

国際標準規格(ECHONET Lite)を利用した スマートメーターと家電製品とを統合した HEMS サービスの研究 生活行動推定技術

神林優河^{†1} 佐野芳樹^{†1} 小川墨^{†1} 高村走^{†1}
杉村博^{†1} 濱本望絵^{†1} 一色正男^{†1}

概要：近年日本では、国際標準規格(ECHONET Lite)を利用した IoT 機器によるスマートハウスが増えてきた。特に、一般家庭への ECHONET Lite 装備のスマートメーターの導入が進んでいる。当該スマートメーターは自動検針や遠隔操作などの機能を備えており、新サービスの創出が期待されている。スマートメーターを用いることで、電気の見える化が可能となる。また、IoT 機器の普及も進み動作状態や消費電力の確認が可能となっている。そこで、住宅をターゲットに IoT 機器の使用ログデータ収集を行い、解析することで生活者の生活行動推定が出来ると考え、その解析の可能性を研究する。現在、高齢者の一人暮らしが増加している為、高齢者の行動推定を利用し、実住宅で容易に実現できる見守りサービスや健康維持サービスなどの HEMS サービスを提供することにより、社会貢献を期待できると考える。本報告では、第一ステップとして、住宅を対象とした IoT 機器の使用ログデータ収集のシステムを構築し、データ収集より住人の生活行動推定が出来る可能性がある事を報告する。

キーワード：スマートメーター、ECHONET Lite、生活行動推定、HEMS

Research on HEMS service integrating smart meters and home appliances using international standard (ECHONET Lite) Living behavior estimation technology

YUGA KANBAYASHI^{†1} YOSHIKI SANO^{†1} RUI OGAWA^{†1}
KAKERU TAKAMURA^{†1} HIROSHI SUGIMURA^{†1} MOE HAMAMOTO^{†1}
MASAO ISSHIKI^{†1}

Abstract: In Japan in recent years, the number of smart houses by IoT equipment using the international standard (ECHONET Lite) has increased. Especially, the introduction of smart meter equipped with ECHONET Lite to general households is proceeding. The smart meter has functions such as automatic meter reading and remote operation, and creation of new service is expected. By using a smart meter, it becomes possible to visualize electricity. In addition, the spread of IoT devices has progressed, and it is possible to check the operating state and power consumption. There, thinking that it is possible to estimate the living behavior of the residents by collecting the use log data of the IoT equipment by targeting the housing and analyzing it, we will examine the possibility of that analysis. Currently, since the living alone in the elderly is increasing, we expect to contribute to society by providing HEMS services such as watching services and health maintenance services that can be easily realized in real houses by using action estimation for elderly people I believe we can. In this report, as a first step, we will construct a system for collecting usage log data of IoT equipment for housing and report that it is possible to estimate the daily living behavior of residents through data collection.

Keywords: Smart meter, ECHONET Lite, Estimation of living behavior, HEMS

1. はじめに

1.1 背景

近年、スマートメーターの導入[1]が進むと共に、住宅のエネルギー使用量を省エネルギーという観点から管理できるシステムである HEMS (Home Energy Management System) が注目されている。[1]

現在の HEMS を活用したサービス(以後 HEMS サービスとする)は、住宅内の家電やインフラ設備による電気やガス

の使用量を表示することが一般的で、生活者に合わせた生活支援などを行う HEMS サービスがない事が現状である。生活支援を目的とした HEMS サービスを実現する為には、生活者の行動を把握する必要がある。しかし住宅内での行動は人によって様々であるため、生活者に合わせた HEMS サービスの基準を設けることが必要となる。また、生活者の中でも特に高齢者には着目するべきであると考え。図 1 に示したように、技術の進歩や交通整備が進み、交通事故は年々減少の傾向にあるが、高齢者の家庭内での事故は

^{†1} 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology

年々増加している。[2] これは、住宅に関する技術の発展は省エネ等が多く、生活者に向けた技術の発展はあまり進んでいないことが要因であると考えている。

基準を設ける為には高齢者も含めた生活者の行動をセンシングして、生活行動のデータを蓄積する必要がある。高齢者の暮らしを考えると、高齢者の暮らす住宅が新築であるケースは少ないので、既存住宅にも対応できるように住宅内にあるものを活用する必要がある。

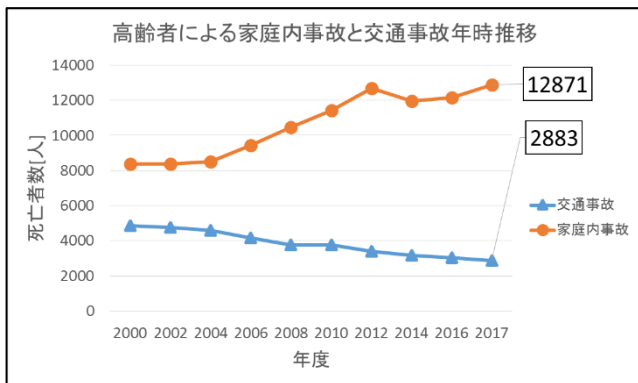


図 1 高齢者による家庭内事故と交通事故年次推移

Figure 1 Domestic accidents and traffic accident annual trends by elderly people.

1.2 研究目的

本研究では、既存住宅にある物として、近年普及の進んでいるスマートメーターと IoT 機器をセンサとして活用することで、生活の行動推定が出来る可能性があることを提案する。

そこで、本稿では HEMS サービス普及に貢献する為に作製したデータ収集システムと、データから推定出来た生活者の生活行動例について報告する。

2. 関連研究

先行研究として、住宅内における行動推定に関してこれまでに様々な研究が行われている。生活者の行動を認識する研究はカメラを用いて画像処理により認識する手法 [3]と、接触センサや圧力センサなどを用いて認識する手法 [4][5]に大別できる。どちらの手法もセンサを新たに付けることを必要とする為、既存住宅で実装することが困難である。本研究では新規に取り付けを行う必要があるセンサは用いずに行動推定を行う事とする。

3. データ収集システム

3.1 システム構成

データ収集システムでは、一定間隔で収集対象機器に ECHONET Lite[6]を用いて接続し、データの収集を行う。デ

ータ収集システムの簡易図を図 2 に示す。収集対象機器は実験に応じて変更を行う。収集したデータは実験用 PC を介して MySQL のデータベースに保存している。また、csv 型式でバックアップも行っている。

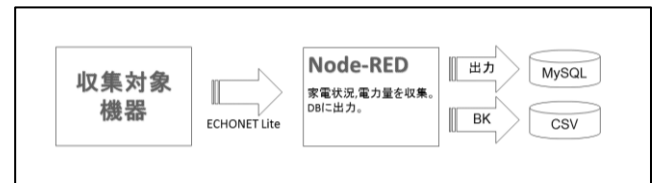


図 2 データ収集システムの概要

Figure 2 Overview of data collecting system.

3.2 制御方法

今回のシステムは Node-Red での制御を採用した。Node-Red での処理内容を図 3, 4 に示す。Node-Red では、収集対象との接続、データの保存の他、取得したデータを視覚的にわかりやすい形に変換する役割を担っている。

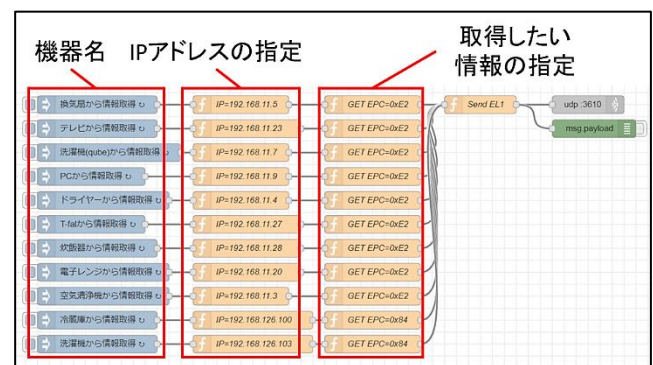


図 3 Node-Red での処理内容①

Figure 3 Processing details at Node-Red ①.

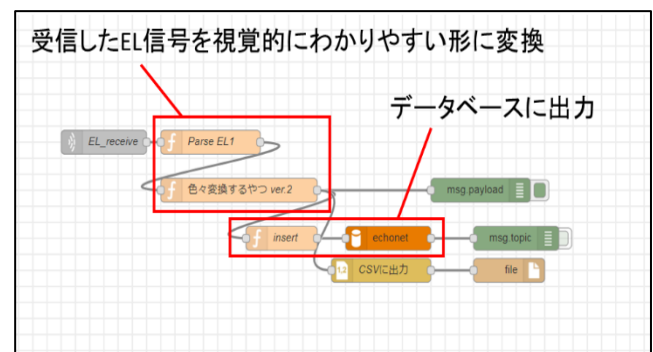


図 4 Node-Red での処理内容②

Figure 4 Processing details at Node-Red ②.

4. 実験(1)

4.1 実験目的

実験(1)では、電気と水道の使用量から生活者の行動推定を行う事を目的としている。

4.2 実験方法

実験(1)の実験環境では、電気の外に水道使用量の収集も可能である為、分電盤を2台利用し電気と水道のデータ収集と、IoT機器のデータ収集を行った。実験(1)の概要を図5に示す。また、収集を行った機器とその機器に対する取得情報を表1に示す。

表1に示した機器の動作を1分間隔で記録した。被験者を集め、洗濯、風呂共に40回の実験を行った。実験の流れを図6のフローチャートに示す。

実験の記録として、電気と水道の使用量、収集時間等共通の項目以外に、風呂実験では実験被験者の普段の入浴傾向、洗濯実験では洗濯物の内容等の項目を記録した。

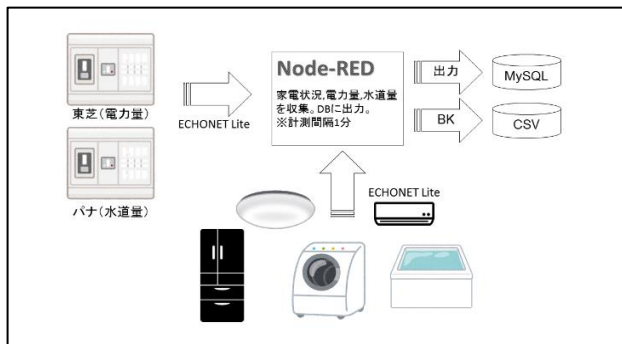


図5 実験(1)のデータ収集システム

Figure 5 Data collecting system of experiment (1).

表1 実験(1)の収集対象機器及び取得情報

Table 1 Collection target equipment and acquisition information of experiment (1).

| 機器名 | 取得情報 |
|-------|---------------|
| 浴室乾燥機 | 動作状態 |
| | 運転モード |
| | 室内温度 |
| 給湯器 | 動作状態 |
| | 風呂温度 |
| | 自動モード |
| | 風呂動作状況 |
| 洗濯機 | 瞬時電力 |
| 分電盤 1 | コンセント 1(瞬時電圧) |
| | コンセント 2(瞬時電圧) |
| | コンセント 3(瞬時電圧) |
| 分電盤 2 | 共通水道使用量 |
| | 温水使用量 |

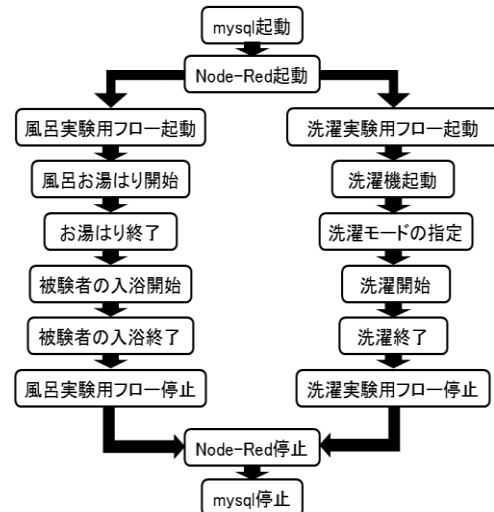


図6 実験(1)の実験手順

Figure 6 Experiment procedure of experiment (1).

4.3 収集結果

実験(1)では、実験1回ごとに結果を記録したシートを作成した。

記録シートに記載したグラフは、MySQLのデータベースから日時、消費電力、水道使用量を基に進数変換をした後に、累積値から変動率計算を行い出力した。風呂実験での記録例を図7に、洗濯実験での記録例を図8にそれぞれ示す。

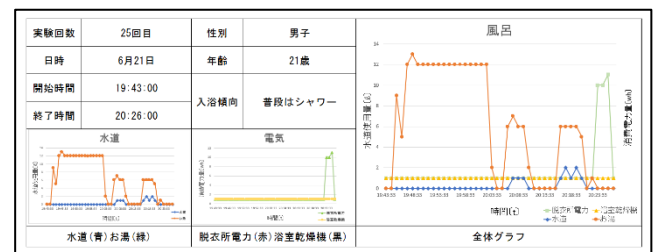


図7 風呂実験記録例

Figure 7 Example of bath experiment record.

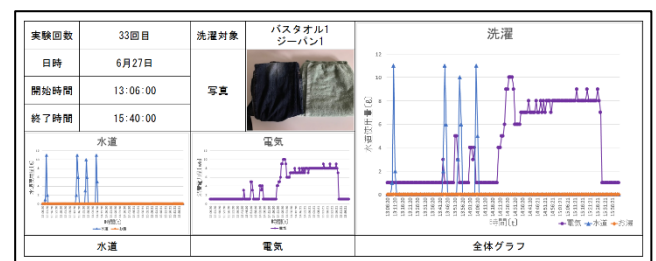


図8 洗濯実験記録例

Figure 8 Example of washing experiment record.

4.4 解析結果

風呂、洗濯の各動作で作成したグラフの例を図9, 10に示す。

水道の使用量に着目すると、風呂実験では、生活者がお湯はりしている時間やシャワーを浴びるタイミングが確認でき、洗濯実験では、洗濯が開始された時間と、洗濯物の量が確認する事が出来た。

一方、電気の使用量に着目すると、風呂実験では、風呂上がりのドライヤーのタイミング等が確認でき、洗濯実験では、乾燥モードの所要時間から、洗濯物の量を確認する事が出来た。

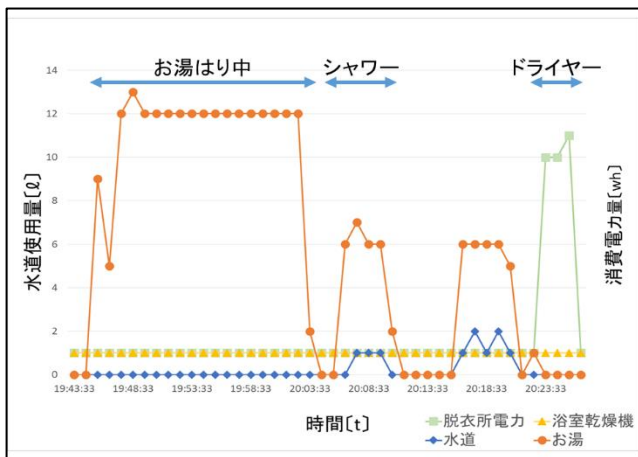


図9 生活動作(風呂)グラフ

Figure 9 Living behavior (bath) graph.

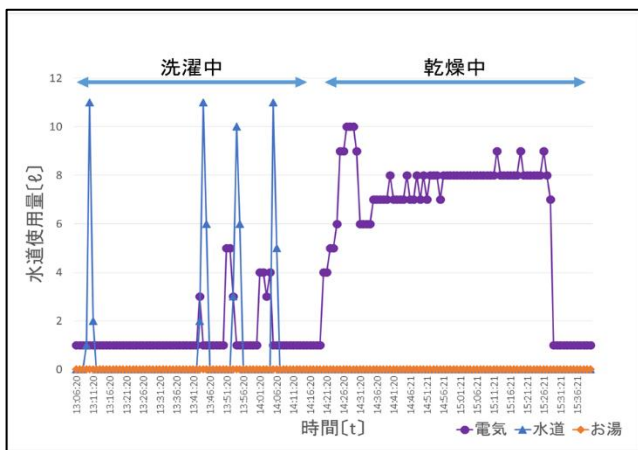


図10 生活動作(洗濯)グラフ

Figure 10 Living behavior (washing) graph.

5. 実験(2)

5.1 実験目的

実験(2)では、電気の使用量と家電の動作状態から生活者の行動推定を行う事を目的としている。

5.2 実験方法

実験(2)では、3人暮らしの一軒家を対象に実験を行った。各機器での瞬時電力とスマートメーターから住宅全体の瞬時電力を取得した。家庭内のコンセントごとの消費電力を収集する為、eneQube[7]を採用している。実験(2)の概要を図11に示す。また収集を行った機器とその機器に対する取得情報を表2に示す。

表2示した機器に対して1日の動作を記録した。計測間隔は実験(1)と比べ、対象機器数が増えたことを踏まえて、ネットワークの負荷を軽減し、処理の遅延による収集時のデータの欠落を減らす為、計測間隔を3分に変更した。

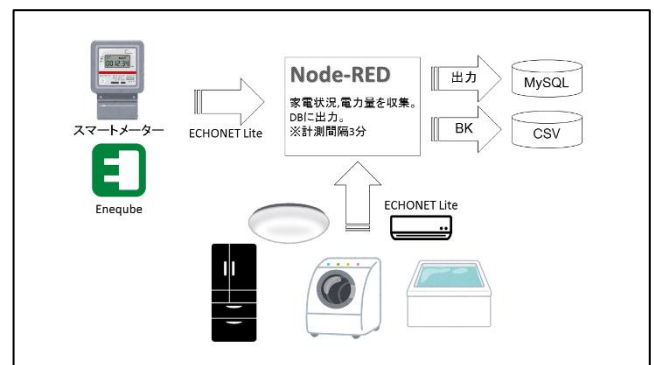


図11 実験(2)のデータ収集システム

Figure 11 Data collecting system of experiment (2).

表2 実験(2)の収集対象機器及び取得情報

Table 2 Collection target equipment and acquisition information of experiment (2).

| 機器名 | 取得情報 |
|----------|------|
| 電子レンジ | 瞬時電力 |
| テレビ | 瞬時電力 |
| 洗濯機 | 瞬時電力 |
| 収集用 PC | 瞬時電力 |
| 換気扇 | 瞬時電力 |
| 洗面台 | 瞬時電力 |
| 空気清浄機 | 瞬時電力 |
| 電気ケトル | 瞬時電力 |
| 炊飯器 | 瞬時電力 |
| 洗濯機 | 瞬時電力 |
| スマートメーター | 瞬時電力 |
| | 積算電力 |

5.3 収集結果

1日に1機器当たり約480件の動作を記録した。欠落防止の為、収集間隔にゆとりを持たせたが、全体の1%は欠落してしまう結果となった。欠落データに関しては、前後データの平均値を採用し、補完を行った。

グラフは実験(1)同様, MySQL のデータベースから日時, 消費電力, 家電の動作情報を基に進数変換をした後に, 累積値から変動率計算を行い出力した. 1 日の家電の動作状態を図 12 に, スマートメーターによる住宅全体の消費電力の波形を図 13 に, 収集対象家電の瞬時電圧合計を図 14 に示す.

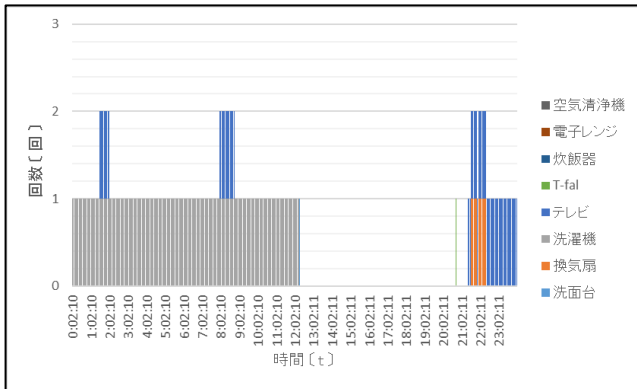


図 12 1 日当たりの収集対象家電の動作状態

Figure 12 Operating state of household appliances to be collected per day.

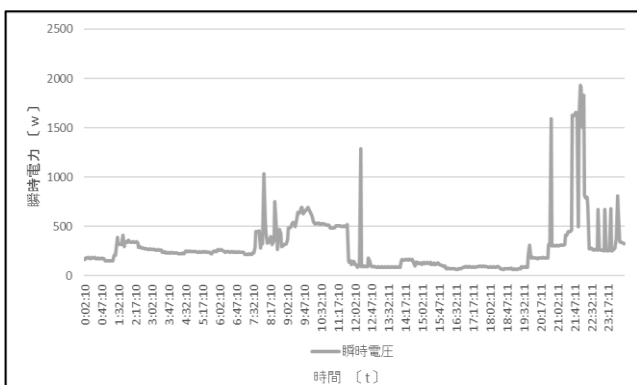


図 13 スマートメーターによる住宅全体の消費電力

Figure 13 Power consumption of housing overall by smart meter.

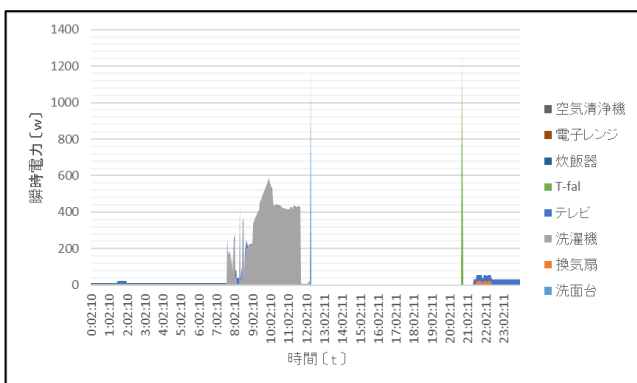


図 14 収集対象機器全体での瞬時電力

Figure 14 Instantaneous electric power in the whole collection target device.

5.4 生活者の行動軌跡

データ収集を積み重ねることで, 生活者の住宅内での行動が推定できる可能性を示す為, 実際に実験(2)のデータ収集を基に行動軌跡を作製した. 作成手順のフローを図 15 に, その手順から作成された生活者の行動軌跡を図 16 に示す.

住宅内の各セクションでの行動推定を組み合わせることで, 生活者の 1 つのデータだけでは推定できない住宅全体での行動が可視化できた.

今回の実験を実施した住宅では, キッチンから移動できる部屋はリビングのみであり, キッチンとリビングでの行動軌跡の割合は本来であればほとんど等しくなる筈である. しかし, TV や換気扇といった稼働させた後一定時間稼働させたままにしておくことが多い機器でデータの収集を行っている性質上, 一度稼働させた後の動作を正確に追跡する事が困難であり, 往復の割合が大きく異なってしまうという結果となった.

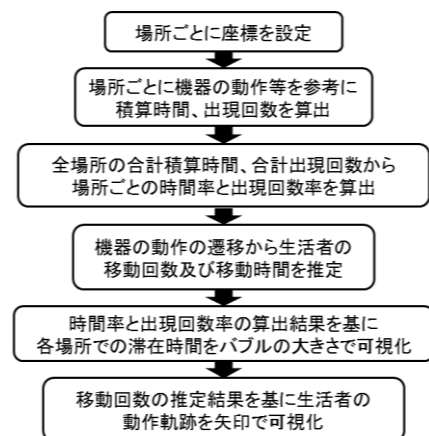


図 15 行動軌跡作成手順

Figure 15 Procedure for creating behavior trajectory.

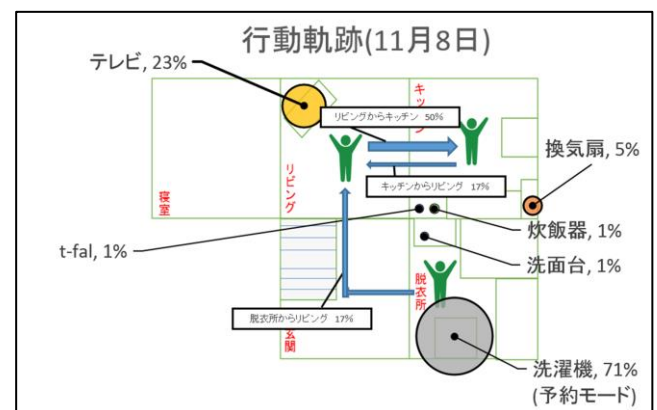


図 16 生活者の行動軌跡

Figure 16 Behavior trajectory of residents.

5.5 解析結果

洗濯機に着目すると, 図 12 に示したように動作状態だ

けのグラフだと、洗濯機が何かしら動作している事は推定できるが、実際の動作モード等の推定は出来ない。

一方で、図 14 に示したグラフだと洗濯機の動作モードを消費電圧の波形から推定する事が出来る。

また、図 13, 図 14 の短時間で大きくグラフが変動している個所に着目すると、ドライヤーや、T-fal 等の短時間の内に消費電力が高い家電が稼働している可能性が高いと言えるので、風呂上がりなどのタイミングの推定や、生活者がキッチン内にいること等が推定できる。

6. 結論

1) 実験 1 の結果より、電気と水道の使用量から、生活者が家事を行ったタイミングを推定する事が出来た。洗濯物の量などは一方のデータだけでも推定できたが、2 つのデータを組み合わせることで、より精度の良い推定が可能である。また、風呂実験のグラフと生活者の入浴傾向等のパーソナルデータを照らし合わせることで、生活者の判別も行える可能性があることが見えてきた。

2) 実験 2 の結果より、IoT 機器の動作状態だけでは推定できない IoT 機器の動作モード等も、家電の瞬時電力データと組み合わせることで推定する事が出来た。また、住宅全体の消費電力のグラフと収集対象機器全体の消費電力のグラフを比較することで、IoT に対応していない家電製品の消費電力が判断出来るので、IoT に対応していない家電製品の動きも推定できる。

様々なデータ収集を行い、積み重ねることで生活者の行動や、住宅状況の可視化が可能になり、生活行動推定が出来ることが示せた。

7. 課題

課題として、大きく分けて 4 つのことが考えられる。

1) 現時点でのデータ収集システムは、Node-Red による制御モードの起動、および停止を手動で行う必要がある為、停電などの想定外の異常が起きた際自動復旧が出来ずに長時間の計測エラー等が起きることである。

2) 収集時のデータの欠落件数の軽減である。欠落データの補填には前後の平均値を使用しているが欠落したデータの値と補填したデータの値の誤差の幅が現手法では確認できない為、別途の補填手法を検討する必要がある。

3) データ収集は現在 1 分と 3 分の等極めて短い間隔で収集を行っているが、実用的な収集間隔で実施した場合に行動推定の精度が変化する可能性があることが挙げられる。より HEMS サービスの普及に貢献できるよう実用的な 30 分や 1 時間間隔でのデータ収集にも対応できるよう検討が必要である。

4) 今回の行動推定では、生活者の行動内容を推定でき

る可能性を示せたが、行動を行った生活者の特定が可能であることを示すことはできなかったため更なる研究が必要である。

8. 今後の展望

今後の展望として、データ収集対象機器の充実を図ると共に、現在のデータ収集システムは PC による制御を必要としている為、Raspberry Pi などを活用した小型なデータ収集システムを搭載したデバイスの開発研究を行っていく事を検討している。また、上記の課題として記載したが、停電など想定外の異常が起きた際にも対応できる用自動復帰システムの追加を検討している。

高齢者向け HEMS サービスに活用できる行動推定技術の可能性を示すことができたので、実住宅で容易に実現できる見守りサービスや健康維持サービスなどのプロトタイプ作製に取り組んでいく。

謝辞 本研究を進めるに当たり、多くの皆様にご協力いただきました。実験に関して、ご協力いただいた被験者の皆様、藤田 裕之様、関家 一雄様(神奈川工科大学工学教育推進機構スマートハウス研究センター)に深くお礼申し上げます。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] 経済産業省,電気分野におけるデジタル化について.2018/5/18, 資源エネルギー庁,http://www.meti.go.jp/committee/sougouene/denryoku_gas/denryoku_gas_kihon/pdf/009_08_00.pdf
- [2] 厚生労働省,“人口動態統計年報 主要統計表”.
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1a.html>,
- [3] 産総研,生活者を見守る住宅
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2003/pr20030203_2/pr20030203_2.html
- [4] 上田健揮, 玉井森彦, 荒川豊, 諏訪博彦, 安本慶一.ユーザ位置情報と家電消費電力に基づいた宅内生活行動認識システム. 情報処理, 2015, vol. 57, no. 2, 1-10.
http://ubi-lab.naist.jp/~ara/wp-content/uploads/2016/05/2_15.pdf
- [5] 上田博唯.センサーネットワークと家電製品を結合したサービス提供 NICT ユビキタスホームにおける事例. 情報処理, 2006.
https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_action_common_download&item_id=52286&item_no=1&attribute_id=1&file_no=1
- [6] エコーネットコンソーシアム:ECHONET Lite 規格書,
<http://echonet.jp>,
- [7] eneQube 九電テクノシステムズ株式会社(Q-tecno)
<https://www.q-tecno.co.jp/products/social13.html>