する両システムでは、家電機器の過去の使用状況を用いる。従って、環境データと電力データを保存するサーバー別に機器稼動情報保存サーバー作成し、機器の稼動情報を保存する。機器の稼動情報と環境データ、電力データを利用することで、ユーザーからの提案とシステムからの提案に対する将来予測としての回答をシミュレーション結果とし、可視化し表示する。その際、電力量に関しては、差分を金額化し、可視化することで、ユーザーにわかりやすいようにした。

シミュレーションに関しては、センサデータを活用した。実際のセンサデータを用いることで通常のシミュレーションに要する煩雑なパラメータを無視できると考えた。家電機器の稼動情報などを参照し、提案された条件と類似のシチュエーションのものを抽出し、その中から式(1)(2)で予測する項目の過去のデータとシミュレーションを行う日のデータとの最も偏差値の小さい日を推移が最も近い日として抽出する。

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - \mu_j)^2} \quad (1)$$

$$\sigma_{best} = \min_{i \in N} \sigma_i \quad (2)$$

ここで、 $\sigma_i$  :  $i$  番目の日の偏差値、 $E_{ij}$  :  $i$  番目の日の  $j$  番目のデータ、 $\mu_j$  : シミュレーション日の  $j$  番目のデータ、 $n$  : 用いるデータの個数、 $\sigma_{best}$  : シミュレーションで用いる日の偏差値である。

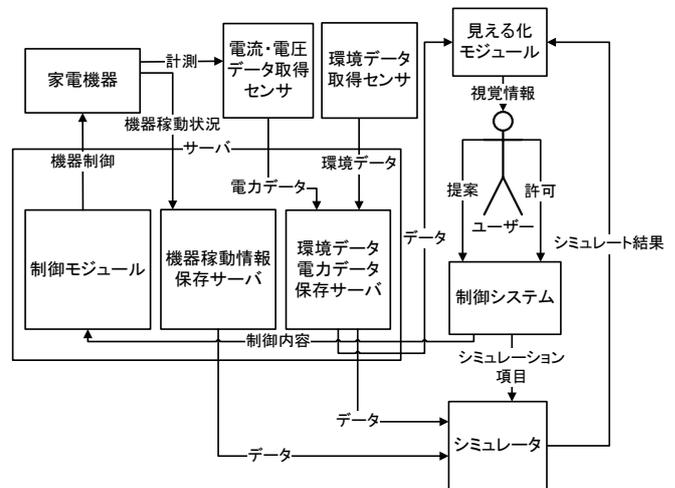


図1 提案するシステムの構成図

抽出した日のデータを用いることにより、リアルタイムに合成し、将来予測として可視化した。

可視化結果を基にしてユーザーが判断し、許可を出すことによって、家電機器の制御を行う。

### 3. 検証実験

考案した省エネルギー化システムが現実に対応可能かどうかを検証するために、シナリオを作成すると共にシステムの一部を既存のシステムを含め構築し、実験を行った。実験場所は、大阪大学吹田キャンパス S4 棟 521 号室であり、実験準備として、温度センサと電流・電圧センサをあらかじめ配置して環境データを取得し、サーバーPCに蓄積しておき、機器の稼働情報の蓄積については、手記で行った。また、電力消費量に対する電力料金の算出には関西電力のプランの重量電灯 A の一部の 25.5 円/kWh を用いた。実験結果を図 2、図 3 に示す。

用いたシナリオとして「見える化寄りのシステム」では「研究室から午後 5 時に帰宅する場合と午前 0 時に帰宅した場合どう違うか」を、「自動制御寄りのシステム」については、「午前 8 時の始業時に部屋の気温を 20°C にしておきたいがエアコンをどうするのが効率的か」というシナリオを用いた。「見える化寄りのシステム」とでは実際に蓄積された過去のデータを現在のデータと合成し可視化することで将来予測の見える化を行うことが出来ることを確認し、「自動制御寄りのシステム」では、実際に予定時刻付近でシミュレーション通りの結果が得られることを確認した。

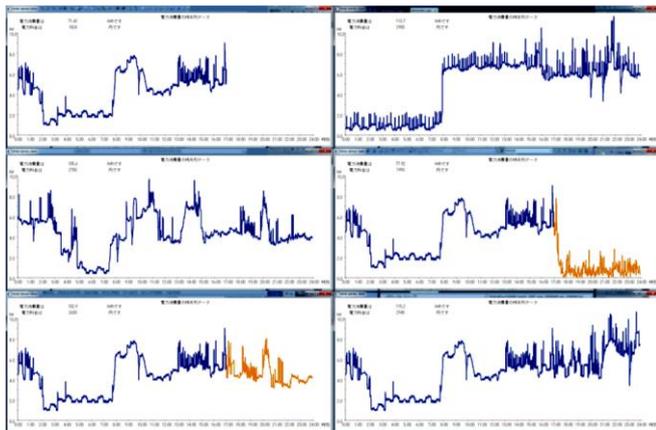


図 2 見える化寄りのシステムのシナリオの実行結果 (左上：シミュレーション前の電力消費量，左中：抽出した日の電力消費量データ，左下：結合した電力消費量予測，右上：抽出した日の電力消費量データ，右中：結合した電力消費量予測，右下：シミュレートした後の実際の電力使用量)

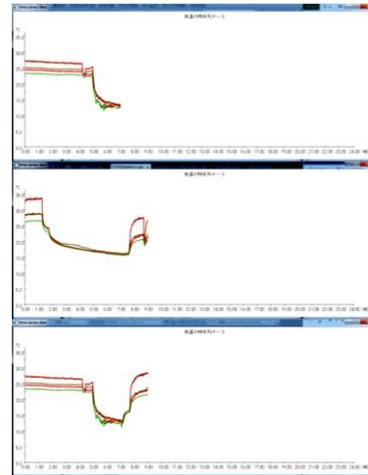


図 3 自動制御寄りのシステムのシナリオの実行結果 (上から順にエアコン稼働前の室温，抽出した日のエアコン稼働前後の室温変化，実際に実行したエアコン稼働前後の気温の変化)

### 4. まとめ

将来導入が予測される HEMS の主な機能である「見える化」と「自動制御」を組み合わせ、また蓄積された多量のセンサデータを用いることで、需要家参加型の 2 つのシステムを考案し、実証実験において、2 つのシナリオに対して実際に適応可能であることを確認した。

課題としては、実際のデータとシミュレーション結果とではやはりずれがある事が挙げられるが、アルゴリズムを工夫することでより精度が上昇すると考えられる。また、家電機器の稼働情報蓄積サーバーの構造を実際に考案し、構築し、このシステムの効果がより多くデータを蓄積するとどう変化するかを検証することが挙げられる。更に、金額以外にも可視化することでユーザーの主体性を高めることができる要素があるか調査する必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1) B. Neenan, J. Robinson, R.N. Boisvert: Residential Electricity Use Feedback : A Research Synthesis and Economic Framework, Final Report, EPRI, February 2009
- 2) 工藤博之：家庭用エネルギーマネジメント最適制御システムの開発，日本エネルギー学会誌 82(9), 642-648, 2003-09-20.