

スマートタップ型生活見守りシステム構築に 最適な家電の検討及び調査

高林 優稀^{†1} 長瀬 滯生^{†1} 一色 正男^{†1} 安部 恵一^{†1}

概要: スマートタップで計測した家電の電力情報により人の行動を推定して、ICTを用いて生活を見守る研究及び技術は存在するが、スマートタップにどの家電を使用するのが最適かは明確になっていない課題がある。

そこで、我々はスマートタップ型生活見守りシステム (Life Watching system using the Smart Tap: LWST) に最適な家電は何かを明らかにするため検討を行った。

各種家電の消費電力をスマートタップで測定した結果、およそ家電を3つに分類できた。そのなかで人が家電を操作したことが直接消費電力波形の変化より判断できる家電をLWSTに適した家電であることが判った。さらに、本学内で実施したアンケート調査ではLWSTに適した家電に分類されるテレビが一般家庭で多く使用されていることが確認できた。

キーワード: スマートタップ, スマートメータ, 生活見守りシステム, 消費電力量

Analyses and Research of Optimal Consumer Electronics for Building of Life Watching System by the Smart Tap

YUKI TAKABAYASHI^{†1} REO NAGASE^{†1}
MASAO ISSHIKI^{†1} KEIICHI ABE^{†1}

Abstract: There are research and techniques to estimate people's behavior from smart tap electric power information measured by smart tap, and to watch living using ICT, but there is a problem that it is not clear which consumer electronics to use best for smart taps. Therefore, we studied to find out what appliances are optimal for the Smart Tap type of watching system (LWST).

As a result of measuring the power consumption of various household appliances with smart taps, it was possible to classify appliances into three categories. Among them, it turned out that household appliances suitable for LWST are household appliances that can be judged from a change in direct power consumption waveform that a person operated the appliances. Furthermore, in the questionnaire conducted in our university, we confirmed that televisions classified as household appliances suitable for LWST are widely used in general households.

Keywords: Smart Tap, Smart Meter, Life Watching System, Power consumption

1. はじめに

一人暮らしの高齢者の生活状況や安否を離れて暮らす家族や遠方の親戚が把握するシステムとして生活見守りシステムが存在する。高齢者は毎年増加の一途をたどっており[1]、高齢者の増加に伴い宅内での事故の増加や独居高齢者の孤独死により、今後この生活見守りシステムは必要になると考えられる。

センサや機器等による高齢者の見守りや安否確認サービスを実施している企業があり[2]、電力使用量を用いた見守りサービスがある。家庭内で消費された電力を取得する方法の一つとしてスマートメータがある。スマートメータは通信機能を搭載した電力メータであり、遠隔による検針及び今後増加する再生可能エネルギーによる発電の増加に伴う電力品質維持を制御する目的で電力会社を中心に一般

家庭の設置を進めており、例えば東京電力の管轄エリアでは2020年までに全て利用者宅(約2700万台)の設置を進めている[3]。先行研究として、このスマートメータから取得した消費電力量の波形から人の行動を推定する研究があるが[4]、スマートメータの他にスマートタップを使ったものがある[5],[6],[7]。スマートタップとは、無線通信機能と電力測定機能を搭載した電源タップである。消費電力を取得したい家電のコンセントと家庭用ACコンセントの間にスマートタップを介在するだけで、その家電の消費電力を測定し、無線通信で上位PCへ測定結果を送り届けるものである。またデータ収集の上位PCのアプリケーション上で家電の消費電力などの見える化を行い、利用者に対して節電を促すシステムとなっている。スマートタップで電力の見える化システムを構築する場合、設置工事、既存家電の改造、新規での家電の買い替えなどは一切不要であるため導入コストを安価にでき、また素人でも簡単に設置できるなど多くの利点がある[8]。

^{†1} 神奈川工科大学 創造工学部 ホームエレクトロニクス開発学
Department of Home Electronics, Faculty of Creative Engineering,
Kanagawa Institute of Technology.

本稿ではこのスマートタップで取得した家電の消費電力量から人の行動を把握する生活見守りシステムに着目した。本稿ではこのスマートタップを活用した生活見守りシステムを「スマートタップ型生活見守りシステム(Life Watching System by The Smart Tap.）」と呼び、以下 LWST とする。この LWST はすでに市販されているが[9]、いくつかの課題が存在する。大きな課題としてはスマートタップを生活見守りとして活用する場合、スマートタップに取り付ける家電としてどの家電が最適であるかなどは明確になっておらず、素人では十分に扱えないものとなっている。

そこで、本研究では、この課題を解決するため LWST に最適な家電について調査及び検討を行った。

本稿での、第 2 章では関連研究と課題について述べ、第 3 章で LWST の概要を示す。第 4 章ではスマートタップによる各家電の消費電力量の測定として、測定方法と測定結果について述べ、まとめを第 5 章で述べる。第 6 章では本学で実施した家電の使用頻度に関するアンケートについて述べる。第 7 章では最適な家電を用いた行動推定の考察について述べ、第 8 章で結論を述べる。第 9 章で今後の展開を述べる。

2. 先行研究

先行研究として、人感センサやドアの開閉を感知するセンサを使用した生活見守りが存在するが、センサによる生活見守りは、センサ等により常時監視されているという心理的ストレスを感じやすいなどの課題がある[10]。また、カメラを使用した生活見守りシステムは、カメラの設置箇所によっては利用者が心理的ストレスを感じ、プライバシーの侵害に繋がるなど課題がある[10]。

スマートメータから得られた宅内全体の消費電力量の情報を詳細に分析すると、生活パターンだけでなく、世帯人数や起床・就寝時間、食事の時間帯など詳細を把握できるため、一般的に個人情報よりもプライバシーの問題になるとの報告がある[11]。これを逆手にとれば生活見守りとして活用できることを意味しており、実際に電力会社などではスマートメータを使った見守りサービスも検討されている[12]。

スマートメータから取得した消費電力の波形やセンサ情報などを使用し、人の行動を推定する研究がある[13],[14]。しかし、スマートメータで取得された消費電力波形は NISTIR7628 の Guidelines for Smart Grid Cyber Security: Vol.2, Privacy and the Smart Grid[10]に掲載されている Power Usage to Personal Activity Mapping に示すように、家庭で消費された電力の累積値である。消費電力が変化している部分として「冷蔵庫、湯沸かし器、トースター、洗濯機、Hob heaters, オープン」によるものであると記載されている。しかし、素人にとって取得した消費電力波形だけを見てもどの家電がいつ使用されたのか判別は困難であ

り、事前にこれら家電の動作波形が分かっていないと判別はできない。それに対してスマートタップで取得された消費電力波形は、どの家電の消費電力であるが見当がつく。よって事前に各家電の消費電力波形情報が判っていればどの家電がどの時間帯に使用されたのか判別できるため、スマートタップを使用した方が消費電力から人の行動を推定しやすいため有効であると考えられる。

スマートタップから取得した宅内の機器などの消費電力量から人の行動を把握及び推定する研究は多く存在するが[5],[6],[7]、人の行動を把握及び推定するためにどの家電に設置した方が有効的であるかは明確になっておらず、また研究及び調査報告も存在しない。

ところで LWST の先行技術として、「見守りコンセント WiFi-Plug」[9]が市販されているが、上記で述べたように大きな課題としては、生活見守りとして活用する場合にスマートタップに取り付ける家電としてどの家電が最適であるか明確になっていないため専門知識を有しない素人では十分に扱えないものとなっている。

そこで、本研究ではこの課題を解決するために LWST に最適な家電について検討及び調査を行なった。

3. LWST の概要

図 1 に想定した LWST を示す。独居高齢者や学生、一般家庭などを対象に LWST を想定した。スマートタップに接続された各種家電の消費電力を測定し、そのデータを無線通信により周期的にインターネットサーバーへ送信し保存する。遠方で暮らす家族や親戚は、インターネット上で測定データの確認ができる。また、測定データからインターネット上（またはスマートタップ上）で「電源を ON/OFF した時間」や「電源が ON(または OFF)になっている時間」などの安否情報を作成し、遠方で暮らす家族や親戚へその安否情報を電子メールとして送信するシステムを想定した。

ところで、心臓停止、呼吸停止、多量出血などの緊急事態における、経過時間と死亡率の関係を表したカラー救命曲線が存在する[15]。あくまでも大まかな目安として用いられ、「心臓停止後約 3 分後、呼吸停止約 10 分後、多量出血後 30 分後」の死亡率は 50%であるとされる。このような緊急事態に迅速に対応するには、家電の消費電力情報だけでなく心電心拍や生体センサなどの情報も必要となる。

本稿で想定している LWST は、消費電力情報のみを用いたもので、緊急事態に迅速に対応することは困難であると考えられ、LWST で使用する消費電力情報は、1 日の行動（起床、外出、帰宅、就寝）の時間をある程度推定でき、安否確認として「今日も 1 日元気に活動している」ことが判ればよいので、1 時間ごとの累積消費電力量を用いることが有効的であると考えられる。また、孤独死の発見までの日数が平均 20 日であることから[16]、孤独死の発見が遅れることなく十分に早く発見ができるシステムを想定した。

スマートタップは、測定したい家電と家庭用コンセントの間に介在させるだけで、一切既存家電を改変せずに家電の電力消費量の見える化を実現できるため、素人でも見える化システムの構築が容易であり、新規での設置工事費用が安価になる利点がある。また、ネットワーク構築において制約がなく任意の手法でデータ取得できるのも魅力の一つである。

今回は、図1に我々が想定したLWSTの概要を示す。我々が想定したLWSTではスマートタップより取得した電力情報をインターネットサーバーである上位PCに届ける。次にインターネットサーバーで蓄積した電力情報を、遠方の家族及び親戚が使用しているPCにグラフ表示などを行うことで独居生活している高齢者及び学生などの見守りを行うシステムを想定した。

遠方の家族及び親戚が使用するアプリケーションは独自に開発を行わなくても今回使用したスマートタップでは市販のスマートタップの専用アプリケーション[17]が用意されている。今回本システムの評価方法には、このアプリケーションにより取得した各家電の消費電力量情報とカメラなどで記録した動画を正解データとして比較し、人の行動がどの程度一致しているかを評価した。

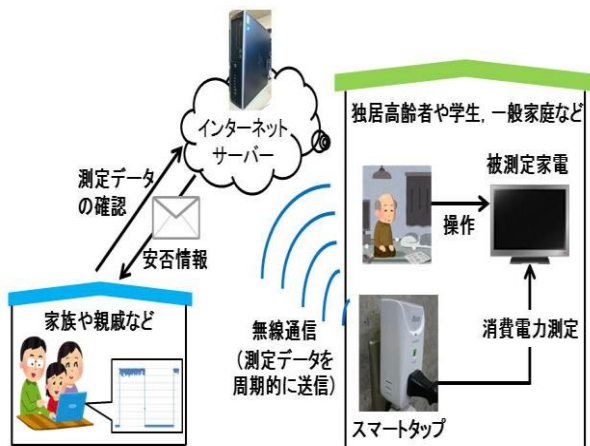


図1 想定したLWST

4. スマートタップによる各家電の消費電力量の測定

4.1 測定方法

図2より各種家電の消費電力量をスマートタップで測定し、人の操作が消費電力量の波形の変化量と一致しているかをWebカメラによる被測定家電の使用状況の録画データ(若しくは手書きによる記録データ)と、スマートタップから取得した消費電力量情報と比較することでLWSTに最適な家電を評価した(図3)。被測定家電の電力測定には、市販の「Bluetooth ワットチェッカー」というスマートタップを使用し、専用アプリケーションには付属の「BTWATTCH」を用いた[17]。被測定家電は経済産業省資

源エネルギー庁の報告[18]による家庭部門機器別電気使用量の多いとされる冷蔵庫とテレビを選出した。また、その他に電子レンジ、電気ポット、電気ケトル、Blu-rayレコーダー(以下BDレコーダーと呼ぶ)、炊飯器、ノートパソコン、デスクトップパソコン(以下パソコンはPCとする)、モニター、卓上照明を選出した。エアコンや扇風機、暖房機器などは一定の季節しか使用しない家電のため、今回は被測定家電から外すことにした。また天井照明(シーリングライト)については、スマートタップ(Bluetooth ワットチェッカー)の取付けが困難なため、今回は被測定家電から外すことにした。

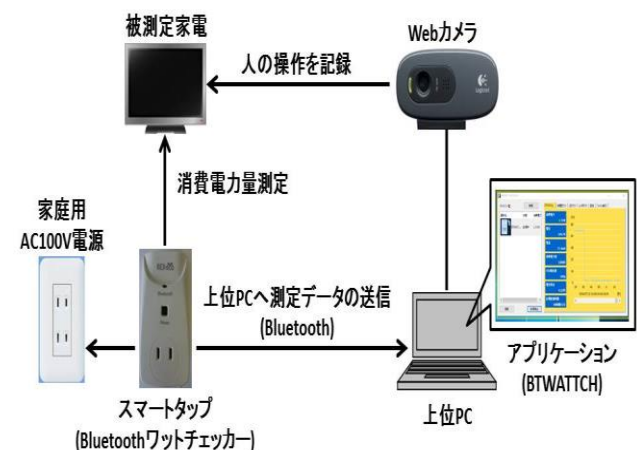


図2 スマートタップによる消費電力量測定の概要



図3 被測定家電の消費電力量の測定風景

4.2 各家電の消費電力量の測定結果

「冷蔵庫、テレビ、電気ポット、BDレコーダー、洗濯機、ノートPC、炊飯器、電子レンジ」の家電についての評価結果を示す。図4～図9、図11の消費電力量のグラフについて、縦軸は消費電力量 [Wh]で、横軸は時間 [分]で、横軸のメモリは60分刻みとなっている。図10の横軸メモリのみ10分刻みとなっている。

ワットチェッカー専用アプリケーション「BTWATTCH」を使って、1分ごとの累積消費電力量の波形を求めた。

(1) 冷蔵庫 (型式 MR-P15W/三菱電機) の測定結果

図4に冷蔵庫の消費電力量波形を示す。図4に示す冷蔵庫の消費電力量の波形は、冷蔵庫内のコンプレッサーがフィードバック制御によってON/OFFを繰り返すことでほぼ周期的な波形となっている。消費電力量は、コンプレッサーがONとき1.6Wh前後のノイズのようなシャープ状波形が発生し、安定すると約1Whに落ち着き、コンプレッサーがOFFのときは約0Whとなる。図4より、コンプレッサーの動作時間は、1「36分～54分間ONとなった後、1分間OFFとなり、その後すぐに101分～113分間ON」、2「51分～67分間のONと、15分～24分間のOFFを繰り返す」の2パターンあることが確認できた。1と2の動作時間の合計は983分(約16時間)であったため、約16時間周期で1と2の動作を繰り返すと考えられる。冷蔵庫のドアの開け閉めは、消費電力量の変化として現れないことが確認された。冷蔵庫は人の操作と消費電力量の変化に相関性がないことを確認した。

(2) テレビ (型式 LC-24K7/SHARP) の測定結果

図5にテレビの消費電力量波形を示す。図5に示すテレビの消費電力量の波形はテレビの電源のON/OFF操作が消費電力量の変化として顕著に現れるのが判る。電源OFF時の消費電力量は0Whとなり、電源をONにすると瞬時に0.4Whまで変化する。チャンネル変更などのボタン操作は消費電力量の変化として現れなかった。テレビは、人の操作(電源のON/OFF)と消費電力量の変化に相関性があることを確認した。

(3) 電気ポット (型式 CV-TW22/象印) の測定結果

図6に電気ポットの消費電力量波形を示す。図6より、電気ポットの消費電力量の波形は、非周期的な変化をしており、電熱装置がONのときに消費電力量が変化していることが確認できた。電源のONと給水などを行った場合だけ電気ポットの消費電力量が大きく変化する。このときの消費電力量の変化は人の行動と相関性が見られる。電熱装置がONとなると消費電力量は瞬時に15Whまで変化し、沸騰後に90℃保温モードになると非周期的に0Whから1Whの変化が確認できる。電気ポットの「給湯ボタン」の操作は消費電力量の変化として確認できなかったが、電源のONや給水などは人の操作と消費電力量波形の変化に相関性があることを確認した。

(4) BDレコーダー (型式 BD-W510/SHARP) の測定結果

図7にBDレコーダーの消費電力量波形を示す。図7より、BDレコーダーの消費電力量の波形は、非周期的な変化をしているが、電源のON/OFFが人によるものなのか機械によるものなのかが、消費電力量の変化からでは判別できないのが特徴的である。また、消費電力量は、電源ON時は0.36Whで電源OFF時は0.3Whと変化量が非常に小さい。自動録画による電源のONと人による電源のONの消費電力量の変化は、どちらも0.36Whであり数値的变化

からでも判断が困難である。電源OFF時の消費電力量が0Whではなく0.3Whであるのは、BD-W510の機能である「一発起動」によって待機モードとなっているからである。BDレコーダーは人が操作(電源のON/OFF)と消費電力量の変化に相関性は確認できたが、機械自身の操作と判別が困難であると考えられる。

(5) 洗濯機 (型式 AW-42ML/TOSHIBA) の測定結果

図8に洗濯機の消費電力量波形を示す。図8は、標準コースで洗濯を2回行ったときの波形である。標準コースは「洗い」、「ためすぎ2回」、「脱水」の3つ工程があり、所要時間は、「洗い」は約15分、「脱水」は約5分、全体で約38～48分となっている(洗濯物の量によって所要時間は変化する)。洗濯機は電源ONした後に「スタート」ボタンを押すことによって洗濯が開始される。電源のONと「スタート」はどちらも人による操作であり、洗濯が開始すると消費電力量が0[Wh]から大きく変化しているのが判る。洗濯スタート後は消費電力量が変化しているのは機械自身で決められた制御を逐次行なっているためである。人がスタートボタン押し操作あるいは電源ON操作した場合は消費電力波形に大きく変化するため、この2つの操作については人の操作と消費電力量の変化に相関性があると判断できるが、洗濯開始後に一連の動作が終了するまでの期間は機械自身の処理によって行われるため、この期間は人の操作との相関性は無いと考えられる。

(6) ノートPC (型式 CF-SX2BDUTC/Panasonic) の測定結果

図9にノートパソコンの消費電力量波形を示す。図9より、ノートPCの消費電力量の波形は電源のON/OFFが消費電力量の変化として顕著に表れているのが判る、電源ONのときパソコン上で起動しているアプリケーションなどによって消費電力量が変化するのが特徴的である。消費電力量は、電源ON時に0.9Whまで変化し、その後電源がOFFになるまで非周期的動作をしていることが判る。パソコン上での作業が消費電力量の変化として表れているが、アプリケーションによっては人が操作しなくても自動で起動や処理などを行なうものもあるため、人による操作か機械による操作か判断が難しい。そのため、人が操作を行ったのが不明確な部分がある。しかし、電源のON/OFFが消費電力量の変化として顕著に表れているため、パソコンの起動及び停止だけをみればスマートタップ型生活見守りシステムに適しているといえる。

(7) 炊飯器 (型式 KS-C5F/SHARP) の測定結果

図10に炊飯器の消費電力量波形を示す。図10より、炊飯器の消費電力量波形は、電源のONが人によるものなのか機械によるものなのかが、消費電力量の変化からでは判別できないのが特徴的である。保温のOFFは手動であるため、炊き上がりが終了後は自動で保温状態となる。図10よりタイマーと手動で消費電力量の大きさや変化が異なる

のは、炊飯量の違いによるものであり、タイマーの方は 1 合炊き、手動の方は 3 合炊きであることが判った。炊飯器は人が操作（電源の ON/OFF）と消費電力量の変化に相関性は確認できたが、機械自身の操作と判別が困難であると考えられる。

(8) 電子レンジ（型式 RE-S204/SHARP）の測定結果

図 11 に電子レンジの消費電力量波形を示す。図 11 より、電子レンジの消費電力量波形は、電源 ON をしたことが顕著に判る波形となっているが、加熱が終了すると電子レンジ自身で自動 OFF するため、電源 OFF の時間は加熱時間に依存することが判った。電子レンジは、電源 ON 操作した場合は消費電力波形に大きく変化するため、人の操作と消費電力量の変化に相関性があると判断できるが、加熱開始から動作が終了するまでの期間は機械自身の処理によって行われるため、この期間は人の操作との相関性は無いと考えられる。

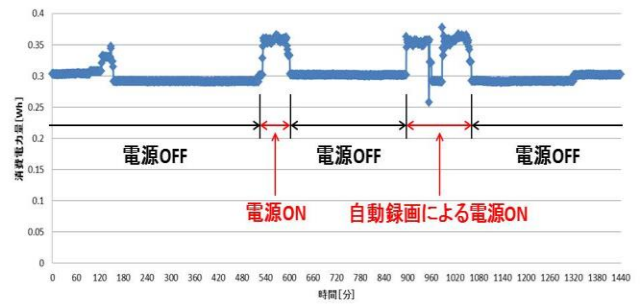


図 7 BD レコーダーの消費電力量波形

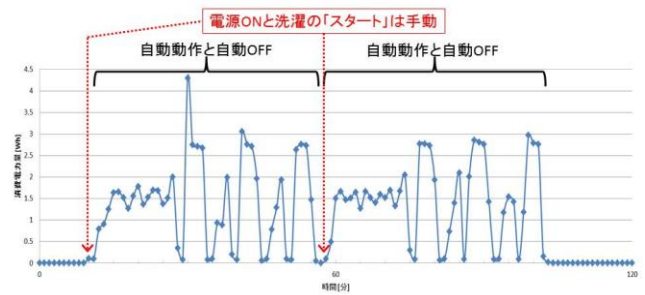


図 8 洗濯機の消費電力量波形

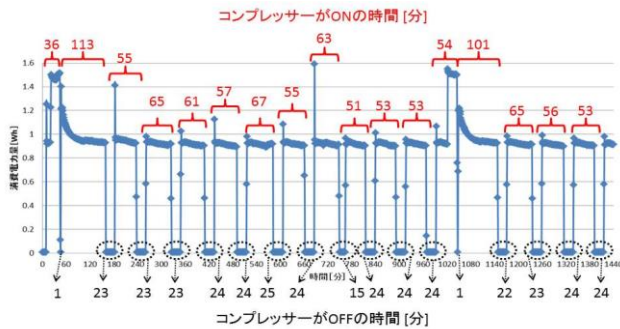


図 4 冷蔵庫の消費電力量波形

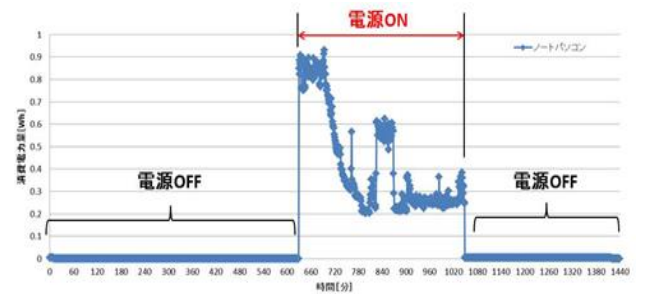


図 9 ノート PC の消費電力量波形

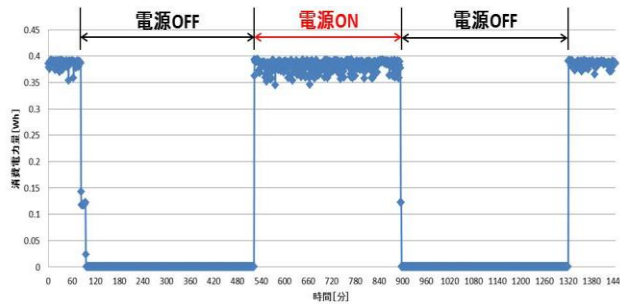


図 5 テレビの消費電力量波形

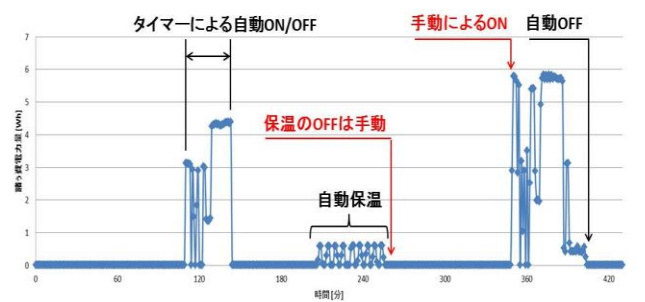


図 10 炊飯器の消費電力量波形

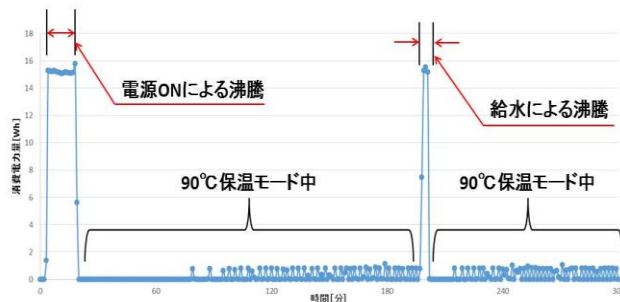


図 6 電気ポットの消費電力量波形

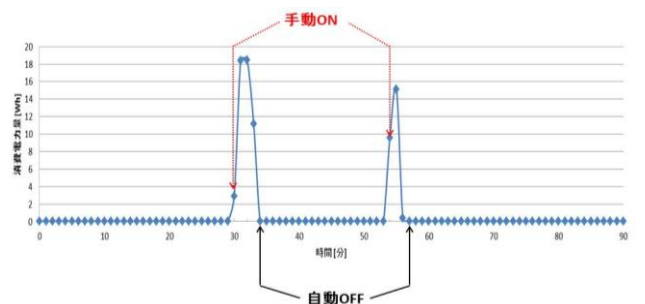


図 11 電子レンジの消費電力量波形

4.3 考察

第 4.2 節の実験結果より本研究では各種家電の動作を 4 つに分類できると考え、次のように家電を動作別に A~D の 4 つに分類した。A 分類は「人の操作によって電源の ON/OFF の 2 つの状態が分かる家電」、B 分類は「人が電源 ON あるいは開始操作の場合しか分からない家電」、C 分類は「タイマーなどにより人の操作か機械自身の操作か判別できない家電」、D 分類は「人の操作状況が全く判別できない家電」である。

表 1 に A~D の 4 つに分類した被測定家電を示す。「テレビ、モニター、卓上照明、ドライヤー、ノート PC、デスクトップ PC」は消費電力量波形から、人が電源を ON/OFF したことやその時間も判る家電であるため分類 A とした。「電気ケトル、電子レンジ、洗濯機、電気ポット」は、消費電力量波形から人が電源 ON 操作あるいはスタート操作したことは判るが、スタート後は機械自身が決められた手順に従って処理を行い最後まででは機械自身が自動で行うため、これらの家電は分類 B とした。

次に「BD レコーダー、炊飯器」は、自動録画機能及びタイマー機能によって機械自身で電源を勝手に ON/OFF するため、取得した消費電力量波形からでは人の操作によるものか機械自身によるものなのか判別できないため、これらの家電は分類 C とした。コンセント等による電源 ON/OFF 以外「冷蔵庫」は全く消費電力量波形から人が操作、例えばドアの開け閉め操作、温度設定変更操作などを判断することは困難であるため分類 D とした。表 1 より、「LWST に適しているか」の項目は、分類 A の家電は電源の ON/OFF が判断できるため「○」とし、分類 B は電源 ON/OFF どちらか一方を判断できるため「△」としている。分類 C は人の操作か機械自身の操作か判断できず、分類 D は人の操作が全く判断できないため、どちらも「×」とした。

表 1 被測定家電の分類分け

分類	被測定家電	LWST 適合の可否
A	テレビ, モニター, 卓上照明 ドライヤー, ノート PC デスクトップ PC	○
B	電気ケトル, 電子レンジ 洗濯機, 電気ポット	△
C	BD レコーダー, 炊飯器	×
D	冷蔵庫	×

5. 家電の使用頻度に関するアンケート調査

5.1 アンケートの調査方法

第 4.3 節の考察より、LWST に適した家電は分類 A 「人の操作状況が判断できる家電」の家電であり、その中で最

もテレビが最適であると考えた。しかし、現代では若者を中心としてスマートフォンの普及や大手動画サイトの視聴率の増加により必ずしもテレビが最適とは限らないと考えられ、年代別に宅内で 1 日 1 回以上必ず使用している家電（以下、1 日 1 回以上使用する家電）について問うアンケートを実施した。表 2 に実施したアンケートの内容を示す。

表 2 家電の使用頻度に関するアンケートの内容

設問	回答項目
1 性別	男性, 女性
2 年代	10 代, 20 代, 30 代, 40 代 50 代, 60 代, 70 代, 80 代 80 代以上
3 現在 1 人暮であるか	はい, いいえ
4 1 日に 1 回以上必ず使用する家電 ※複数選択あり	テレビ, 電子レンジ, 電気ポット, 炊飯器, 掃除機 電気ケトル, 冷蔵庫 洗濯機, ドライヤー ノート PC, モニター デスクトップ PC 空気清浄機, 卓上照明 トースター, 食器洗浄機, レコーダー, その他
5 4 の質問でテレビを選択しなかった理由	1 テレビを持っていない 2 スマホ, PC 等で動画サイトを利用しているため 3 その他
6 4 の質問でパソコン（ノート、デスクトップ）を選択した方でパソコンを使用していないときのパソコンの状態について	1 完全に電源を落とす 2 スリープモードなどの待機状態にしている 3 その他

5.2 アンケートの実施結果

今回実施したアンケートでは神奈川工科大学の学生を含む 10 代~70 代の合計 200 人の回答を得た。図 12 に設問 4 の「1 日 1 回以上使用する家電」の得票数を示し、図 13 に「1 日 1 回以上使用する家電でテレビを選択した人」と「テレビを選択しなかった人」の割合を示す。図 14 に設問 5「テレビを選択しなかった人が 1 日 1 回以上使用する家電」の得票数を示す。また「1 日 1 回以上使用する家電」について男女別のアンケート結果をそれぞれ図 15 と図 16 に示す。

図 12 に示すように「1 日 1 回以上使用する家電」での割合として多かったのは、第一位テレビ(153 票)、第二位冷蔵庫(152 票)、第三位ドライヤー(108 票)、第四位電子レンジ(85 票)、第五位炊飯器(70 票)であった。図 12 に示すようにテレビは 153 票で冷蔵庫の 152 票と比べるとテレビが 1 票

多い結果となった。また図 13 より全体で 76.5%の人が 1 日 1 回以上テレビを使用しているという結果となった。第 4 章のスマートタップによる家電の消費電力測定結果の考察よりテレビは分類 A に属する家電であり、かつアンケート結果でも一番投票数の多いため、家電のなかでテレビは一般的に LWST に最も適した家電と考えられる。一方の冷蔵庫は二番目に得票数が多いが分類 C に属する家電であるため、LWST に適した家電でないといえる。次に得票数第三番目のドライヤーは分類 A に属するため LWST に適した家電と判断できる。従って、普段毎日使用する家電で、かつ本研究で考察した分類 A と分類 B に属する家電であれば LWST に適合していると考えられる。

一方、図 13 の結果でテレビは 23.5%の人が 1 日 1 回以上使用しないと回答している。図 14 の「テレビを使用しない人が 1 日 1 回以上使用する家電」の回答では、冷蔵庫(29 票)、ドライヤー(29 票)、ノートパソコン(12 票)、洗濯機(8 票)、電子レンジの順に得票数が多くなる結果となった。

冷蔵庫とドライヤーが同 1 位であるが、冷蔵庫は分類 D に属するため LWST に適さない。よって、アンケート結果の範疇で考えるとテレビを使用しない人が LWST を使う場合はドライヤー、ノートパソコンなどにスマートタップを設置した方が有効的だと考えられる。

図 15 と図 16 の男女のアンケート結果をまとめると、図 15 示すよう男性 (128 人) で得票数が多い家電 1 位はテレビ (97 票)、2 位はドライヤー(49 票)、3 位はノートパソコン(48 票)、4 位は電子レンジ(45%), 5 位は洗濯機(36 票)であった。図 16 より女性 (72 人) で票数が多い家電 1 位はドライヤー(64 票)、2 位はテレビ(56 票)、3 位は電子レンジ(40 票)、4 位は洗濯機(30 票)、5 位はノートパソコン(15 票)であった。従って、「1 日 1 回以上使用する家電」の設問に対して男女で異なることが判る。

5.3 アンケート調査結果の考察

図 11 のアンケート結果より、回答者の 76.5%が 1 日 1 回以上テレビを使用すると回答しているため、やはり LWST に最適な家電はテレビであると考えられる。しかし、残りの 23.5%の人はテレビを 1 日 1 回以上使用していないため、テレビに限らず分類 A の家電も最適な家電として LWST に用いることが有効的であると考えられる。

また、1 日 1 回以上使用する家電について複数回答をした人が多く、テレビのみではなく「テレビ+分類 A の家電」など分類 A の家電を 2 つ以上用いた LWST が有効的であるかを検討が必要である。

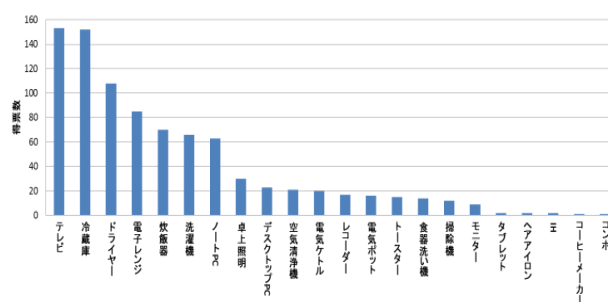


図 12 1 日 1 回以上使用する家電の割合

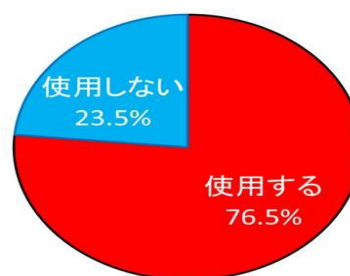


図 13 1 日 1 回以上テレビを使用する人の割合

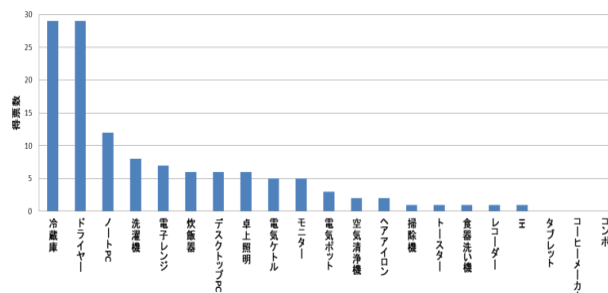


図 14 テレビを使用しない人が 1 日 1 回以上使用する家電の割合

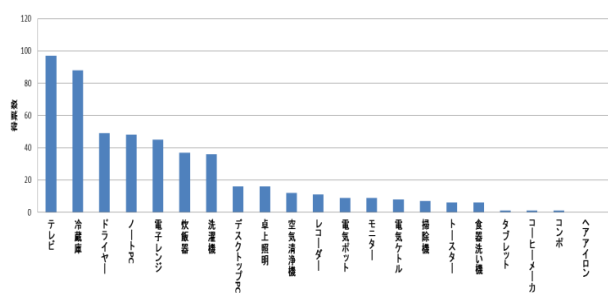


図 15 1 日 1 回以上使用する家電 (男性) の割合

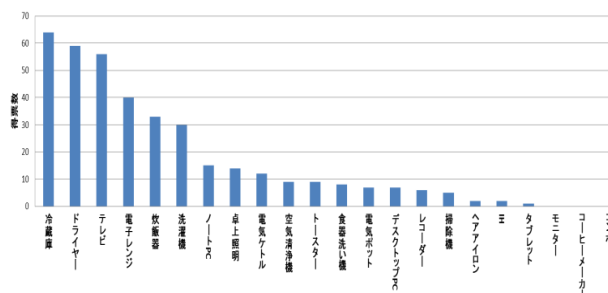


図 16 1 日 1 回以上使用する家電 (女性) の割合

6. 最適家電による人の行動推定の評価

4章のスマートタップによる各家電の消費電力量の測定結果と7章の家電の使用頻度に関するアンケート結果より、LWSTに最適な家電はテレビであり、次にドライヤー、電子レンジであると判った。その他家電としては、洗濯機やノートパソコンであった。

6.1 人の行動推定の評価方法

第5章までの結果よりLWSTに最適な家電を結論づけた。本稿において最適な家電として定義付けたテレビ、ドライヤー、ノートパソコンをピックアップし、これらの家電をスマートタップに設置し、実際の程度人の行動が推定できるか実証実験により評価した。対象は20代の学生3人(以下 case1, case2, case3 とする)として、「起床、外出、帰宅、入浴、就寝、食事」の行動を消費電力量の変化から推定した。事前条件は以下に示す。

- スマートタップを取り付ける家電について、case1は「テレビ」のみ、case2は「テレビ」と「ドライヤー」、case3は「テレビ」と「ドライヤー」と「ノートパソコン」である。
- case1, case2はスマートフォンの無料通話アプリで記録されたデータを正解データとする。case3については紙に記録されたデータを正解データとする。「入浴」の時間の報告はcase2, case3で追加した。
- 推定する行動は「起床、外出、帰宅、入浴、就寝、食事」であるが、「入浴」の時間はドライヤーを取り付けたcase2, case3のみ推定する。「食事」については自宅で食事を取った時間を使用し、外出先での食事は推定しない。
- 学生を対象とするため、「昼型」で推定する。

6.2 評価結果

推定データや正解データをまとめたものを表3に示す。消費電力量波形に正解データ(外出中と睡眠中の時間)を合わせたものをcase別にそれぞれ図17から図19に示す。各図の縦軸は消費電力量 [Wh]で、横軸は時刻 [h] (午前6時から3日後の午前5時まで)となっている。「起床」の時間から「就寝」の時間を1日としている(図17~図19)ため人によって1日の長さが異なっている。

今回使用したスマートタップ[9]の仕様では最小サンプリング時間が1時間毎の消費電力量のデータ取得となっているため、これ以上短いサンプリング時間での測定は不可能であり、制約のあるなかで評価を行った。

人の行動推定時間の求め方は、複数台の家電のうち1台でも消費電力量波形が0 [Wh]から大きく上昇した時間を「起床」として、起床推定後、消費電力量波形が0 [Wh]となったの時間を「外出」した。その後、複数台の家電のうち1台でも消費電力量が0 [Wh]から大きく上昇したら「帰

宅」とする。「入浴」の推定については、ドライヤーの消費電力量が0 [Wh]から大きく上昇した時間とした。「就寝」は、全ての家電の消費電力量が0 [Wh]となった時間とし、階段状に0 [Wh]方向に変化している際は0 [Wh]になる前の時間とした。

表3に本評価で取得した推定データと正解データ(メモ書きの内容)との誤差は、case1では-90分から+90分、Case2では-60分から+50分、case3では-55から+12分の誤差となり、被測定家電の台数を増やしていくと行動推定の時間誤差が小さくなっていくことが評価実験より確認できた。また、誤差の標準偏差についても被測定家電の台数を増やした方が減少傾向となっている(図20)。

次に「食事」の時間については推定は困難であった。しかし、入浴後や朝といった特定の時間で使用されるドライヤーなどの家電にスマートタップを取り付けることによって入浴した時間帯を推定できたことから、電子レンジや電気ケトルなど食事に関連する家電に取り付けることにより、「食事」の時間が推定可能であった。

表3 行動の推定と正解データ

	被験者	被測定家電	データ	行動					
				起床	外出	帰宅	入浴	就寝	食事
1日目	case1	テレビ	推定	8:00	11:00	21:00	-	3:00	-
			正解	8:15	10:30	21:21	-	2:53	9:00(朝食)
			誤差[分]	-15	+30	-21	-	+7	-
	case2	テレビ ドライヤー	推定	6:00	7:00	20:00	21:00	0:00	-
			正解	6:07	7:00	20:20	21:05	23:30	6:30(朝食)
			誤差	-7	0	-20	-5	+30	-
	case3	テレビ ドライヤー ノートパソコン	推定	9:00	11:00	18:00	23:00	2:00	-
			正解	9:31	11:00	18:07	23:25	2:55	18:25(夕食)
			誤差	-31	0	-7	-25	-55	-
2日目	case1	テレビ	推定	8:00	11:00	0:00	-	2:00	-
			正解	8:15	10:30	22:30	-	2:00	9:00(朝食)
			誤差[分]	-15	+30	+90	-	0	-
	case2	テレビ ドライヤー	推定	10:00	12:00	16:00	1:00	3:00	-
			正解	9:41	13:00	16:54	1:10	2:10	10:00(朝食)
			誤差[分]	+19	-60	-54	-10	+50	-
	case3	テレビ ドライヤー ノートパソコン	推定	9:00	11:00	14:00	21:00	0:00	-
			正解	9:28	10:48	14:00	21:05	0:35	18:30(夕食)
			誤差[分]	-28	+12	0	-5	-35	-
3日目	case1	テレビ	推定	7:00	10:00	22:00	-	2:00	-
			正解	7:30	9:20	23:30	-	1:30	-
			誤差[分]	-30	+40	-90	-	+30	-
	case2	テレビ ドライヤー	推定	9:00	10:00	17:00	2:00	3:00	-
			正解	9:20	9:40	17:10	2:25	2:50	-
			誤差[分]	-20	+20	-10	-25	+10	-
	case3	テレビ ドライヤー ノートパソコン	推定	9:00	-	-	21:00	0:00	-
			正解	9:30	11:45	12:10	21:02	23:55	12:24(昼食) 18:30(夕食)
			誤差[分]	-30	-	-	-2	+5	-

図 17 から図 19 の消費電力量波形と正解データを合わせた図を見ると、外出中と睡眠中の消費電力量がほぼ 0 [Wh] で、起床後や帰宅後には消費電力量が変化していることが判る。このため、分類 A の家電に取付けたスマートタップから取得した消費電力量の波形を見るだけで、ある程度の行動を推定できることを確認できた。分類 A の家電の場合、消費電力波形を見るだけで良いため、素人が簡単に見守りシステムを利用して解析及び判断できるものと考えられる。

本行動推定の評価における測定誤差の原因の 1 つとして考えられるのは、時間単位で測定しているからである。例えば case3 の 3 日目の「外出」と「帰宅」では外出から帰宅までの時間が 25 分であるため、スマートタップから取得した消費電力量の波形が 30 分や 1 分ごとのデータであればより誤差を小さくできたと考えられる。また、スマートタップを複数台使用すると、誤差が小さくなっていることからスマートタップを使って複数家電を測定した方が人の行動をより正確に推定できると考えられる。例えば case3 で「テレビ」のみにスマートタップを取り付けたとすると、1 日目の就寝時間の推定は図 19 の消費電力量波形より 0 : 00 であると考えられる。しかし、そこに「ノートパソコン」の消費電力量が加わることで、まだ 0 : 00 には就寝していないことが考えられ、「ノートパソコン」の消費電力量より就寝時間は 3 : 00 だと推定することができる。実際の就寝時間は 2 : 55 であるため、やはり、スマートタップを複数台用いた方が細かな分析ができよと考えられる。

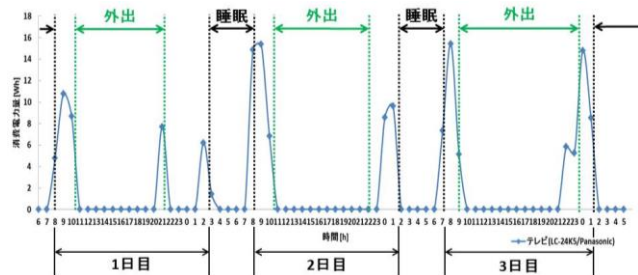


図 17 case1 の消費電力量波形と正解データ

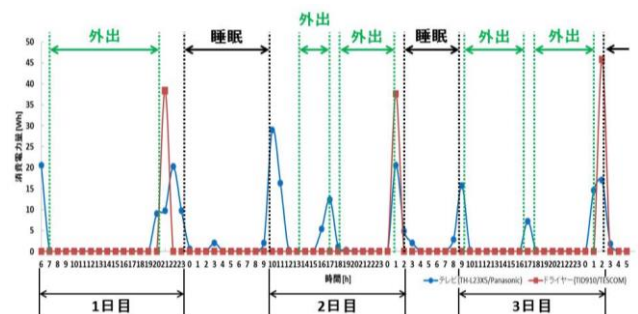


図 18 case2 の消費電力量波形と正解データ

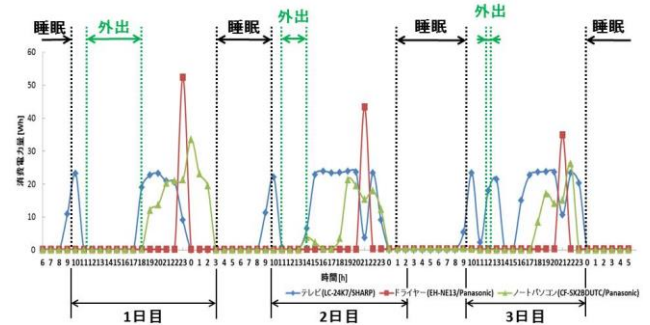


図 19 case3 の消費電力量波形と正解データ

表 4 誤差の標準偏差

被測定家電の数 [台]	誤差の範囲 [分]	誤差の平均値 [分]	標準偏差 [分]
1	-90~90	4.67	42.9
2	-60~50	-4.47	28.3
3	-55~12	-15.46	18.9

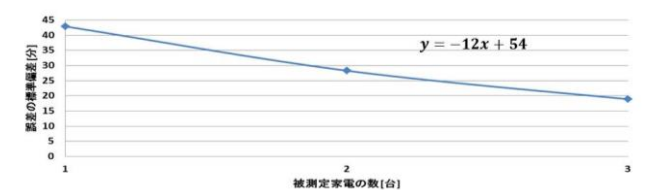


図 20 誤差の標準偏差

7. 結論

本研究ではスマートタップによる家電の消費電力測定の結果から家電の動作を 4 つに分類し、LWST に適合の可否をまとめた。そのなかで、LWST に適した家電は、分類 A の「人の操作によって電源の ON/OFF の 2 つの状態が分かる家電」と分類 B の「人が電源 ON あるいは開始操作の場合しか分からない家電」であり、その中でも分類 A の家電が LWST に最も適した家電であり、本研究で実施した人の行動推定評価からも消費電力波形から人の行動を推定しやすい家電であることを確認できた。

また、本研究が実施した一般人を対象とした普段の家電の使用頻度に関するアンケート調査の結果を総合的にまとめると、一般家庭で LWST を使用する場合はテレビが有効的であると考えられる。しかし、人のライフスタイルは必ずしも同じでない。人によっては毎日テレビを使用しない人もいるため、その場合は本研究で分類した家電のなかで、分類 A 及び分類 B に属する家電を LWST として使用することが好ましいと考えられる。

分類 A の家電で人の行動推定（起床、外出、帰宅、就寝）の時間をある程度正確に算出できる。よって、分類 A の家電で LWST を構築した場合、遠方から独居中の人を 1 日何らかの活動しているかどうかの簡単な安否確認を行う程度のシステムであれば十分活用できると考えられる。

8. 今後の展開

今回、エアコンや暖房機器など季節によりある一定の期間のみ使用される家電を除いて評価していた。今後はこれから季節家電を含めた消費電力量の評価及び、年代別でデータの不足気味の30代から80代の年齢を対象としたアンケートを再度実施し、全世代に対応したLWSTに最適な家電の検討及び調査を実施していきたいと考えている。

参考文献

- [1] 総務省統計局:“総務省統計局”,1.高齢者の人口,
<<http://www.stat.go.jp/data/topics/topi971.htm>>,(入手日
2016-09-20).
- [2] 保健福祉局福祉部高齢福祉課:“神奈川県ホームページ”,
<<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f470004/>>,(入手日
2016-02-20).
- [3] 東京電力ホールディングス:“スマートメータを活用した新たなサービスの導入について”,
<http://www.tepco.co.jp/cc/press/2015/1253922_6818.html>
,(入手日 2016-12-14).
- [4] 吉野太郎,和泉諭,阿部亨,菅沼拓夫:生活環境モニタリングに基づく行動推定手法の検討,情報処理学会第75回全国大会,3-51,3-52,(2013).
- [5] 山田裕輔,加藤丈和,松山隆司:スマートタップを用いた家電の電力消費パターン解析に基づく人物行動推定,信学技報,
Vol. 111,no.134,USN2011-10,pp.25-30,(2011).
- [6] 山田裕輔,加藤丈和,松山隆司:スマートタップを用いた家電の電力消費パターン解析に基づく人物行動推定,信学技報,vol.
111,no.134,USN2011-10,pp.25-30,(2011).
- [7] 田崎佑太,山口恵佑,戸谷周作,平栗健史:スマートタップを用いた生活支援システムの提案,日本工業大学,Vol.45,No.45,
(2015-09).
- [8] 安部恵一,澤田尚志,増井崇裕,峰野博史,水野忠則:無線センサネットワークを用いた簡易型表示系HEMSの開発と評価,情報処理学会論文誌,Vol.52,No.2,pp.585-595,(2011-02).
- [9] 株式会社パワーエレクトリック:“見守りコンセントWiFi-Plug”,
<<http://powerelec.biz/>>,(入手日 2016-09-20).
- [10] 品川佳満,橋本勇人:人間性へ配慮した高齢者見守りシステムの開発-高齢者のプライバシー・抵抗感に視点をのこした意識調査-,川崎医療福祉学会誌,Vol.11,p.199-204,No.1,(2001).
- [11] NIST:“Guidelines for Smart Grid Cyber Security”,National
Institute of Standards and Technology Interagency Report
7628,Vol.2,pp.13(2010).
- [12] 中部電力はじめの部:“スマートメータを活用した見える化サービス”,<http://hajimeru.chuden.jp/service/smart_meter/>,
(入手日 2016-12-15).
- [13] 宮澤重明,石川誠弥,葉山拓哉,岡本健司,関家一雄,杉村博,奥山武彦,一色正男:新時代HEMSサービスの開発～スマートメータのデータ活用～,Vol.2015-ITS-61 No.3,Vol.2015-CDS-13
No.3,(2015).
- [14] 吉野太郎,和泉諭,阿部亨,菅沼拓夫:生活環境モニタリングに基づく行動推定手法の検討,情報処理学会第75回全国大会,3-51,3-52,(2013).
- [15] 釧路総合振興局:“あなたの担う6分間 命をつなぐ救命手当て”,
<http://www.kushiro.pref.hokkaido.lg.jp/hk/hgc/0000top/3000topix/hoken/9_9day/9_9.htm>,(入手日 2016-12-14).
- [16] 孤独死対策委員会:“孤独死の現状レポート”,
<<http://www.shougakutanki.jp/general/info/2015/news20160310.pdf>>,(入手日 2016-12-14).
- [17] ラトックシステム株式会社:“Bluetooth ワットチェッカー

REX-BTWATTCH1[RATOC]”,REX-BTWATTCH1,

<<http://www.ratocsystems.com/products/subpage/btwattch1.html>>,
(入手日 2016-09-20).

- [18] 総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会:“経済産業省資源エネルギー庁ホームページ”,家庭部門機器別電気使用量の内訳,
<http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/actual/>,(入手日 2016-09-20).