

論文

# 在室状況に対応した家電制御と 省エネ効果

猪股 史也    出島 史健    松原 駿也    諏訪 敬祐

従来の家庭内の電力を測定する消費電力可視化システムや家電を遠隔操作可能なスマート家電はそれぞれが独立して動作することしかできない。本稿では電力測定機器や家電操作機器をサーバを使用して集中制御を行った結果について明らかにする。システムを起動し実際に生活の中で使用することでシステムの効果の検証と使用感の向上を実現した。システム稼働時と停止時のそれぞれの消費電力量を一週間測定した結果、システム停止時に比べ稼働時の消費電力量は約 6.4% 少ないことが判明した。これによりシステムを稼働させることで家庭内での消費電力量削減が期待できることが明らかとなった。

キーワード：サーボモータ, 赤外線, CdS セル, Arduino, 節電, 在室状況

## 1 はじめに

### 1.1 研究の背景

2011 年の 3 月 11 日、宮城県東南沖を震源としたマグニチュード 9.0 の東日本大震災が発生、東北地方及び関東地方のライフラインに重大な損傷を与えた。地震と津波の影響を受けた東京電力福島第一原子力発電所では電源の喪失により、原子炉の冷却が行えなくなり、結果メルトダウンを引き起こした。それにより、放射性物質が拡散、原子力発電に対する国民の不安が顕著化し批判が集中した。政府が原発依存からの脱却を掲げたことにより全国の原子力発電所は世論により運転停止を余儀なくされた。メルトダウンを引き起こした福島第一原子力発電所はもとより、その他被災地の各発電所の運転停止に加え、全国の原子力発電所の稼働停止により 2011 年の夏は全国的電力不足に発展、特に東京電力、関西電力管内での電力不足は深刻であった。

全国的な電力不足を受け、工場や企業を始め、我々一般市民にまで節電が推奨されることとなった。以前から高かった日本人の節電意識は今後更に高まることが予想される。

現在、各家庭の節電を目的とした販売中のシステムとして NEC を始めとしたメーカー各社が取り扱うクラ

ウド型電力可視化システム HEMS<sup>[1]</sup> が存在する。また、スマートフォンの普及率の増加とともにスマートフォンなどを使用することで現在のその家電の節電状況が把握できるインターネットに接続可能なスマート家電<sup>[2]</sup> が再び注目を浴びてきた。しかしこれらは電力の可視化などに留まり、家電本体の運転を操作し省エネに繋げるような直接的に省エネを実現する機能は搭載されていない。

### 1.2 研究の目的

本研究では、消費電力の可視化による省エネの意識化に留まらず本来搭載されていない家電にネットワーク上から遠隔操作する機能を追加し、これらの制御機能をサーバによって一括管理することで家電の消費電力を削減するシステムの構築と検証を目指す。

## 2 開発環境

### 2.1 開発環境

学生室サーバ, Arduino, Web ページのそれぞれの開発環境と使用言語やサーバの開発環境を表 1 に示す。

表1 開発環境と使用言語

	開発環境	使用言語
学生室	Ubuntu	
サーバ	11.10	
Arduino	Arduino IDE	Processing
Web ページ	Apache2	HTML, PHP

INOMATA Fumiya

東京都市大学環境情報学部情報メディア学科2012年度卒業生  
DEJIMA Fumitake

東京都市大学環境情報学部情報メディア学科2012年度卒業生  
MATSUBARA Shunya

東京都市大学環境情報学部情報メディア学科2012年度卒業生  
SUWA Keisuke

東京都市大学メディア情報学部情報システム学科教授



#### 4. 1 赤外線信号フォーマットについて

家電とリモコン間の通信には赤外線の発光と非発光の長さで作られた信号が使用されており、自然界の赤外線からの干渉を防ぐため 38kHz (1/3 デューティー比) の変調が行われている。そのため Arduino 内のプログラムで LED の発光を制御し赤外線光を 38kHz で変調している。

#### 4. 2 信号解析と赤外線 LED による家電制御

赤外線受信モジュールと Arduino を組み合わせて作成した信号の発光・非発光の長さを読み取る機器を使用し、家電本体で利用されている赤外線信号をリモコン本体から読み取る。読み取った値を配列化し、赤外線 LED を搭載した Arduino 内のプログラムに書き込み、同じ信号を発信することで家電の制御を行う。なお赤外線信号を生成発信する Arduino はプログラムにより Web サーバ化させており、サーバからの GET メソッドに対応可能である。

図 4 は GET メソッドによる家電制御のフローチャートである。プログラムを書き込んだ Arduino にサーバから GET メソッドコマンドが届くと要求に応じて Case 文内で各信号が生成され、赤外線 LED が信号を発信、その信号を家電側が受信し信号に応じた機能が動作する。

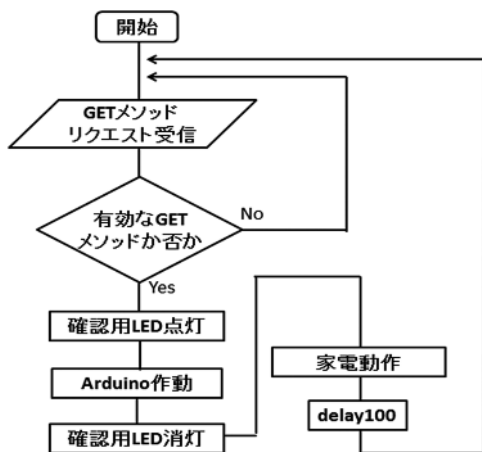


図4 Arduinoのフローチャート

### 5 サーボモータによる家電制御

サーボモータを搭載した Arduino を使用し、壁面のスイッチ操作をすることで照明のオンオフを行う。オンオフ操作には Arduino を利用し、GET メソッドの受け渡しによって、インターネット経由での操作を可能とした。

#### 5. 1 サーボモータについて

サーボモータとは、回転検出器を搭載したモータで

あり、パルス信号によって回転角度、回転速度、回転方向を自由に制御することができるモータである。歯車を自由に操作できることから、スイッチの操作に最適である。

#### 5. 2 サーボモータの制御

サーボモータの制御に関しては、Arduino と組み合わせた。スイッチを押して元に戻るといったプログラミングを行い、スタンドアロンで実行可能なシステムとなっている。リビングのスイッチを操作する例として、歯車を 31 度回し、元の位置まで歯車を戻すというプログラミングを行った。これによって、歯車でスイッチを押して、元に戻るといった動作が可能になった。各サーボモータにアドレスを設定し、操作したいサーボモータのアドレスにアクセスすることでサーボモータが動作し、壁面のスイッチの操作が可能である。アドレスの送受信は学生室に設置したサーバにより一括制御され、スマートフォン等の端末からサーバにアクセスすることで制御が可能である。制御に関するフローチャートについては赤外線 LED の制御と同一であり、図 4 にフローチャートを示す。

#### 5. 3 サーボモータの設置

設定を終えたサーボモータを壁面スイッチのスイッチプレートと接着し、操作するスイッチプレートと交換することによってシステムを設置した。本研究では操作する壁面スイッチの数だけサーボモータを用意し、リビング、廊下、洗面所、キッチン、トイレの 5 カ所を操作した。スイッチプレートを交換し、壁面スイッチにシステムを設置した写真を図 5 に示す。



図5 設置したサーボモータ

### 6 CdS セルによる照明オンオフ判定

ボタン式のスイッチの場合、照明がオンなのかオフなのか判断することができない。そこで本研究では、Arduino と CdS セルを利用し、照度によって照明がオンかオフかを判定するシステムを構築する。



### 6. 1 CdS セルについて

CdS セルは、硫化カドミウムを使った光センサーであり、セルに当たる光が多ければ抵抗値は低くなる。CdS セルは他の受光素子と異なり完全な抵抗の特性であるため周波数による特性変化も無く、無極性であり、耐電圧も比較的高く、電源が不要であることが特徴として挙げられる。また、これらの特徴から、街灯を自動でオンオフさせるスイッチとしても利用されている。

### 6. 2 CdS セルを用いた照度測定

図6 は家庭内の照明に設置した様子である。枠で囲まれた部分が CdS セルである。照度を測定した結果、照明がオンの状態での抵抗が約 150Ω、オフの状態での抵抗が約 900Ωとなったため、閾値を 200Ωとして判定を行うこととした。照度測定のプロフローチャートを図7 に示す。



図6 照明に設置したCdSセル

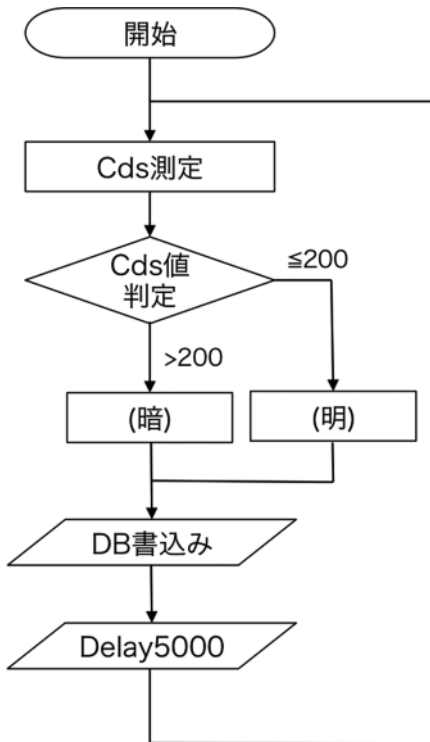


図7 照度測定のプロフローチャート

プログラムを 5 秒間停止させることで、値を 5 秒ごとにサーバに送信し、ほぼリアルタイムに照明情報を取得することが可能となった。サーバへの送信には HTTP の GET メソッドを利用した。

## 7 @touch による電力消費量測定

消費電力量の可視化による節電意識の向上と、本システムの有効性の検証のため、家庭内における消費電力量を測定する。

### 7. 1 @touch について

測定には、(株) ユナイテッドコミュニケーションサービスの「@touch」を利用する。@touch は Z-Wave ベースの電力測定器で、ルータに接続し、各機器からのデータを外部に送る「コントローラゲートウェイ」、分電盤に設置し、家庭内全体の消費電力量を測定する「クランプ型パワーモニター」、各家電のコンセント・プラグ間に設置し、電力量を測定する「コンセント型エコスイッチ」で構成される。Z-Wave とは Z-Wave Alliance で規定される無線方式 [3] で、室内での伝達距離は約 30m である。また、900MHz 帯を使用しているため、無線 LAN や電子レンジなどの影響を受けずに通信することができる。そのため、家庭内での短距離無線通信などに利用されることが多い。各機器の接続を図8 に示す。

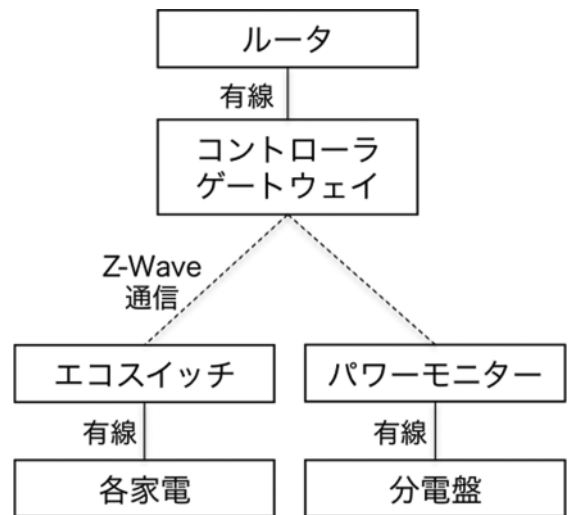


図8 @touchの接続構成

### 7. 2 電力消費量の取得

コントローラゲートウェイは、収集された電力量のデータを保持することができない。そのため、サーバからコントローラゲートウェイへ 60 秒毎にアクセスすることで、返される電力量のデータを取得しデータベースに蓄積する。

## 8 サーバ環境

消費電力量データの蓄積や、照度や在室状況などの状況データの蓄積、家電操作を行うための GET メソッドの送信をするためのサーバを構築する。図 9 にサーバと各システムとのデータのやり取りを示す。

図 10 は部屋を移動した際のフローチャートである。部屋を移動した際、ユーザはスマートフォンまたは PC を利用して在室状況を登録する。プログラムでは、始めに今までいた部屋の照明がオンかオフかをデータベースサーバより参照する。オンの場合、サーボモータに GET メソッドを送信し照明を切り、オフの場合はこの部分を飛ばす。次に、今までいた場所がリビングかどうかをデータベースサーバより参照する。リビングの場合は赤外線 LED に GET メソッドを送信し、エアコン・テレビをオフにする。最後にそれらの情報をデータベースに登録し、終了する。

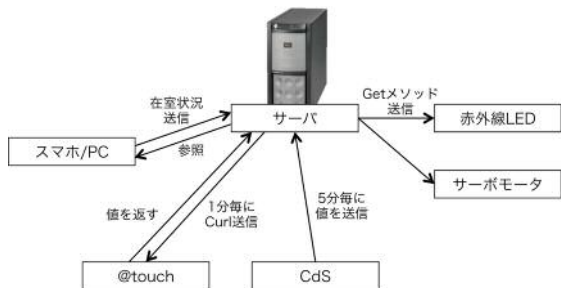


図9 サーバと各システムとのデータのやり取り

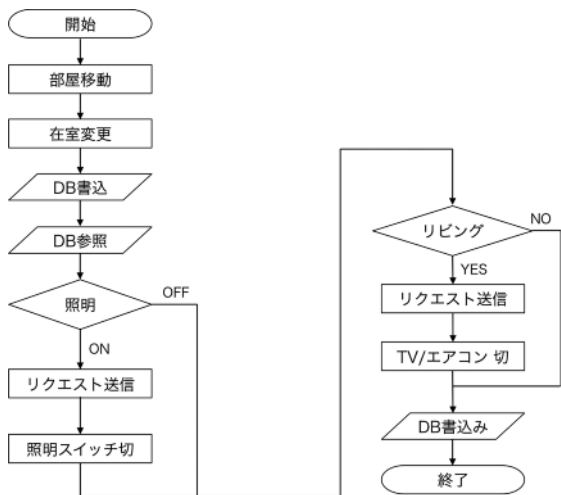


図10 部屋を移動した際のフローチャート

## 9 動作確認

上記で述べた赤外線 Arduino, サーボモータ Arduino, Cds セル Arduino, そして学生室内に設置したサーバを統合し、一体化した。利用者が実際にシステム画面から操作を行い、システムを使用した。使用した結果、設計段階で期待した通りの動作が確認で

きた。

### 9.1 インタフェース

システムの操作はサーバ内のインタフェース (図 11, 図 12) にアクセスし、ボタンをクリックすることで行う。

現在の在室位置を示すためのボタンの他に個々の家電の OFF ボタン、現在の在室状況、現在及び 1 日の累積消費電力量、照度の値などが表示されている。また、グラフをクリックすることでサーバに蓄積された過去の消費電力量を遡って閲覧可能である。

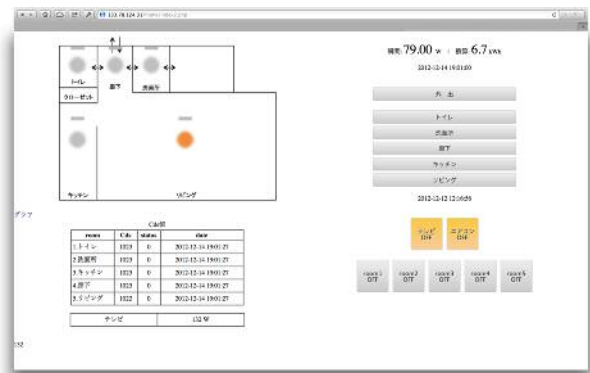


図11 パソコン版インタフェース



図12 スマートフォン版インタフェース

### 9.2 検証方法

サーバに蓄積したシステム稼働時とシステム停止時のそれぞれの一週間の消費電力量を比較し、削減効果の検証を行った。

測定期間はユーザの生活リズムに差がないと思われる 2 週間を選び、その中でシステムの実験を行った。検証期間は停止期間が 2012 年 12 月 4 日から 2012 年 12

月10日の一週間、稼働期間が2012年12月11日から2012年12月17日までの一週間である。

## 10 結果と考察

システムの効果は、機器を設置したモニター宅において、それぞれ一週間の消費電力量の比較により検証した。期間は、システム停止が2012年12月4日から2012年12月10日の間、システム稼働は2012年12月11日から2012年12月17日の間とした。図11は2012年12月14日（システム稼働）の一日のグラフである。(a)から(b)に移る際に本システムが稼働し、家電の消し忘れを防止した。

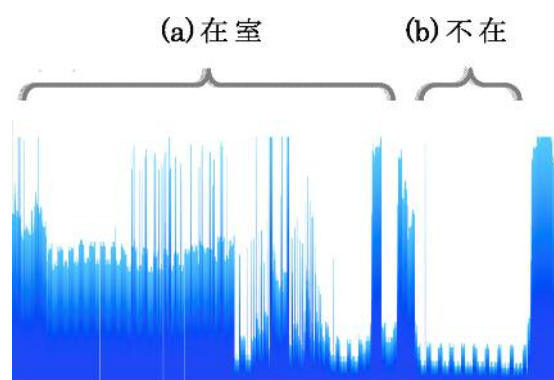


図13 システム稼働時の一日の消費電力

表2 システム停止の一週間の消費電力量 (kWh)

12/4	12/5	12/6	12/7	12/8	12/9	12/10	合計
15.25	8.77	8.83	12.28	9.2	12.07	11.49	77.89

表3 システム稼働の一週間の消費電力量 (kWh)

12/11	12/12	12/13	12/14	12/15	12/16	12/17	合計
8.5	9.73	6.59	10.14	14.15	12.21	11.54	72.86

表2にシステム停止の一週間の消費電力量、表3にシステム稼働の一週間の消費電力量を示す。

この結果から、 $(77.89 - 72.86) / 77.89 \approx 6.4\%$ の消費電力量を削減することができた。部屋移動によるこまめな消灯、テレビの電源オフがこの結果につながったと考えられる。

## 11 まとめ

本研究では、在室状況に応じて家電を遠隔操作で停止するシステムを作成した。実際にシステムを構築しデータを取得したことにより、運用中は電力使用量が削減できていることが確認できた。

今後、実際にこのシステムを使用していくことで電力使用量を削減し、省エネに貢献できると考える。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、御助言頂いた諏訪研究室OBの小野澤清人氏に感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] クラウド型 HEMS  
<http://www.nec.co.jp/energy/house/hems/details.html>
- [2] 今話題の「スマート家電」って何だ？  
<http://magazine.kakaku.com/mag/kaden/id=890/>
- [3] Z-WaveAlliance  
<http://www.z-wavealliance.org/>
- [4] Arduino 日本語リファレンス  
<http://www.musashinodenpa.com/arduino/ref/>
- [5] Arduino でリモコン作成  
<http://eikatou.net/blog/2012/07/arduino-remocon/>
- [6] 赤外線リモコンについて  
<http://www.256byte.com/remocon.htm>
- [7] サーボモータの制御  
[http://homepage3.nifty.com/mitt/pic/pic5\\_23.html](http://homepage3.nifty.com/mitt/pic/pic5_23.html)
- [8] ArduinoTutorial  
[http://jkoba.net/prototyping/arduino/rc\\_servo\\_practice.html](http://jkoba.net/prototyping/arduino/rc_servo_practice.html)