

小規模住宅での  
省エネにおける  
人感センサの有効性検証

龍谷大学 工学部 情報メディア学科  
学籍番号 T070422 齋藤 翼  
指導教員 三好 力 教授

# 目次

1. はじめに	2
1. 1. 家電ネットワークとは	2
1. 2. 現在ある家電連携サービス	3
2. 関連研究	5
2. 1. スマートタップについて	6
2. 1. 1. スマートタップの電力管理機能	6
2. 1. 2. スマートタップの通信機能	6
2. 1. 3. スマートタップの情報分析, 連係動作機能	7
2. 1. 4. スマートタップの共通仕様化	7
2. 2. スマートマンションルーム	8
2. 2. 1. スマートタップを使った, 家電の詳細な電流・電圧特性や消費電力のリアルタイム計測と表示	8
2. 2. 2. 消費電力の見える化による省エネ支援システム	8
2. 2. 3. 異なったメーカーが開発したスマートタップを統合するホームシステムサーバ	9
2. 2. 4. スマートタップによる家電の自動認識	9
2. 2. 5. 家電の安全見守り・異常発見	10
3. 提案手法	12
4. 実験	13
4. 1. 音の出る家電の電力消費シュミレーション	15
4. 1. 1. テレビの電力消費シュミレーション	15
4. 1. 2. 快適性検証	15
4. 1. 3. テレビの大きさ別電力消費シュミレーション	16
4. 1. 4. 考察	17
4. 2. 冷暖房家電の電力消費シュミレーション	18
4. 2. 1. コタツの電力消費シュミレーション	19
4. 2. 2. 考察	21
4. 3. 他の家電機器の電力消費量と電気代	22
5. まとめ	24
謝辞	25
参考文献	26
付録	27

# 1. はじめに

## 1. 1. 家電ネットワークとは

私たちの身の回りには、エアコンやテレビなどの家電機器が存在する。これらの家電機器をネットワーク化されたものを「家電ネットワーク」と言い、主にパソコン系、AV系、電話・住設系、白物家電系の4つに分類される(図1)。

	パソコン系ネットワーク	AV系ネットワーク	電話・住設系ネットワーク	白物家電系ネットワーク
	 <p>パソコン BBモデム ルーター プリンタ</p>	 <p>デジタルテレビ デジタルSTB オーディオ DVD/HDDレコーダー</p>	 <p>電話&amp;FAX ドアホン セキュリティ機器</p>	 <p>エアコン 照明 冷蔵庫</p>
外部とのネットワーク化	<ul style="list-style-type: none"> <li>インターネット (アナログ電話、ISDN、ブロードバンド経由)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放送 (地上波、ケーブルテレビ、衛星)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電話網 (アナログ電話、ISDN)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>なし</li> </ul>
端末間のネットワーク化	<ul style="list-style-type: none"> <li>イーサネット</li> <li>USB</li> <li>無線LAN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アナログ接続 (オーディオはメーカー独自プロトコルによる制御)</li> <li>D端子接続</li> <li>赤外線リモコン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>銅線</li> <li>特定小電力無線</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>銅線</li> <li>赤外線リモコン</li> </ul>
求められる通信速度	<ul style="list-style-type: none"> <li>数Mbps～数10Mbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数Mbps～数10Mbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数10kbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数kbps～数10kbps</li> </ul>

図1. 家電ネットワークの種類

ネットワーク技術の発展と共に、一般家庭にある家電機器を家庭内のネットワークに接続して、宅外からの制御や複数機器の連携を実現するホームネットワークシステムの研究開発が進んでいる。ホームネットワークシステムでは、テレビやDVD、エアコン、照明、扇風機といった複数の家電を連携制御することで、家電単体で利用する場合に比べてより付加価値の高い家電連携サービスを実現する。家電連携サービスは、ユーザの日常生活における快適性・利便性を高める主要なホームネットワークシステムアプリケーションの1つとして研究されている。また、家電連携サービスの仕組みは図2のようになっている。

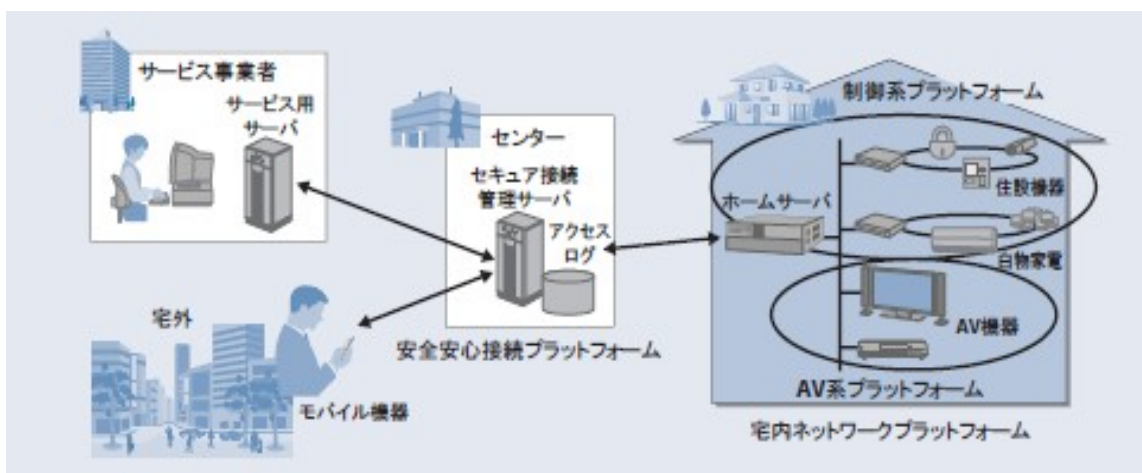


図2. 家電連携サービスの仕組み

## 1. 2. 現在ある家電連携サービス

私たちの生活を今よりも快適にしている家電連携サービスの例を以下に記す。

### ・お出かけ・帰宅サービス

ホームネットワークシステム内のすべての機器を連携し、外出時にすべての機器の電源を一括でOFF。カーテンと照明を連携して、ユーザが帰宅した際に照明を明るくし、カーテンを閉める。

### ・グループ&ワンタッチ操作

ホームネットワークシステムに接続したエアコンや照明など複数の機器をグループ登録しておき、リモコンで一括操作できる。リモコンの機能は、パソコンを使って様々な組み合わせで設定できる(例:リモコンのボタンにすべての部屋の照明とエアコンをOFFにするよう登録することで、各部屋を確認しなくても済む)。また、外出先からも、携帯電話やインターネットに繋がったパソコンからホームネットワークシステムにアクセスして、消し忘れたエアコンや照明の電源をOFFにしたり、帰宅前にエアコンのスイッチを入れて、あらかじめ部屋を快適な温度に調整しておくなどの多彩なモバイル操作が可能である。

### ・利用者のニーズに合わせたカスタマイズ

洗濯機やオーブンレンジなどについては、制御ソフトの追加・変更により、機器単体ではできないきめ細かなカスタマイズが可能になる(例:ホームネットワークシステムに洗濯機に設定されていない様々なコースを情報センターからパソコンにダウンロード・保管して、必要に応じて洗濯機に登録することができる)。また、オーブンレンジの場合でも、情報センターが用意したレシピをパソコンから参照し、選んだ献立に合わせたアプリケーションをダウンロードし、レンジに送って調理できる。

### ・故障時もスムーズなサービスを提供

ネットワーク機器の使い方を間違ったり故障が発生したときは、通信アダプタのメッセージランプが点滅して警告を発するほか、パソコンの画面で故障の内容や対処法を確認することができる。また、修理が必要な場合は、故障情報などをサービスセンターに送信して修理を依頼することができる。その際、登録しておいた機種や製造番号などの基本情報も一緒に伝えられるため、電話でのサポート依頼のように慌てて保証書やマニュアルを探す必要はない。

## ・生活リズム確認

照明の消灯やエアコン、洗濯機の利用、冷蔵庫のドアの開閉回数など、ネットワークに繋がった機器の稼働状況を知ることができる。これは、節電対策に役立つ他、設定した時間内に一度も機器が稼働しなかった場合、携帯メールで知らせることで、遠隔地に住む家族の安否を確認することもできる。

## ・ヘルスケアサービス

日常の健康管理、高齢者の安否確認へのニーズが高まっている。ネットワーク機能を持つ血圧計や体重計などの健康機器、生体情報の計測が可能なトイレや浴槽などをネットワーク接続するなど様々な生活シーンにおいてユーザー自身が健康チェックできるサービスがある(例:高齢者の安否確認のためには、ペンダント型無線機を用いた位置検索による生活モニタリングや緊急コールサービスが行われている)。

## ・エネルギー管理サービス

家電機器の消費電力を計測して生活パターンを学習し、これに合わせて太陽光発電、コージェネレーション、燃料電池などの分散電源を効率よく使用するための消費アドバイスや、自動的に家電を制御するなどがある。

## ・防犯・防災サービス

防犯ニーズの高まりと、ネットワーク対応機器の増加を背景に、ITによるホームセキュリティシステムが急速に普及し始めている。これは、家庭内に様々なセンサやカメラを設置し、このカメラをインタフォンや電気錠とともにホームネットワークシステムおよびインターネットに接続して、宅内の監視と異常時通報を行うシステムである。外出中でも、訪問者がインターホンのボタンを押すと、携帯電話に自動的にテレビ電話をかける。また、センサーライト付きカメラユニットが侵入者を検知すると、照明で威嚇すると同時にテレビ電話をかけるため、不審者を確認して声で対応することができる。このカメラユニットを複数設置することで、不審者が移動しても次々にその姿を捉えたカメラユニットの映像に自動的に切り替えることができる。また、外出時に扉や窓の開閉センサをONにすることで、侵入者が扉や窓をこじ開けた場合、アラーム音を発すると同時に、利用者の携帯電話にメールで通知する。また、長期不在中も、携帯電話による遠隔操作で定期的に部屋の灯りを点灯させ、在宅しているかのように装うことができる。また、部屋の出入り口部分に人感センサを設置しておくことで、人が出入りした時にアラーム音やメールで通知する(例:赤ちゃんや認知症のお年寄りが、誤って外に出てしまい、トラブルに遭遇するような事故を未然に防ぐことができる)。

上記のようなサービスにより、私たちの生活をより安全・安心・快適・便利なものへと進化させている。上記の「お出かけ・帰宅サービス」のように家電を自動制御できるものは多々存在しますが、これらは家電本体やコンセントを改造するなどの工事費が掛かる。その為、簡単には家庭に取り入れることが難しい。そこで、家電を自動制御できるものを家庭に取り入れるために、如何にコストを下げていくのかということが重要になる。

## 2. 関連研究

京都大学の松山教授や加藤教授，神戸大学の塚本教授はスマートタップを用いた省エネの研究を行っている。その研究内容は以下の通りである。

家庭・オフィス内のあらゆる機器に，電力センサと通信モジュールからなる「スマートタップ」を取り付け，詳細な電力消費パターンをモニタリングするセンサネットワークを構築(図3)。

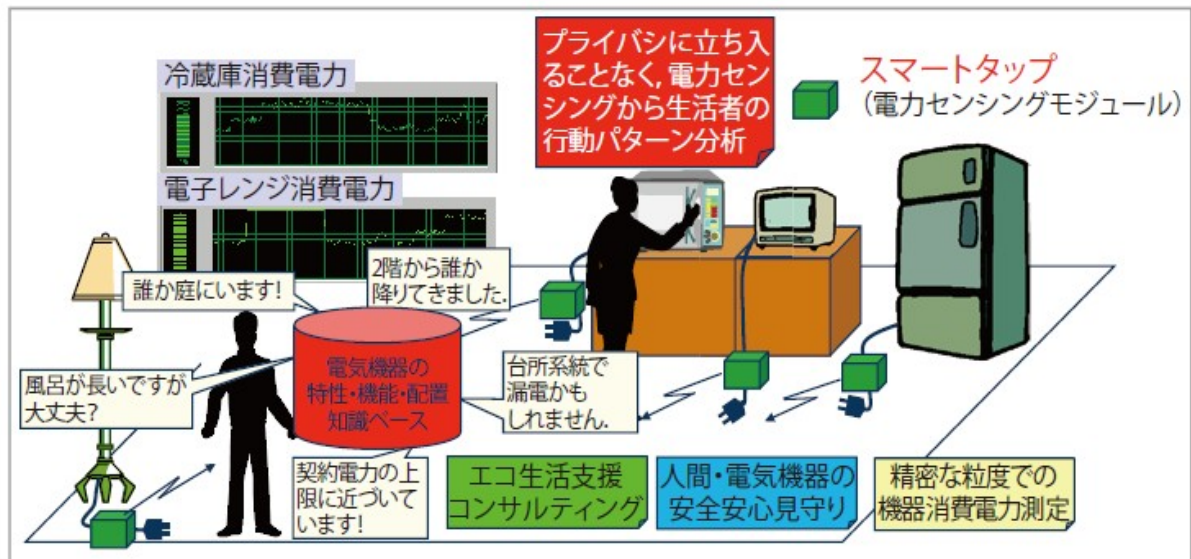


図3. スマートタップを用いた家庭内電力センサネットワーク

これにより各電気機器の電力消費状況をリアルタイムに計測・分析・表示することが可能となり節電・エコ意識の向上が図れるだけでなく，直接的なプライバシー侵害を引き起こすことなく，電気機器を操作する生産者の行動パターンの学習，モニタリングができ，安全・安心のための見守り，さらには電気機器の不具合の早期発見にも役立つ。また，家電機器の使い方は個人によって異なるため，その電力消費のパターンを分析すれば使用者を推定することができる。また，1交流周期における電流波形を分析することによって，家電を識別できることが判っており，家電機器をコンセントに接続するだけで，その家電機器が何であるのか判別することができる。

## 2. 1. スマートタップについて

### 2. 1. 1. スマートタップの電力管理機能

スマートタップは電力関連量を計測し、電力を制御することが最も必須の機能である。通常、計測の直接対象は電圧および電流である。電圧としては一般家庭に用いられる 100V、IH やエアコンに用いられる 200V 単相、動力系の機械で用いられる 200V 三相が対象と考えられる。電流としては、15A 以下(家電組込み型, アダプタ型), 15A(コンセント型), 20A(分電盤型), 40A から 100A(スマートメータ)という区別が考えられる。サンプリング周波数については数百 Hz から数 kHz までのバリエーションが考えられる。今までの家庭用の電力計測では 1~2kHz 程度のサンプリングが行われることが多かった。一般的な家庭用電力は 50~60Hz の交流であるため、白熱電灯や電熱機器、交流モータなどの単純な抵抗や誘導負荷ではこれで十分であるが、近年の家電ではインバータやスイッチング電源が組み込まれていることが多く、比較的広帯域な電流波形が現れるため、さらに高周波数のサンプリングが求められる。分解能については、10ビット程度のものが多いが、どのくらいの精度が必要かは使い方によって異なる。サンプリング周波数および精度は AD コンバータの性能に依存するので、用途に応じた選定、設定が必要になる。

計測された値の出力としては、瞬時値(電流, 電圧), 実効値(電流, 電圧), 有効電力, 積算電力量などが考えられるが、力率, 周波数, 家電や状態識別用の特徴量のその他の特徴量や、毎週期, 数周期の平均, 数周期ごとのサンプルなどの算出周期も考えられる。瞬時値のみを出力し、サーバ等でその他の値を計算することもあるが、通信速度が遅い場合にはデータを取りこぼしてしまう恐れがある。

電力の制御については、制御なし(計測のみ), ON・OFF 制御を行うには、単純なりレー回路を持てばよいが連続制御や力率改善を行うには、より複雑な制御機能が必要になる。

家電などの多くの負荷機器では、電源線によって制御するよりも、リモコンなどを用いて外部のコマンドによって機器の制御をすることで電力を制御する方法の方が現実的である。このような機器自体の制御機能としては、赤外線リモコンの他に、ルームエアコンや暖房設備で用いられる HA 端子, Av 機器や IT 家電のための HAVi や DLNA, 白物家電のための ECHONET 規格などが開発されており、これらの機能と連携することも考えられている。

### 2. 1. 2. スマートタップの通信機能

スマートタップは他の機器と通信できることが最も重要な機能の1つである。家庭内外に設置されたサーバやホストコンピュータとの通信により、家中の家電機器の消費電力などをどこかに置かれたホストコンピュータなどで見るようになる。スマートタップ同士の通信により、連携した家電機器の制御が可能になる。通信においては、帯域, 通信レート, レイテンシ, 同期の有無などを考える必要があり、通信媒体としては、電力線(低速 PLC), 無線(ZigBee), 専用線(LAN), 赤外線通信などがある。アプリケーションプロトコルとしては、どんなデータを送るか, どんなコマンドを受け付けるか, 既存のプロトコルの拡張か新規プロトコルかなどの点を考える必要がある。標準プロトコルとしては、業界標準としてエコーネットコンソーシアムの ECHONET があ

る。エネルギー節約のための家庭内の家電機器の制御のためのプロトコルを規定しています。白物家電を中心としたネット家電の通信方式であり、ホームネットワークシステムの規格統一である。

### 2. 1. 3. スマートタップの情報分析, 連係動作機能

これまで述べてきたような機能を組み合わせることで、スマートタップ内、あるいはスマートタップからの情報を集めたホストコンピューティングにおいて情報分析を行うことで、様々なことが解明できるようになる。まず、電力の可視化である。いつどのような機器でどれくらい電力を消費したかを見えるようにすることで、あるいはさらに課金情報を加味して金額で可視化すれば、ユーザの電力消費行動が抑制でき、省エネに繋がる。実際家電機器の不使用时の待機電流や、使用状況による消費電力の違いなどについては通常ユーザからはまったく判らない状況であるし、時間帯による電気料金の違いもユーザは意識しない場合が多いが、これが見えるようになることで大幅な電力の削減行動が促される可能性がある。

次にシステム側で行えることとして機器の識別がある。これは、家電機器が用いているインバータ特性(ACアダプタの特性)と負荷特性(機器の特性)を見るものとはいえ、両者に分けてデータを解析することでさらに精度の高い識別が可能になる。さらにシステム側でユーザの識別ができる場合がある。家電の電流波形で使用者を特定できるという話で、例えば、温水洗浄便座の使用は人によって使い方が異なる。ユーザが識別できればその後のユーザの電力消費行動を予測でき、システム側で最適な周辺の家電機器の制御ができるようになる。

### 2. 1. 4. スマートタップの共通仕様化

さまざまな研究機関や企業がさまざまなスマートタップを開発している。これらのスマートタップはそれぞれ性能が異なり、サポートしている通信やデータフォーマットも異なるため、家庭内で異なるスマートタップを使用する際には相互運用性の問題が生じてしまう。スマートタップ間でのデータ交換を行うためには専用のプロトコルが必要になるため、LonWorks や oBLX などのビル間情報管理で用いられているプロトコルや ECHONET, ZigBee などの標準をベースに規定していく必要がある。低性能なマイコンでも処理できるよう、できるだけ単純なプロトコルでできるだけコンパクトなデータフォーマットが望まれるが、実際にどのような情報を交換するのかについては現時点ではほとんどの業界のコンセンサスがない状況である。

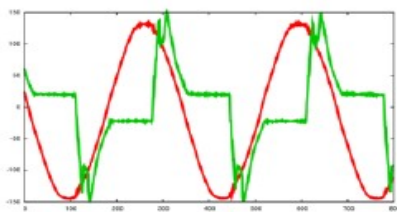


## 2. 2. スマートマンションルーム

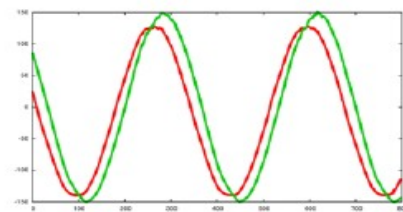
京都大学の松山教授などは実際に上記の技術を用いて、「スマートマンションルームにおけるエコ生活実証実験」を行っている。つまり、家庭内・オフィス内のすべての電気機器に、高精度電力計測・信号処理・通信機能を備えた「スマートタップ」を付け、エネルギー消費のリアルタイム計測・表示、人間・電気機器の安全安心見守り、省エネコンサルティング、高度な省エネルギー制御などを行うシステムの開発を進めている。これは、1LDKのマンションルーム内のすべての電気機器に、京都大学松山研究室やオムロン株式会社などの研究機関や企業がそれぞれ開発したスマートタップを付け、実験が行われた。

### 2. 2. 1. スマートタップを使った、家電の詳細な電流・電圧特性や消費電力のリアルタイム計測と表示

スマートタップは、電流、電圧センサ、マイクロプロセッサ、無線通信ユニット、電力制御ユニットから成っており、20 KHzという高速データサンプリングによって、電流、電圧波形を詳しく計測することができる(図4)。そのスマートタップを家庭・オフィス内の電気機器に付けることによって、機器毎の消費電力をリアルタイムに見ることができ、消し忘れ、待機電力の削減などによる省エネに役立つ。



掃除機の電圧・電流波形



ヘアドライヤーの電圧・電流波形

図4. スマートタップを使った、家電の詳細な電流・電圧特性  
や消費電力のリアルタイム計測と表示

### 2. 2. 2. 消費電力の見える化による省エネ支援システム

消費電力の見える化を行い省エネ意識の向上や省エネ活動の誘発を実現するには、日常生活の中で気軽に消費電力を調べ無駄な電力をカットできることが重要となる。そこで、リビングのテレビに、スマートタップで計測された各家電の消費電力を3D表示し、ゲーム機を使って家電のON/OFFを切り替えることができるシステムを開発した(図5)。このシステムを使えば、テレビ番組の間にいつでも気軽に省エネ活動が行える。

## 2.2.3. 異なったメーカーが開発したスマートタップを統合するホームシステムサーバ

スマートタップは、国内外の多くの企業がそれぞれの異なった仕様のもを開発している。利用者の視点からは、例え製造メーカーが異なっても、自由にスマートタップを組み合わせることが望まれる。そこで、京都大学松山研究室やオムロン株式会社などの研究機関や企業が、それぞれ開発したスマートタップを自由に組み合わせることができるよう、OSGi と呼ばれるソフトウェアを使ってホームサーバシステムを開発した(図6)。



図5. 消費電力の見える化による省エネ支援システム

## 2.2.4. スマートタップによる家電の自動認識

スマートタップで計測された精密な電流波形を解析することにより、どんな家電が繋がっているかを認識することができ、家電をコンセントに差すだけで、どこでどんな家電が使われているかが分かる(図7)。

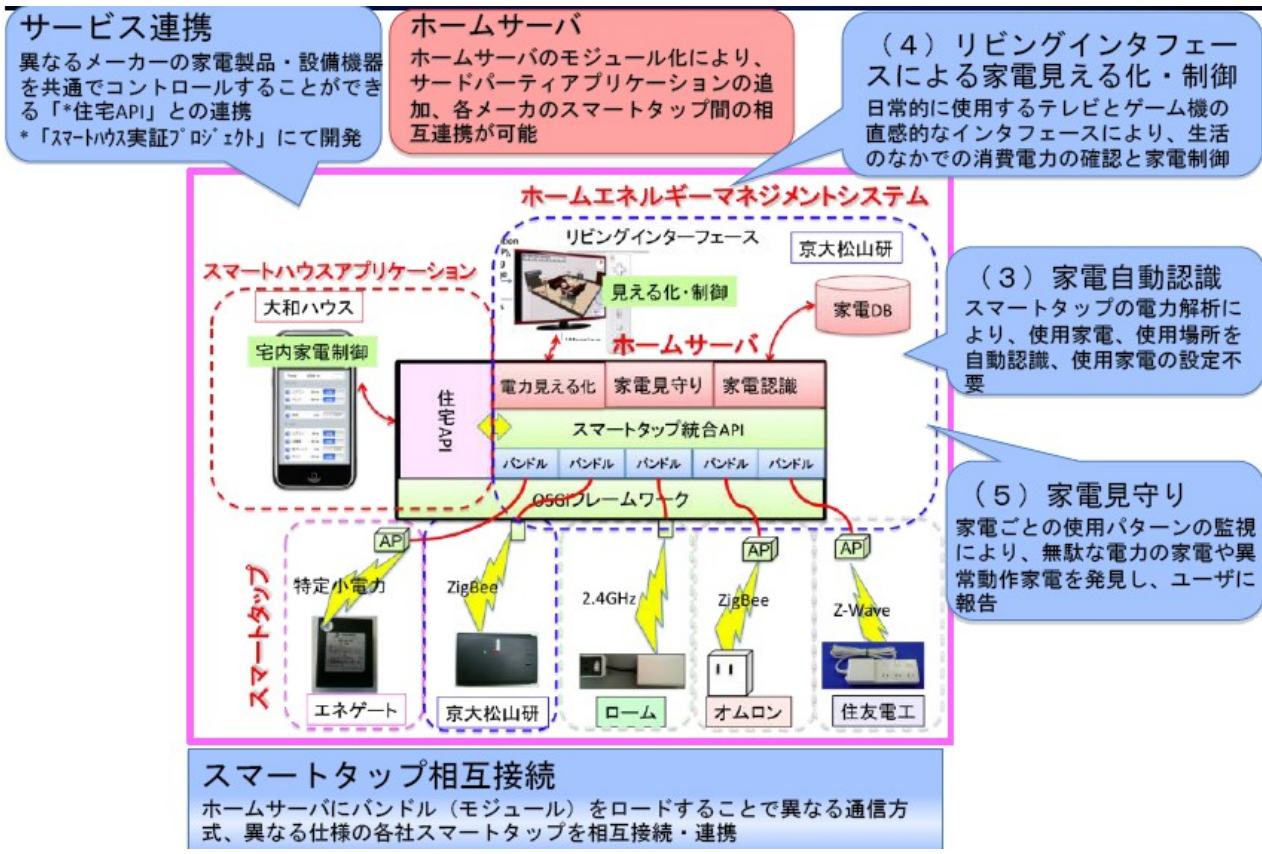


図6. 異なったメーカーが開発したスマートタップを統合するホームサーバシステム

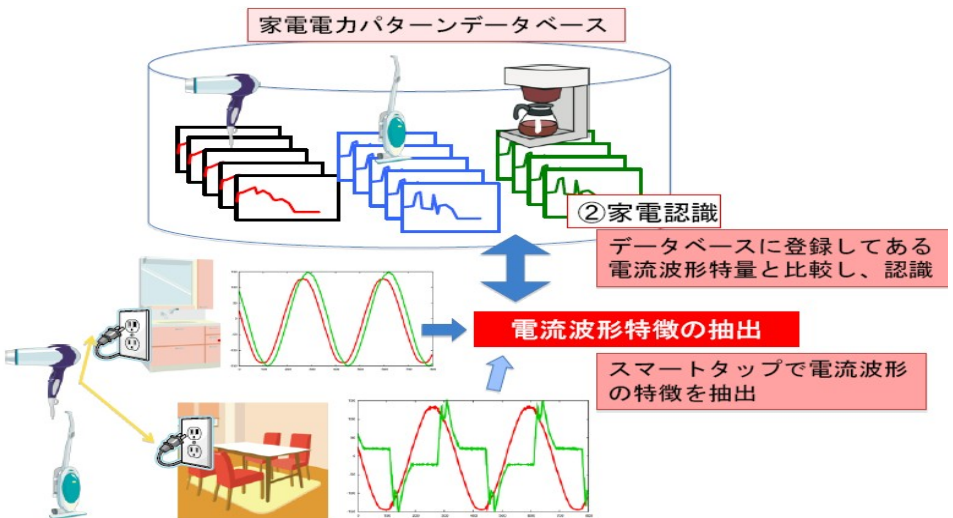


図7. スマートタップによる家電の自動認識

### 2.2.5. 家電の安全見守り・異常発見

スマートタップを用いることで、詳細な電流波形が計測できるため、家電や電気配線、コンセントなどに不具合が生じると、この電流波形が変化すると考えられるため、いつもと異なった電流波形を観測したら、スマートタップがその家電の点検を促すメッセージをシステムに送り、システムが人間に知らせることによって、火災などの事故の予防が可能

となる(図8).

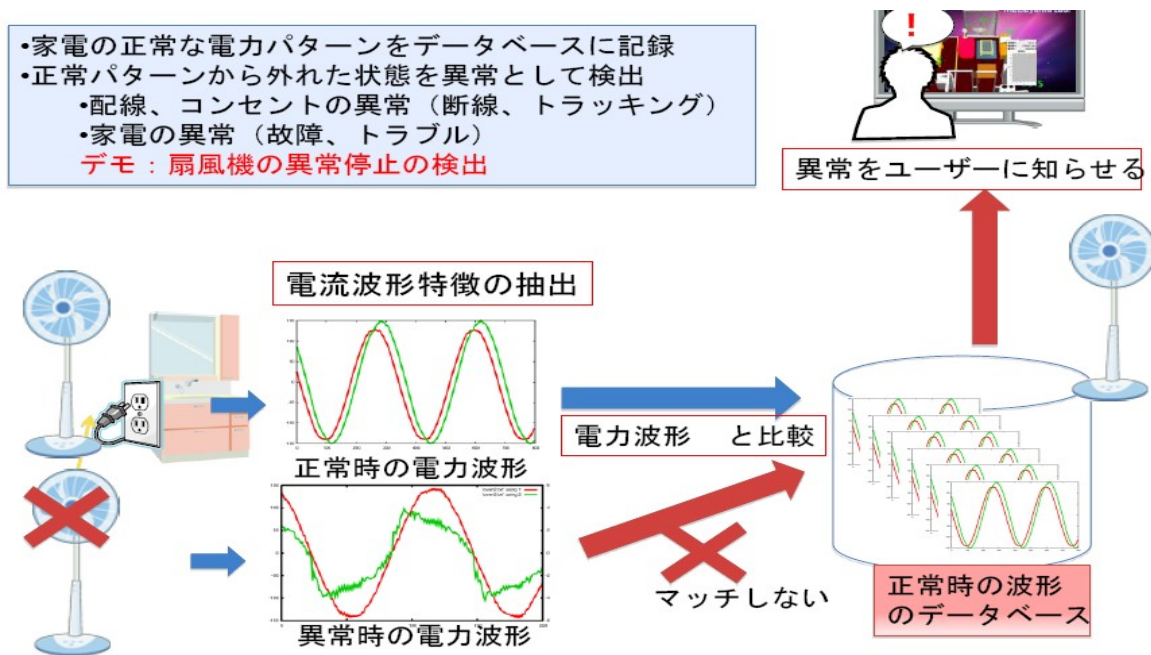


図8. 家電の安全見守り・異常発見

このように、スマートタップを用いて省エネを行っており、スマートタップをマンションルーム内の家電に付けることにより、「ある部屋の家電を使い始めた時、他の部屋の家電はOFFになる」。これは、家電の電流をスマートタップで認識し、そのスマートタップで得た電流情報をサーバで管理し、それを基に家電を自動制御している。

### 3. 提案手法

関連研究の「スマートマンションルーム」では、マンションルームということで部屋が複数あるため、サーバや多くのスマートタップなどを用いており、システムとしては大掛かりなものになっている。しかし、部屋が狭いワンルーム(一人暮らし)では、このシステムを用いて省エネを行うのはコストが掛かりすぎるため、他の方法で人の動きを認識する必要がある。そこで、狭いワンルームを対象に、サーバや多くのスマートタップ、家電本体を改造するなどはせず、低コストで簡単に取り入れることができる方法について検討した。

部屋は狭いワンルームを対象と考えると、長時間留まる場所は限定されると推定する。そこで、座る場所を毎回同じ場所と決まっているものと仮定し、そこに圧力センサを設置し、人の動きを認識するシステムを考えた。圧力センサの付いたテーブルタップと家電を繋ぎ、家電を制御することで、室内に人がいる時は自動でON、いない時は自動でOFFするシステムである。

本実験では、座りながら使用されると思われる、音の出る家電と冷暖房家電を圧力センサの付いたテーブルタップと繋ぎ、このシステムの省エネへの貢献度を測定する。

## 4. 実験

今回の実験はシュミレーションで行い、用いる部屋は図9の通りである。図9は狭いワンルームを想定しており、テレビやコタツ、DVD、パソコンの位置は決まっており、住居人はコタツ付近に座ると推測し、赤い丸印の座る場所には圧力センサが設置されている。別の空間にはトイレやキッチン、洗面所がある。また、シュミレーションは1日の生活パターンをモデリングし、その生活パターンで実験を行う(図10)。色の付いている部分はその家電を使用中、または自分自身の行動を示す。図9の部屋と図10の生活パターンを用いてシュミレーションを行い、音の出る家電と冷暖房家電に対して圧力センサ付きテーブルタップによる省エネ性能を検証する。

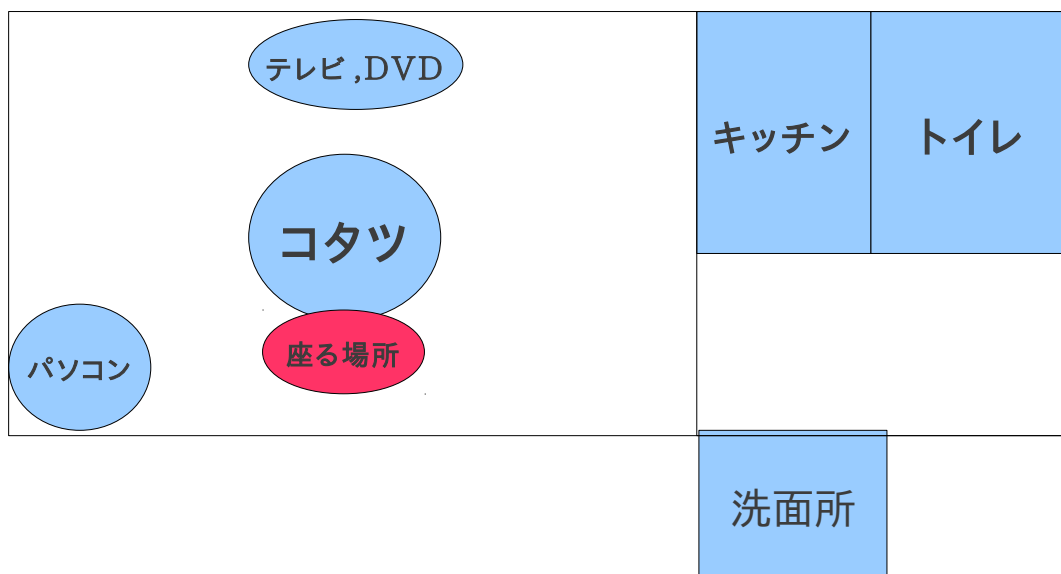


図9. シュミレーションに用いる部屋

	8:00					9:00						10:00				
テレビ																
コタツ																
洗面																
ドライヤー																
ご飯を作る																
トイレ																
洗濯																
掃除																

	11:00					12:00						13:00				
テレビ																
コタツ																
ご飯を作る																
トイレ																
DVD																
パソコン																

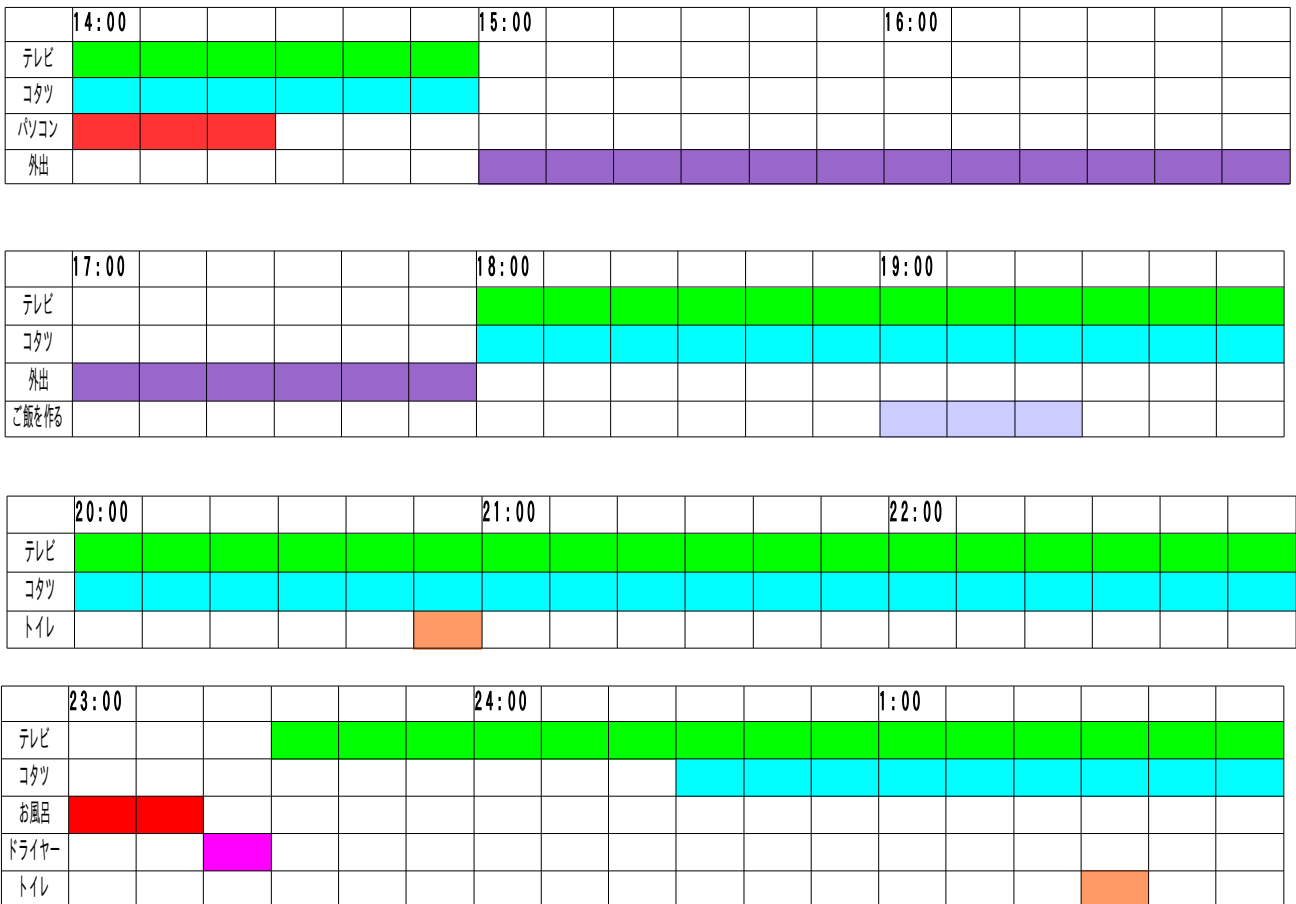


図10. 生活パターン(センサなし)

図10の生活パターンの中には 8:20 頃の様にご飯を作ってる時など、音の出る家電や冷暖房家電が利用していない時にも ON になったままの部分がある。これは、利用していない家電が ON になっているため、無駄な電力を使ってることになる。そこで、(1)音の出る家電や冷暖房家電を利用していない時も ON のまま、(2)音の出る家電や冷暖房家電を利用していない時は手動で OFF にする、(3)音の出る家電や冷暖房家電を利用していない時はセンサで OFF にする、の3つの場合の電力消費量を調べ、圧力センサ付きテーブルタップの省エネ性能を検証する。

## 4. 1. 音の出る家電の電力消費シュミレーション

音の出る家電における人感センサの有効性を検証するために、3つのパターン(センサなし, センサなし(手動で省エネ), センサあり)で実験を行い, 式(1)より電気代を求め, 式(2)で電力消費量を求める.

$$\text{電気代(円)} = \frac{(\text{電力}(w) \cdot \text{時間}(h) \cdot \text{新電力料金目安単価}22(\text{円/kWh}))}{1000} \quad (1)$$

$$\text{消費電力}(wh) = \text{電力}(w) \cdot \text{時間}(h) \quad (2)$$

本研究では, 音の出る家電の基本となる「テレビ」を用いて実験を行う.

### 4. 1. 1. テレビの電力消費シュミレーション

ワンルームということで, テレビの大きさはワンルームで使用されることが多い 28 インチを用いるため, 単位時間あたりの消費電力は 150wh である.

生活パターン(図10)を用いて, 3つのパターンでシュミレーションを行った実験結果は以下のようになった(表1).

表1. 3つのパターン(センサあり/なし, 手動)の電力消費量と電気代

家電制御の方法	電力消費量	電気代
センサなし	2.3kwh	50.6 円
センサなし(手動省エネ)	1.6259kwh	35.761 円
センサあり	1.625kwh	35.75 円

表1より, 「センサなし」の場合に比べ, 「センサあり」と「手動」の場合の方が電力消費量と電気代が低くなっている. その為, トイレに行く時やご飯を作る時にテレビを OFF することで, 省エネに繋がっていると言える. センサを用いて省エネと手動の省エネでは, 電力消費量と電気代はほとんど変わらないが, トイレに行くなどの些細な時も電源を ON/OFF するのは手間が掛かる. その為, 快適性を向上させるためにはセンサを用いた方が良いと考えられる.

### 4. 1. 2. 快適性検証

前の実験より, 快適性を向上させるためにセンサは必要であることが判った. しかし, センサから離れて直ぐに OFF になる時, 不快に感じる場合がある. その為, センサから離れてから数秒後に家電が OFF になる3つのパターン(5秒後, 10秒後, 20秒後)で実験を行い, 電力消費量と電気代を求め, 不快に感じない時間を検証した. 式(1)より, 電気代を求め, 式(2)で電力消費量を求める.



生活パターン(図10)を用いて、タイムラグを用いた3つのパターンのシュミレーションを行った実験結果は以下のようになった(表2).

表2. タイムラグを用いた3つのパターン(5秒, 10秒, 20秒)の電力消費量と電気代

家電制御の方法	電力消費量	電気代
タイムラグ0秒	1.625kwh	35.75 円
タイムラグ5秒	1.6267kwh	35.787 円
タイムラグ10秒	1.6283kwh	35.823 円
タイムラグ20秒	1.6317kwh	35.897 円

表2より, どのタイムラグの場合でも電力消費量と電気代はほとんど変わらない. そして, タイムラグある/なしの場合の電力消費量と電気代もほとんど変わらない. タイムラグを用いることで, 「テレビの音を聞きながらトイレに行くことができ, センサから離れて直ぐにテレビが OFF になる時よりは寂しい気持ちにならない」, 「冷蔵庫に飲み物を取りに行く, 少しの間その場所を離れる, などの些細な行動をする場合でもテレビが ON なので, テレビの内容を確認しながら行動できる」, と考えられる. その為, 数秒後に OFF になる方が不快に感じる事が少ないと考えられる.

また, タイムラグを用いた3つのパターンの中では, 省エネや日常生活のことを考えると, 10秒の場合がより快適な生活を送るために適切な時間だと感じた. しかし, これは個人差があるため, その人の生活スタイルに合わせて設定するのが望ましい.

以上の結果より, 「テレビ」をテーブルタップと圧力センサを用いて自動制御を行うことで, 快適性の向上と省エネに繋がる事が判った.

#### 4. 1. 3. テレビの大きさ別電力消費シュミレーション

今回はテレビの大きさを 28 インチとして実験を行ったが, テレビの大きさを大きくすれば電力消費量は増え, 小さくすれば電力消費量は減る. 他の大きさで行った結果を以下の表に示す(表3).

表3. 各テレビの大きさ事の電力消費量と電気代

大きさ	電力	テレビを利用していない時も ON の状態		テレビを利用していない時は OFF の状態		10秒後OFF	
		電力消費量	電気代	電力消費量	電気代	電力消費量	電気代
14インチ	60W	0.92kwh	20.24円	0.65kwh	14.3円	0.651kwh	14.33円
21インチ	110W	1.687kwh	37.1円	1.192kwh	26.22円	1.194kwh	26.27円
28インチ	150w	2.3kwh	50.6 円	1.625kwh	35.75 円	1.6283kwh	35.823 円
32インチ	250W	3.833kwh	84.33円	2.708kwh	59.58円	2.714kwh	59.7円

狭いワンルーム(一人暮らし)なので, 大きくても 32 インチ, 小さくても 14 インチだと推測し, 以上の値で行った. また, その中でも, 21 インチから 28 インチの大きさが一人暮らしの目安の大きさになるのではないのかと思ひ, 28 インチのテレビを用いて実験を行った.

#### 4. 1. 4. 考察

テレビのシュミレーション実験より, テーブルタップと圧力センサを用いてテレビを自動制御することで, 快適性と省エネ性が向上することが判った. また, テレビの大きさ及び電力の大きさによって電力消費量や電気代は増えるので, 大きなテレビ及び電力の大きなテレビに対して, センサが有効に活用することができ, 省エネを行う上でより貢献できるのではないのかと考えられる.

## 4. 2. 冷暖房家電の電力消費シュミレーション

冷暖房家電(温度センサ付き)は, ある一定の温度になったら発熱(冷却)を止め, ある一定の温度になったら発熱(冷却)をするといった動作を繰り返す. その為, 電力消費量を求めるためには, 冷暖房家電の機能が作用している空間の熱エネルギーや温度を求める必要がある. その為, 熱力学の対流伝熱を求める. 式(3)より, 外に逃げる熱量を求め, 式(4)と式(5), 式(6)を用いて熱伝達率を求める.  $Q$  は冷暖房家電の機能が作用している空間内から空間外に逃げる熱量,  $\alpha$  は熱伝達率,  $T_1$  は空間内の温度,  $T_0$  は空間外の温度,  $L_1$  は空間内と空間外が面してる部分の縦の長さ,  $L_2$  は空間内と空間外が面してる部分の横の長さ,  $z$  は空間内と空間外の間  
の長さ,  $Gr$  はグラスホフ数,  $L_3$  は空間内と空間外が面してる部分の高さ,  $g$  は重力加速度,  $\beta$  は空気の体膨張係数,  $\nu$  は空気の動粘性係数,  $Nu$  はヌセルト数,  $Pr$  はプラントル数,  $\alpha$  は空間内から空間外の熱伝達率,  $\lambda$  は空間内と空間外の間  
の素材の熱伝導率である.

$$Q = \frac{(\alpha L_1 L_2 (T_1 - T_0))}{z} \quad (3)$$

$$Gr = \frac{(L_3^3 g \beta (T_1 - T_0))}{\nu^2} \quad (4)$$

$$Nu = Gr Pr \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{(Nu \lambda)}{L_3} \quad (6)$$

以上を用いることで, 冷暖房家電の機能が作用している空間内から空間外に逃げる熱量を求めることができる.

式(7)より空間内の熱量を求める.  $Q_1$  は空間内の熱量,  $Q_2$  は発熱(冷却)体が発する熱量,  $Q_3$  は空間内から素材を経由して空間外に逃げる熱量,  $Q_4$  は1分前のコタツ内の熱量である.

$$Q_4 = Q_1 - Q_2 + Q_3 \quad (7)$$

以上で求めた熱量を温度に変換する. 式(8)より, 空間内の空気の重さを求め, 式(9)で空気の熱量を求める.  $m$  空気の重さ [kg],  $V$  空間内の体積 [ $m^3$ ],  $X$  発熱体の体積 [ $m^3$ ],  $Y$  は空気の密度 [ $kg/m^3$ ],  $Q_5$  は空気の熱量 [kcal],  $c$  は空気の比熱 [ $kcal/kg \cdot ^\circ C$ ] である.

$$m = Y(V - X)(T_1 - T_0) \quad (8)$$

$$Q_5 = mc(T_1 - T_0) \quad (9)$$

ここで,  $1[kcal] = 4.186[J]$  を用いて単位変換する. 式(10)より, (空間内の体積 - 発熱体の体積)の空気を $1^\circ C$ 上げるのに必要な熱量を求め, 式(11)で, 空間内の温度が何度上昇したのかを求める.  $Q_6$  は(空間内の体積 - 発熱体の体積)の空気を $1^\circ C$ 上げるのに必要な熱量,  $t$  は上がった温度である.

$$Q_8 = 4.186 Q_5 \quad (10)$$

$$t = \frac{Q_4}{Q_6} \quad (11)$$

本研究では、冷暖房家電の基本となる「コタツ」を用いて実験を行う。

#### 4. 2. 1. コタツの電力消費シュミレーション

コタツにおける人感センサの有効性を検証するために、3つのパターン(センサなし, センサなし(手動で省エネ), センサあり)で実験を行い、電力消費量と電気代を求めた。しかし、コタツはある一定の温度になったら発熱を止め、ある一定の温度になったら発熱をするといった動作を繰り返す(図11)。これは、コタツが発熱を止めてる時は、コタツがOFF状態になっていると考えられるため、その間は発熱するための電力消費量はないと考えられる。その為、電力消費量や電気代を求めるために、コタツの機能が作用している空間の熱エネルギーや温度を求める必要がある。これを求めるために熱力学の対流伝熱を用いる。

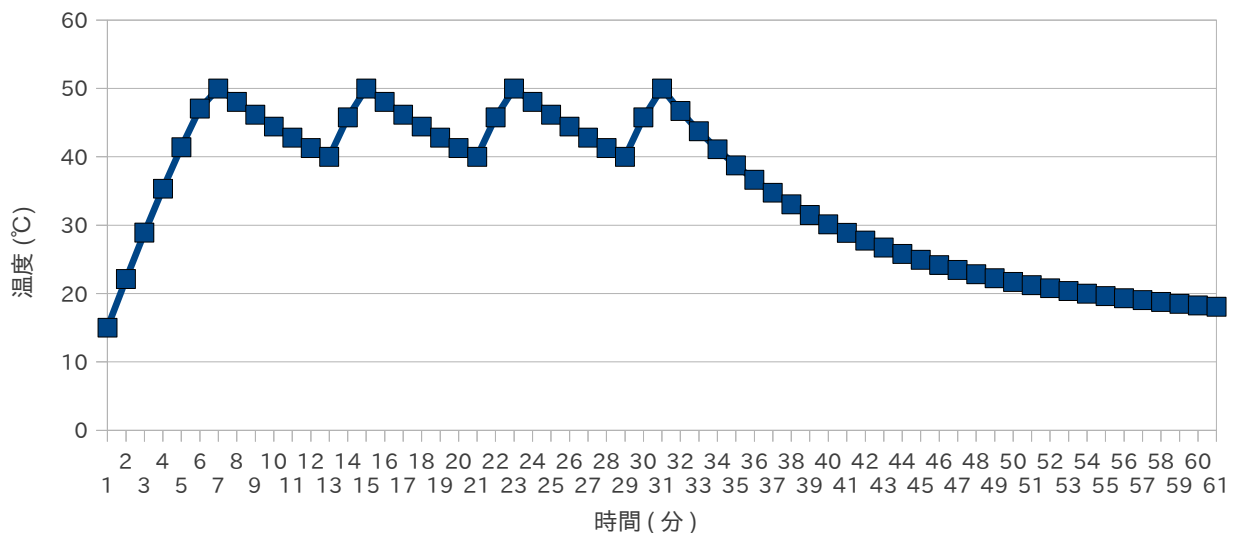


図11. コタツ内の温度変化の様子

今回実験で使用する「コタツ」や「環境」は以下のように仮定して行う(表4).

表4. 仮定条件

コタツの大きさ	縦 2m 横 2m 高さ 2m
発熱体の大きさ	縦 1m 横 1m 高さ 1m
布団の熱伝導率	0.046 w/(m· k)
木板の熱伝導率	0.069 w/(m· k)
布団の厚み	10mm
木板の厚み	10mm
コタツ外温度	15℃
加熱時の温度の上限	50℃
上限後の温度の下限	40℃
コタツの下面	断熱

まず, コタツの側面と上方は断熱ではないため, コタツの外に逃げる熱量を求める. 式(3)より, コタツの外に逃げる熱量を求め, 式(4)と式(5), 式(6)を用いて熱伝達率を求める.

ここで, 熱流束が一様であると仮定し, 式(6)より, 式(12)で布団から空気の熱伝達率を求め, 式(13)で布団と木板から空気の熱伝達率を求める.  $\alpha_1$  は布団から空気の熱伝達率,  $\lambda_1$  は布団の熱伝導率,  $\alpha_2$  は布団と木板から空気の熱伝達率,  $\lambda_2$  は木板の熱伝導率である.

$$\alpha_1 = \frac{(Nu \lambda_1)}{L_3} \quad (12)$$

$$\alpha_2 = Nu \left( \frac{\lambda_1}{L_3} + \frac{\lambda_2}{L_3} \right) \quad (13)$$

以上を用いることで, コタツ内から外に逃げる熱量を求めることができる.

コタツと床が接する面は断熱するものとし, 布団のみから熱が逃げるのが4面あり, 布団と木板から熱が逃げるのが1面ある. 式(7)より, 式(14)でコタツ内の熱量を求める.  $Q$  はコタツ内から布団を経由して逃げる熱量,  $Q_4$  はコタツ内から布団と木板を経由して逃げる熱量である.

$$Q_4 = Q - 4Q_3 - Q_2 + Q_1 \quad (14)$$

以上で求めた熱量を温度に変換する. 式(8)より, コタツ内の空気の重さを求め, 式(9)で空気の熱量を求める.  $V$  はコタツ内の体積 [ $m^3$ ] である.

ここで,  $1[cal]=4.186[J]$  を用いて単位変換する. 式(10)より, (コタツ内の体積 - 発熱体の体積)の空気を1℃上げるのに必要な熱量を求め, 式(11)で, コタツ内の温度が何度上昇したのかを求める.  $Q$  は(コタツ内の体積 - 発熱体の体積)の空気を1℃上げるのに必要な熱量である.

以上を用いて1分毎のコタツの温度変化を求める.

生活パターン(図10)を用い, 3つのパターンでシュミレーションを行った実験結果は以下のよう

になった(表5).

表5. コタツの電力消費量と電気代

家電制御の方法	電力消費量	電気代
センサなし	3500kwh	77 円
センサなし(手動省エネ)	2934.83kwh	64.86 円
センサあり	2933.33kwh	64.53 円

表5より、「センサなし」の場合に比べ、「センサあり」と「手動」の場合の方が電力消費量と電気代が低くなっている。その為、トイレに行く時やご飯を作る時にテレビを OFF することで、省エネに繋がっていると言える。しかし、センサを用いて省エネと手動の省エネでは、電力消費量と電気代はほとんど変わらないが、トイレに行くなどの些細な時も電源を ON/OFF するのは手間が掛かる。その為、快適性を向上させるためにはセンサを用いた方が良いと考えられる。

#### 4. 2. 2. 考察

コタツのシュミレーション実験より、テーブルタップと圧力センサを用いてコタツを自動制御することで、快適性と省エネ性が向上することが判った。また、図11からも判る通り、コタツ内の温度は急激には下がらないため、トイレなどの些細な用事で圧力センサから離れ、戻ってくる時でも、快適にコタツを利用することができる。

### 4. 3. 他の家電機器の電力消費量と電気代

本研究のシミュレーションで用いている生活パターンでは、「テレビ」や「コタツ」以外に、「ドライヤー」や「洗濯機」などの家電機器を使用している。「テレビ」と「コタツ」以外の家電機器の電力消費量や電気代を以下に示す(表6).

表6. テレビとコタツ以外の家電機器の電力消費量と電気代

家電機器	電力	電力消費量	電気代
ドライヤー	1200W	0.4kwh	8.8円
洗濯機	450W	0.225kwh	4.95円
掃除機	1300W	0.433kwh	9.53円
DVDプレイヤー	60W	0.1kwh	2.2円
パソコン	60W	0.07kwh	1.54円

テレビとコタツ以外にも上記の家電機器を使っているため、1日の生活パターン(図10)の電力消費量と電気代は、「テレビ」と「コタツ」の実験結果に上記の家電機器の電力消費量と電気代が加算されたものになる。その為、1日の電力消費量や電気代を減らすためにも、センサを用いて省エネか手動で省エネを行う事が望ましい。また、快適性を向上させるためにはセンサを用いて省エネを行う事が望ましい。

本実験より、1日に使用した電気代を「テレビ」、「コタツ」、「掃除機」、「ドライヤー」、「他の家電」の5つの種類に分けてグラフに示す(図12).

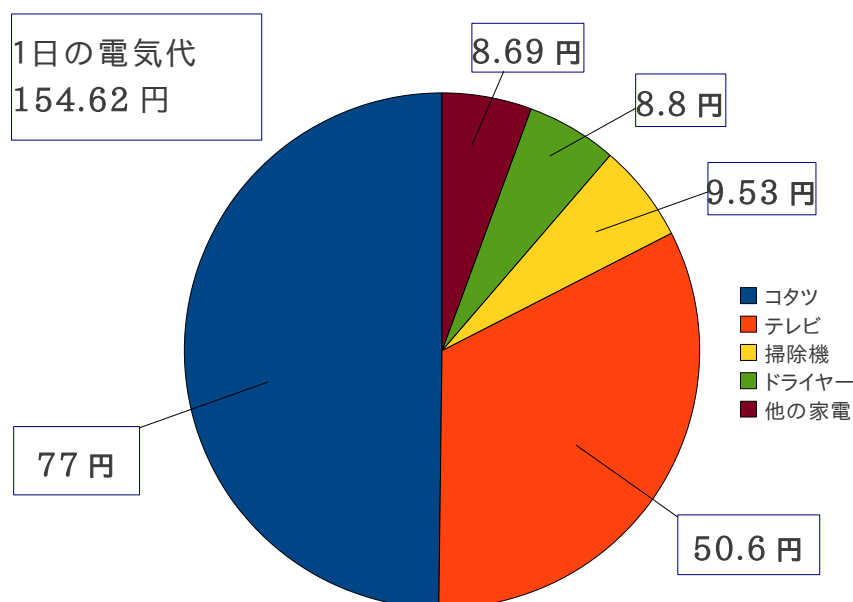


図12. 生活パターンにおける家電事の電気代の比較

図12より、1日の電気代の5割をコタツ、3割がテレビ、2割がコタツとテレビ以外の家電が占めている。テレビやコタツは使う場所が決まっており、長時間使うことが多い。ドライヤーや掃除機な

どは使う場所が不特定であり, 使う時間は長くても30分程である. その為, 1日の電気代の8割程占めているコタツとテレビを自動制御することで十分に省エネに繋がると考えられる.



## 5. まとめ

今回は、小規模住宅での省エネにおける人感センサの有効性を検証するための実験を行い、テーブルタップと圧力センサという簡単なシステムを用いて、家電を自動制御することで快適性を向上させ、省エネできることが判った。そして、1日の電気代の割合が大きい家電及び使う場所が決まっている家電に対して有効なシステムであることが判った。

今後の課題として、実験では安価で簡単な設備で狭いワンルームに導入できるということで行いましたが、実際にこのシステムを作り、安価で簡単な設備になるのか検証したい。また、実際に狭いワンルームに導入し、快適性や省エネ性が向上するのか検証したい。

# 謝辞

本論文作成にあたって日頃からご指導頂いた三好力教授には深く感謝致します。また、様々なアドバイスや相談に同研究室の皆様や友人の皆様、多大なご協力を頂いた皆様に深く感謝致します。

## 参考文献

- [1]中島 秀之, 情報処理 8[2010]Vol.51 No.8 通巻 546 号
- [2]松山 隆司, エネルギーの情報化 WG 創設 1 周年記念シンポジウム 配布資料
- [3]NISSIN Moving Service-日新 引越部  
[http://www2.nissin-tw.co.jp/move/oversea\\_guide/useful\\_epower/index.html](http://www2.nissin-tw.co.jp/move/oversea_guide/useful_epower/index.html)
- [4]エコさんと省エネ生活 節電ネット  
<http://www.setsuden.net/>
- [5]石川 憲洋, 角野 宏光, 加藤 剛志, 内田 良隆, 生活ケータイの新たな利用シーンを創出する  
移動端末からのホームネットワーク制御技術
- [6]三宅 基治, 吉川 貴, 中土 昌治, モバイル/ホームネットワーク連携技術とホームゲートウェイ  
装置の試作
- [7]山崎 達也, 丹 康雄, 豊村 鉄男, 松山 隆司, 家庭における電力センシングネットワークによるエ  
ネルギーマネジメント, 京都大学 北陸先端科学技術大学院大学 情報通信研究機構 社団法人  
電子情報通信学会
- [8]井垣 宏, 玉田 春昭, 松本 健一, サービス指向アーキテクチャを用いたネットワーク家電連携  
サービスの開発, 情報処理学会論文誌 Vol.46 No.2 Feb.2005
- [9]真野 宏之, 安東 宣善, 小林 延久, 岡山 祐孝, 「安心・安全・快適・便利」な生活を支える IT  
利活用への取り組み, 日立評論 2005.11 Vol.87 No.11
- [10]鈴木 慎一郎, 家電が変わる!暮らしが変わる!, Hitachi Cable News Vol.353  
<http://www.hitachi-cable.co.jp/hc-news.htm>
- [11] 井垣 宏, 吉村 悠平, ホームネットワークシステムにおけるサービス競合の動的検出・解消シ  
ステムの設計と実装, 神戸大学 社団法人 電子情報通信学会
- [12]齋藤 孝基, 濱口 和洋, 平田 宏一, はじめて学ぶ熱力学, 東京 オーム社
- [13]鈴木立之, 応用熱力学, 東京 産業図書
- [14]Yunus A.Çengel, Michael A.Boles, 浅見敏彦, 図説応用熱力学, 東京 オーム社
- [15]佐藤俊, 国友孟, 大学講義熱力学, 東京 丸善

# 付録

## コタツの電力消費シュミレーションの プログラムソース①

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main(void){
    int mx,mn,s,f,y;
    float h1,h2,b,g,l1,l2,m,c,r,t0,a1,a2,n1,n2,e,w,x,ll1,ll2,ll3,lll1,lll2,lll3;
    double z1,z2,t1,q1,q2,q3,q4,v,d1,d2,nu16,nn,na,nb,nc,nu1,nu2,pr,tx,qn,wh;

    w = 1000;
    mx = 50;
    mn = 40;
    t0 = 15;
    t1 = 15;
    h1 = 0.046;
    h2 = 0.069;
    l1 = 1;
    l2 = 1;
    ll1 = 2;
    ll2 = 2;
    ll3 = 2;
    lll1 = 1;
    lll2 = 1;
    lll3 = 1;
    pr = 0.71;
    v = 0.00001502;
    g = 9.8;
    a1 = 1;
    a2 = 273;
    q4 = 0;
    x = 0;
    y = 0;

    b = a1 / (t0 + a2);
    n1 = ll1 * ll2 * ll3;
    n2 = lll1 * lll2 * lll3;
    m = (n1 - n2) * 1.2;
    c = m * 0.24 * 1;
    r = c * 10 * 10 * 10 * 4.186;
    printf("時間(分) ¥n");
    scanf("%d",&f);

    for(s=1;s<=f;s++){
        z1 = ll1 * ll1 * ll1 * g * b * (t1 - t0) / (v * v);
        nu1 = z1 * pr;
        nu16 = pow(nu1, 0.16667);
        nn = 0.492 / pr;
        na = pow(nn, 0.5);
```

```

nb = 1 + na;
nc = pow(nb, 0.2963);
d1 = h1 / l11 * (0.825 + 0.387 * nu16 / nc);
q1 = l12 * l13 * d1 * (t1 - t0);

z2 = l12 * l12 * l12 * g * b * (t1 - t0) / (v * v);
nu2 = z2 * pr;
nu16 = pow(nu2, 0.16667);
nn = 0.492 / pr;
na = pow(nn, 0.5);
nb = 1 + na;
nc = pow(nb, 0.2963);
d2 = 1 / ((l12 / h1) + (l13 / h2)) * (0.825 + 0.387 * nu16 / nc);
q2 = l12 * l13 * d2 * (t1 - t0);

q3 = 4 * q1 + q2;

qn = q4;
q4 = w * 60 - q3 * 60 + qn;
tx = (q4 - qn) / r;
t1 = t1 + tx;
if(t1 >= mx){
    t1 = 50;
}
x = x + 1;
printf("%d 分後のこたつ内の温度 %f °C ¥n", s, t1);
printf("こたつ内の熱量 %f ¥n", q4);
printf("こたつが ON の時間 %f 分 ¥n", x);

if(t1 >= mx){
    while(s <= f){
        s = s + 1;
        z1 = l11 * l11 * l11 * g * b * (t1 - t0) / (v * v);
        nu1 = z1 * pr;
        nu16 = pow(nu1, 0.16667);
        nn = 0.492 / pr;
        na = pow(nn, 0.5);
        nb = 1 + na;
        nc = pow(nb, 0.2963);
        d1 = h1 / l11 * (0.825 + 0.387 * nu16 / nc);
        q1 = l12 * l13 * d1 * (t1 - t0);

        z2 = l12 * l12 * l12 * g * b * (t1 - t0) / (v * v);
        nu2 = z2 * pr;
        nu16 = pow(nu2, 0.16667);
        nn = 0.492 / pr;
        na = pow(nn, 0.5);
        nb = 1 + na;
        nc = pow(nb, 0.2963);
        d2 = 1 / ((l12 / h1) + (l13 / h2)) * (0.825 + 0.387 * nu16 / nc);
        q2 = l12 * l13 * d2 * (t1 - t0);

        q3 = 4 * q1 + q2;

```

```

    qn = q4;
    q4 = q4 - q3 * 60;
    tx = (q4 - qn) / r;
    t1 = t1 + tx;
    if(t1<=mn){
        t1 = 40;
    }
    y = y + 1;
    printf("%d 分後のこたつ内の温度 %f℃ ¥n", s,t1);
    printf("こたつ内の熱量 %f ¥n",q4);
    printf("こたつが OFF の時間 %d 分 ¥n", y);
    if(t1<=mn){
        break;
    }
}
}
}
wh = w * (x / 60);
e = w /1000 * (x / 60) * 22;
printf("消費電力 %f kwh ¥n",wh);
printf("電気代 %f 円 ¥n",e);
return 0;
}

```

## コタツの電力消費シュミレーションの プログラムソース②

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main(void){
    int mx,mn,s,f,y;
    float h1,h2,b,g,l1,l2,m,c,r,t0,a1,a2,n1,n2,e,w,x,ll1,ll2,ll3,lll1,lll2,lll3,t1,q4;
    double z1,z2,q1,q2,q3,v,d1,d2,nu16,nn,na,nb,nc,nu1,nu2,pr,tx,qn,wh;

    w = 1000;
    mx = 50;
    mn = 40;
    t0 = 15;
    h1 = 0.046;
    h2 = 0.069;
    l1 = 1;
    l2 = 1;
    ll1 = 2;
    ll2 = 2;
    ll3 = 2;
    lll1 = 1;
    lll2 = 1;
    lll3 = 1;
    pr = 0.71;
    v = 0.00001502;
    g = 9.8;
    a1 = 1;

```

```

a2 = 273;
x = 0;
y = 0;

b = a1 / (t0 + a2);
n1 = l11 * l12 * l13;
n2 = l111 * l112 * l113;
m = (n1 - n2) * 1.2;
c = m * 0.24 * 1;
r = c * 10 * 10 * 10 * 4.186;
printf("時間(分) ¥n");
scanf("%d",&f);
printf("熱量 ¥n");
scanf("%f",&q4);
printf("温度 ¥n");
scanf("%f",&t1);
for(s=1;s<=f;s++){
    z1 = l11 * l11 * l11 * g * b * (t1 - t0) / (v * v);
    nu1 = z1 * pr;
    nu16 = pow(nu1, 0.16667);
    nn = 0.492 / pr;
    na = pow(nn, 0.5);
    nb = 1 + na;
    nc = pow(nb, 0.2963);
    d1 = h1 / l11 * (0.825 + 0.387 * nu16 / nc);
    q1 = l12 * l13 * d1 * (t1 - t0) ;

    z2 = l12 * l12 * l12 * g * b * (t1 - t0) / (v * v);
    nu2 = z2 * pr;
    nu16 = pow(nu2, 0.16667);
    nn = 0.492 / pr;
    na = pow(nn, 0.5);
    nb = 1 + na;
    nc = pow(nb, 0.2963);
    d2 = 1 / ((l12 / h1) + (l13 / h2)) * (0.825 + 0.387 * nu16 / nc);
    q2 = l12 * l13 * d2 * (t1 - t0) ;

    q3 = 4 * q1 + q2;

    qn = q4;
    q4 = w * 60 - q3 * 60 + qn;
    tx = (q4 - qn) / r;
    t1 = t1 + tx;
    if(t1>=mx){
        t1 = 50;
    }
    x = x + 1;
    printf("%d 分後のこたつ内の温度 %f °C ¥n",s,t1);
    printf("こたつ内の熱量 %f ¥n",q4);
    printf("こたつが ON の時間 %f 分 ¥n", x);

    if(t1>=mx){
        while(s<=f){
            s = s + 1;

```

```

z1 = ll1 * ll1 * ll1 * g * b * (t1 - t0) / (v * v);
nu1 = z1 * pr;
nu16 = pow(nu1, 0.16667);
nn = 0.492 / pr;
na = pow(nn, 0.5);
nb = 1 + na;
nc = pow(nb, 0.2963);
d1 = h1 / ll1 * (0.825 + 0.387 * nu16 / nc);
q1 = ll2 * ll3 * d1 * (t1 - t0) ;

z2 = ll2 * ll2 * ll2 * g * b * (t1 - t0) / (v * v);
nu2 = z2 * pr;
nu16 = pow(nu2, 0.16667);
nn = 0.492 / pr;
na = pow(nn, 0.5);
nb = 1 + na;
nc = pow(nb, 0.2963);
d2 = 1 / ((ll2 / h1) + (ll3 / h2)) * (0.825 + 0.387 * nu16 / nc);
q2 = ll2 * ll3 * d2 * (t1 - t0) ;

q3 = 4 * q1 + q2;

qn = q4;
q4 = q4 - q3 * 60;
tx = (q4 - qn) / r;
t1 = t1 + tx;
if(t1 <= mn){
    t1 = 40;
}
y = y + 1;
printf("%d 分後のこたつ内の温度 %f℃ ¥n", s,t1);
printf("こたつ内の熱量 %f ¥n",q4);
printf("こたつが OFF の時間 %d 分 ¥n", y);
if(t1 <= mn){
    break;
}
}
}
wh = w * (x / 60);
e = w / 1000 * (x / 60) * 22;
printf("消費電力 %f kwh ¥n",wh);
printf("電気代 %f 円 ¥n",e);
return 0;
}

```

## テレビの電力消費シュミレーションの プログラムソース

```

#include<stdio.h>
#include<math.h>

int main(void){

```



```

float w,t,a,b;

w = 150;
printf("時間(分) ¥n");
scanf("%f",&t);

a = w / 1000 * (t / 60) * 22;
b = w * (t / 60);
printf("電気代 %f 円 ¥n",a);
printf("消費電力 %f wh ¥n", b);
return 0;
}

```

## 家電の電力消費シュミレーションの プログラムソース

```

#include<stdio.h>
#include<math.h>

int main(void){
    float w,t,a,b;

    printf("家電の電力 ¥n");
    scanf("%f",&w);
    printf("時間(分) ¥n");
    scanf("%f",&t);

    a = w / 1000 * (t / 60) * 22;
    b = w * (t / 60);
    printf("電気代 %f 円 ¥n",a);
    printf("消費電力 %f wh ¥n", b);
    return 0;
}

```