

住宅内情報のログデータを活用した健康管理支援システムの研究

佐野芳樹¹ 酒井貴洋¹ 杉村博² 一色正男²

概要：スマートハウスは家庭の電力使用量や太陽光発電の発電量、電気自動車の電池残量などを統合的に把握、見える化をすることで電力ピークシフトやエネルギーマネジメントを目指す HEMS(Home Energy Management System)が一般的である。近年では、センサデバイスの低価格化やコモディティ化、IoT 機器やネットワーク家電製品の普及により、家庭内の空調環境(温湿度など)や人々の日常生活行動の検出や記録、分析が可能な環境が整ってきているため、見える化に表示される情報としてエネルギーマネジメント以外の機能を順次拡充する傾向にある。本研究ではスマートハウス向けの機能として、生活習慣病の予防を主な利用目的とした健康管理支援システムを開発する。生活習慣病は日本人の約3人に1人が該当しており社会問題となっている。生活習慣病は日々の食事や運動、ストレスなどの積み重ねから起きることが明らかになっていることから居住者の日々の生活状況の見える化をすることで、生活習慣の見直し等の健康管理支援が可能と想定する。

キーワード：動作記録、分析、IoT、健康管理、スマートハウス、家電製品、可視化。

Study of System Equipped with Behavior Recording, Analysis and Visualization by Utilizing Log Data of Smart House.

YOSHIKI SANO^{†1} TAKAHIRO SAKAI^{†1}
HIROSHI SUGIMURA^{†2} MASAO ISSHIKI^{†2}

Abstract: HEMS is common in smart houses and aims for shifting peaks of power demand and energy management by comprehensively understanding and visualizing such as the amount of power consumption at home, the amount of electricity generated by the solar power system, and the battery level of EV (Electrical Vehicles). Recently, due to lower prices and commoditization of sensor devices, and the spread of IoT devices and network home appliances, the environment is developed to detect, record, and analyze the air conditioning (temperature and humidity, etc.) in the home and people's daily activities, and HEMS has tended to sequentially expand functions other than energy management as information displayed in visualization. In this research, we develop a health management support system aimed at prevention of lifestyle-related diseases as a function for smart houses. About one in three Japanese is Lifestyle-related diseases, and that have become a social problem. Since it has been clarified that lifestyle-related diseases are caused by the accumulation such as the daily diet, exercise, and stress, by visualizing the daily living conditions of residents, it is assumed that health management support is possible such as reviewing lifestyle habits.

キーワード：Behavior recording, Analysis, IoT, Health management, Smart house, Home appliances, Visualization.

1. はじめに

現在のスマートハウスは家庭の電力使用量や太陽光発電の発電量、電気自動車の電池残量などを統合的に把握、見える化をすることで電力ピークシフトやエネルギーマネジメントを目指す HEMS(Home Energy Management System)が一般的である[1]。HEMS は2つの機能から節電行動を支援し、ユーザのエネルギーマネジメント支援する。1つ目は家庭内で使用している電気機器の使用量や稼働状況をモニター画面などで「見える化」する機能である。この機能は電気の使用状況をユーザに示すことによって節電に対するユーザの意識を高めることを目的としている。2つ目は機器をネットワークから遠隔制御する機能である。この遠隔制御機能はユーザの節電行動の支援を目的としている。国内では HEMS を設置すると見える化効果だけで約3～

12%程度の省エネ効果があると言われている[2]が、HEMS を設置して1年以上経つ世帯に対して調査を行ったところ、HEMS を設置後、表示される値を全く見ていない世帯が17.5%、月平均1回未満の世帯が28.3%であり、半分近くの世帯においてほとんど見ていないということが明らかになっている[3]。また電力の見える化の実証実験として、大阪市が平成23年7月から9月にかけて「エコめがね」という見える化機器の貸し出しを行い、見える化機器の被験者から機器利用年の平成23年と前年比の比較から電気の使用量の推移のサンプリングを実施している[4]。実験結果から3か月合計で平成22年度の電気使用量は1,211[kWh]であることに対し、平成23年度の電気使用量は1,002[kWh]であることから17%の節電効果を実証している。1か月目は22%の削減効果が得られたのに対して3か月目は削減効果が11%と効果が減少している。実験時のアンケートから

1 神奈川工科大学 大学院 工学研究科 電子工学専攻
Graduate School of Engineering Kanagawa Institute of Technology.
2 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科
Dept. Of Home Electronics Kanagawa Institute of Technology.

原因としては見える化に表示される情報が単調であることや節電行動に用いるための情報が少ないとの意見が得られている。近年では、センサデバイスの低価格化やコモディティ化、IoT 機器やネットワーク家電製品の普及により、家庭内の空調環境（温湿度など）や人々の日常生活行動の検出や記録、分析が可能な環境が整ってきているため、見える化に表示される情報としてエネルギーマネジメント以外の機能を順次拡充する傾向にある。

本研究ではスマートハウス向けの機能として、日本再興戦略 2016 [5]を受けて次世代住宅の実現に向け官民が取り組むべき課題の抽出等を行った「IoT 技術等を活用した次世代住宅懇談会」[6]で、年代別に見た 6 テーマ(健康管理, 家事負担軽減・光熱費, 防災・危機管理, 子どもの見守り, 住宅のセキュリティ, 介護・高齢者見守り)に対する関心の高さの調査結果より、全年齢を問わず最も要望される健康管理に着目する。健康管理機能の内容として、生活習慣病の予防を支援する。生活習慣病は日本人の約 3 人に 1 人が該当しており社会問題となっている。生活習慣病は日々の食事や運動、ストレスなどの積み重ねから起きることが明らかになっている[7] ことから居住者の日々の生活状況の見える化をすることで、生活習慣の見直し等の健康管理支援が可能と想定する。実際に健康管理支援システムとして既存住宅で実装可能な住宅内ログデータの動作記録機能とログデータを活用した生活状況を分析し可視化する生活状況可視化機能を開発したので、本稿で詳細を述べる。

本稿は第 2 章で健康管理支援システムについて述べ、第 3 章で動作記録機能に対して既存住宅で実施した評価実験の内容と結果について、第 4 章で生活状況可視化機能の一部である生活状況推定の評価実験の内容と結果について、第 5 章で生活スコアの評価項目について、第 6 章ではまとめと今後の展開について述べる。

2. 健康管理支援システム

第 2 章では、本稿が提案する健康管理支援システムの概要と今回開発した動作記録機能と生活状況可視化機能について詳細を述べる。

2.1 健康管理支援システムの概要

本稿が提案する健康管理支援システムの概要を図 1 に示す。既存のシステムとして手入力で行う生活状況の見守りがあるが、記入漏れや継続力の低下があるため生活状況の記録の自動化が必要であると考え、健康管理支援システムの生活状況の動作記録機能は IoT 家電製品や電力量センサ、スマートメータの消費電力量と外部 Web サービスの天候情報などを基データとして使用する。そこから記録した様々なログデータをデータベースで記録を行い、インターフェイスで表示する。データベースでは SQLite3、インター

フェイスでは HTML5 と JavaScript を利用し、Electron でパッケージ化することでデスクトップアプリケーションのシステムとして実装する。

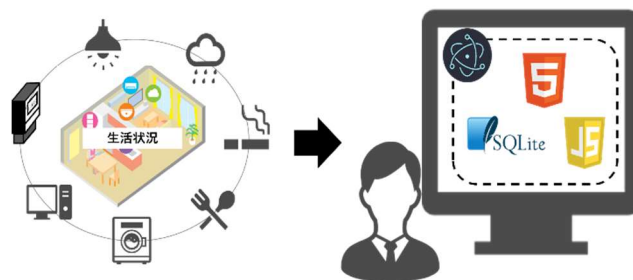


図 1 健康管理支援システムの概要

Figure 1 Overview of Health management support system

2.2 動作記録機能の記録対象

動作記録機能の記録対象は、システム利用者の生活環境に合わせて動的に変更されることを想定する。基本設定として、本システムと同一ネットワークに接続されている ECHONET Lite 規格対応機器[8]と、スマートメータ、Philips hue、Open Weather Map、Netatomo との連携が可能となっている。居住者の生活状況を記録する方法として、認識可能な行動の種類と認識精度を高めるために、センサを生活者の身体に取り付けて活動を認識する方法[9]や複数のセンサを搭載した腕時計型の専用機器を装着する方法[10] [11]もあるが、センサを長期間装着することは生活者に身体的な負担が発生するため、健康管理を目的とした本システムでは採用しない。同様にカメラやマイクの使用もプライバシー侵害の精神的負担が発生するため、採用しない。動作記録機能で記録不足が想定される内容に関しては生活状況可視化機能の一部として搭載した任意解答の生活情報アンケートを実施する。

2.3 生活状況可視化機能

動作記録機能で蓄積したログデータをアプリケーション上で表示させるため Electron で健康管理支援システムのデスクトップアプリケーションを作成した。アプリケーションには、縦長表示用画面と横長表示用画面を用意している。コンテンツとして TOP、Details、Control、Survey、Configuration、Debug を搭載する。

2.3.1 TOP

アプリケーション起動時に表示される TOP のタブでは、Open Weather Map から参照した生活者の生活拠点エリアの天気情報の表示と、住宅の消費電力量、Netatomo から記録した住宅内の温度、湿度、CO2 等を表示する。また Survey タブでの生活情報アンケートの最終回答日時の表記もしている。

2.3.2 Details

Details のタブでは、TOP で表示している住宅の消費電力量の詳細情報や、Survey のタブで入力された生活情報アンケートの結果と蓄積されたログデータを基に算出された生活スコア、ログデータを基にした生活状況の推定結果を表示する。

生活スコアは生活者の生活状況を読み取り、「現在の生活状況をスコア化して生活者に分かりやすく伝えること」を目的とした表示内容である。例えば「洗濯を行い清潔な服を着ているか」、「1 日 3 食を基準としてバランスよく食事をしているか」などの日常生活の行動に対して「洗濯を毎日行っているので 10 点」、「昨日は夕食しか食べていないので 2 点」とスコア化し、これらを評価表にして生活者に伝える。生活スコアの表示例を図 4 に示す。

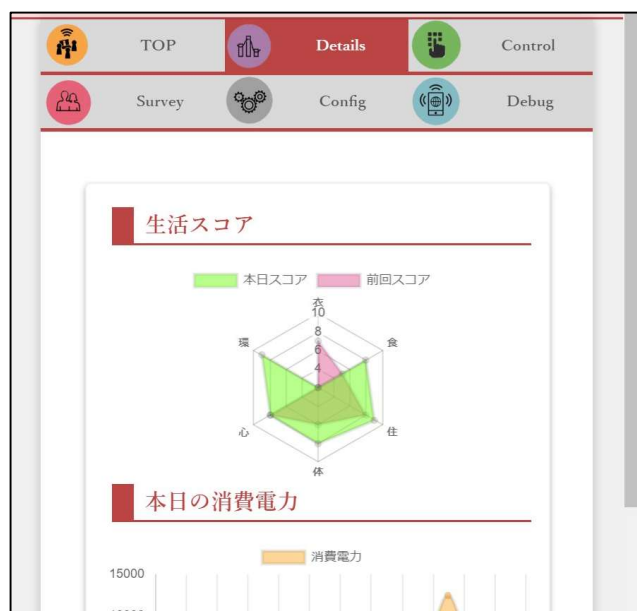


図 2 生活スコアの表示例

Figure 2 Life score display example

生活状況の推定は、住宅内の各部屋の滞在率、生活者の行動経路の二項目を対象に実施する。推定手法として、住宅内の区分をキッチン、リビング、脱衣所、寝室としたとき、ECHONET Lite 規格対応機器が稼働しているログデータを基にして、生活者の各住宅内区分の滞在率を算出する。寝室に ECHONET Lite 規格対応機器がない場合は、外出と就寝を未確定区分の滞在とし、計 4 区分で滞在率を出している。寝室に ECHONET Lite 規格対応機器がある場合を計 5 区分で算出を行う。最短記録間隔の 3 分周期のログデータから、動作している機器からどの住宅内区分に滞在しているのかを検討する。1 つの機器しか動作していない場合は確実にその機器が存在する住宅内区分に滞在しているものとする。2 つ以上の機器が同時に動作している場合は、機

器を動作させる際に、生活者が直接操作している確率が高い機器から重みづけをし、住宅内区分の推定をする。1 つも機器が動作していない時を未確定行動とする。以上の処理を行い、前後 3 分が同じ住宅内区分にあるときにその場所に滞在しているものとし滞在率を算出する。また推定した前後 3 分の住宅内区分が異なる箇所を抽出し、移動経路の推定も実施する。

2.3.3 Survey

Survey のタブでは、生活者に対するアンケート機能を搭載する。ここでは、生活者の身長や体重などパーソナルデータの入力や定期的な生活情報アンケートを実施する。生活情報アンケートは、生活内容の項目ごとに分けた「大項目」と実際にログデータとして記録する「小項目」が作成されている。大項目は衣類、食事、住居、体の健康、心の健康、地球の環境の 6 つを選定される。これら 6 つの大項目に対して、それぞれ評価内容の詳細として小項目の選定と判断基準を定めた。また、1 日単位での読み取りスコア化を行うこととし、選定基準は生活で最低限行っている行動(歯磨き等)、既存にある生活リズムや健康のチェックリスト[12]を参考に作成した。環境の項目では、リサイクルや省エネに貢献しているかを聞くことで評価を行う。「大項目」と「小項目」をまとめたものを表 1 に示す。

表 1 生活内容の項目内訳

Table 1 Item breakdown of contents

大項目	小項目	大項目	小項目
衣類	洗濯頻度	体の健康	睡眠時間
	アイロン頻度		運動量 (スポーツ)
	服装選択		運動量 (歩数)
	服装種類		食事時間 (朝)
	着替え頻度		食事時間 (昼)
	爪切り頻度		食事時間 (夜)
	歯磨き頻度		体脂肪率 (BMI)
	散髪頻度		お風呂頻度
	ムダ毛、髭処理頻度		薬摂取
	コレステロール値	心の健康	飲酒頻度
食事	血圧値		喫煙頻度
	血糖値		座位時間
	水分量		ストレス
	野菜摂取量		コミュニケーション
	肉摂取量		笑顔頻度
	カロリー		外出頻度
	夜食時間		親密具合
	賞味期限		対面頻度
	掃除頻度		高揚感
	整理整頓	地球の健康	イライラ
住居	換気頻度		趣味満足度
	ほこり量		SNS依存
	室温		ゴミ削減量
	布団清潔度		リサイクル頻度
	鍵施錠管理		プラスチック削減量
			使用電気削減量
			使用ガス削減量
			使用水道水削減量
			自動車排気削減量

2.3.4 Config

Config のタブではネットワークの設定や, ECHONET Lite 規格対応機器のインターバルの設定, Philips hue のペアリング設定, Open Weather Map の API 設定, Netatomo アカウント設定などが搭載されている。

2.3.5 Debug

Debug のタブでは, ECHONET Lite 規格対応機器への通信テストや ECHONET Lite の電文ログの表示, ネットワーク上に接続されている ECHONET Lite 規格対応機器と Philips hue の機器詳細, アプリケーションのエラーコードが表示される。

3. 動作記録機能の評価実験

動作記録機能では, 継続的にネットワークに繋がっている機器間でのアクセスが発生するため, ネットワーク負荷分散を考慮する必要がある。そこで既存住宅を対象に, 同時アクセス防止のインターバルを各機器に設定した動作記録機能を用いて記録成功率を検証する評価実験を実施した。

3.1 評価実験の概要

今回の評価実験は実際に本学の学生がルームシェアを実施している既存住宅（一軒家）の一階部を対象に実施した。実験期間は第 1 回を 2018 年 02 月 22 日が開始日とした 150 日間, 第 2 回を 2019 年 10 月 03 日が開始日とした 150 日間である。実験対象機器は, ECHONET Lite 規格対応家電製品 1 機種, 電力量センサの eneQube[13]が接続された家電製品 7 機種と住宅に設置されたスマートメータの合計 9 機器とする。各機器のログデータ記録周期は 3 分間隔とする。実験対象機器の配置は図 3 に示す。

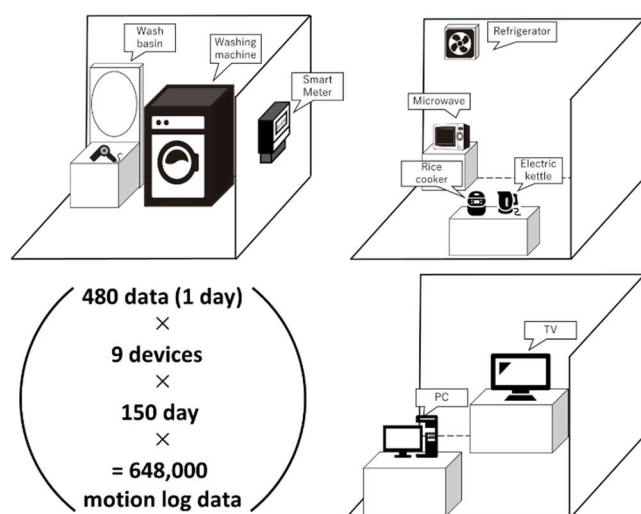


図 3 実験対象機器の配置

Figure 3 Arrangement of equipment to be tested

3.2 評価実験用記録システム

実験は, 動作記録機能のみのシステムを用いて実施した。システム制御には Node-RED[14]を採用した。Node-RED とは Node.js 上で動作するオープンソフトウェアで, API やオンラインサービスなどの機能を繋げてアプリケーションを作成していくプラットフォームである。処理フローをブラウザの操作によって作成できる。制御プログラムを図 4 で示す。Node-RED では, 実験対象機器との接続, データの保存の他, 取得したデータを日付, 時刻, 機器名, IP アドレス, 機器状態が含まれるデータに変換する役割を担う。変換後のデータは MySQL のデータベースに保存する。

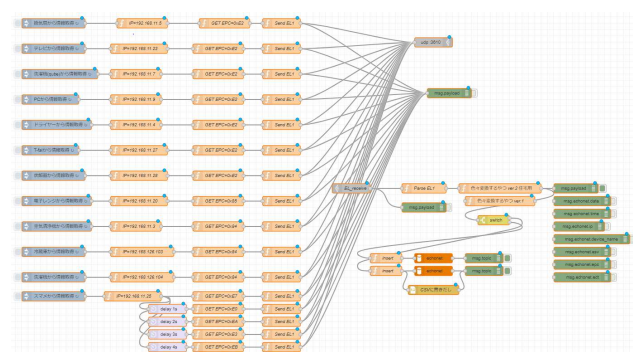


図 4 評価実験用制御プログラム

Figure 4 Control program for evaluation experiment.

3.3 実験結果

評価実験の結果として各機器の記録成功率を表 2 に示す。すべての機器で 80%前後の記録成功率を確認され, 記録機能は長期間の継続的ログデータ記録が可能であると考えられる。また図 5 に示す通り, 表 2 の数値は実験対象の既存住宅で発生した停電時などの外的要因も含まれるため, 動作記録機能は表記の数値よりも高いことが想定される。

表 2 各機器の記録成功率

Table 2 success rate of each device

EXPERIMENT	ALL	Wash basin	Ventilation fan	Washing machine	PC
2018/02/22-					
Success rate.(%)	96.03	96.19	95.72	94.36	94.92
EXPERIMENT	TV	Electric Kettle	Microwave	Rice Cooker	Smart Meter
2018/02/22-					
Success rate.(%)	96.57	96.68	94.15	97.50	98.24
EXPERIMENT	ALL	Wash basin	Ventilation fan	Washing machine	PC
2019/10/03-					
Success rate.(%)	81.03	81.26	81.46	79.44	81.68
EXPERIMENT	TV	Electric Kettle	Microwave	Rice cooker	Smart Meter
2019/10/03-					
Success rate.(%)	81.74	80.78	80.65	81.13	81.08

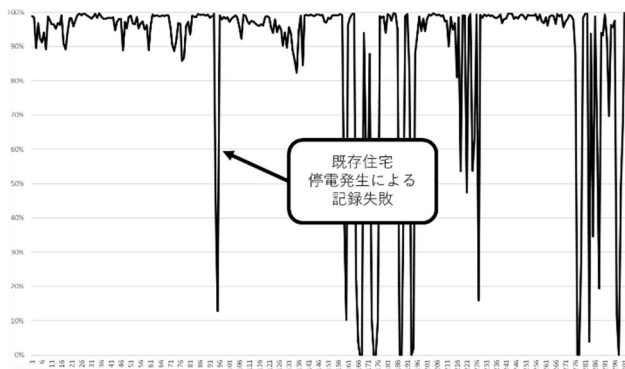


図 5 記録成功率

Figure 5 Record success rate.

4. 生活状況の推定の評価実験

本稿の生活状況の推定では、身体的ストレスや精神的ストレスを考慮して、装着型センサやカメラを使用した生活状況の判断を実施せず、ログデータを活用した推定を検討する。今回実施した滞在率の推定精度を確認するため評価実験を実施した。

4.1 評価実験の概要

今回の評価実験は3章の評価実験と同様に本学の学生がルームシェアを実施している既存住宅（一軒家）の一階部を対象に実施した。実験期間は2日間とし、各機器のログデータ記録周期は3分間隔とする。実験対象機器と実験対象機器の配置は3章の評価実験と同様とする。今回は既存住宅で学生1名が生活していた日のデータを採用して評価を行っている。

4.2 実験結果

正解データと比較を行った。解析結果と正解データの比較を表3に示す。検証結果より、キッチンの滞在率において誤差が生じた。誤差の原因としては、解析データではIoT機器を使用していない場合は、未確定行動と判断されるため誤差が生じたものと思われる。正解データの移動率に関しては移動行動の所要時間が3分未満であるケースが多く確認されたため、データを検出することは困難であった。

表 3 解析結果と正解データの比較

Table 3 Comparison of estimation results and correct answer data

滞在場所	滞在率		正答率
	推定結果	正解データ	
キッチン - ダイニング	5.83(%)	24.78(%)	23.53(%)
リビング	16.11(%)	17.72(%)	90.91(%)
脱衣所	1.67(%)	4.21(%)	39.67(%)

5. 生活スコアの評価項目の有利性検証

評価項目の有利性を図るため、2019年11月2日と3日に行われた本学学際にてアンケートを行った。

5.1 アンケートの内容

表1の小項目と既存にある健康チェックリストの内容を元に、1日単位の測定が可能な質問項目についてアンケートを実施した。評価は当日ではなく昨日の生活状況を聞くものとした。また、評価項目に5段階の判断基準を設け10点、8点、6点、4点、2点、とスコア付けした。（5段階とは別に質問に答えられない時の為「分からない」を設けてスコアを0点とした）。

5.2 結果

アンケートは2日間で合計44人の方に行った。また、大項目が各10点になるよう小項目の平均が大項目の得点となる。アンケート結果を全体(44人)の棒グラフで表したものと男女別(男性34人、女性10人)、世帯別(家族暮らし37人、1人暮らし7人)の棒グラフで表し比較した。全体、男女別、世帯別の棒グラフを図6、図7、図8に示す。

全体では衣類のスコアが高いのが確認された。また、住まいのスコアが他の項目より明らかに低く、スコアの取りづらさから判断基準の見直しが必要である。

男女比では、食以外全ての項目が男性より女性の方が高いことが分かる。男女間での日常生活における意識の違いがあることが分かった。

家族暮らしと1人暮らしでは、環境の項目が特に差が出ており、1人暮らしだとエコや節約といった配慮が少し低いと分かった。

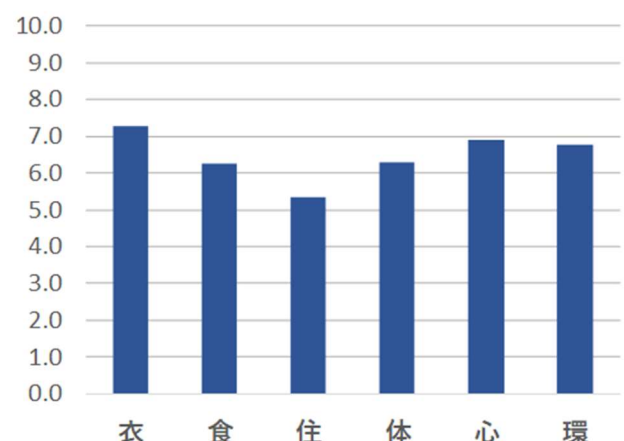


図 6 全体の平均

Figure 6 Overall average.

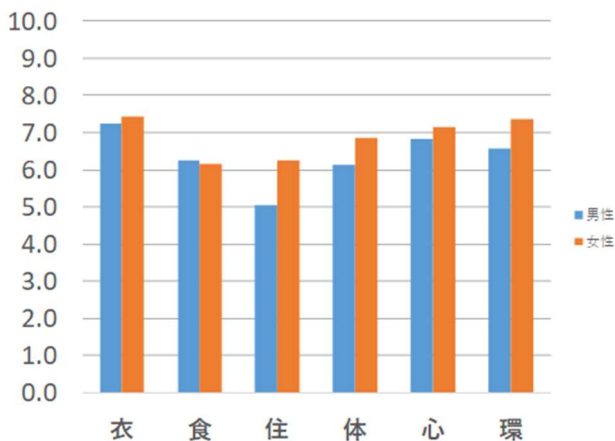


図7 男女別比較

Figure 7 Male and female difference.

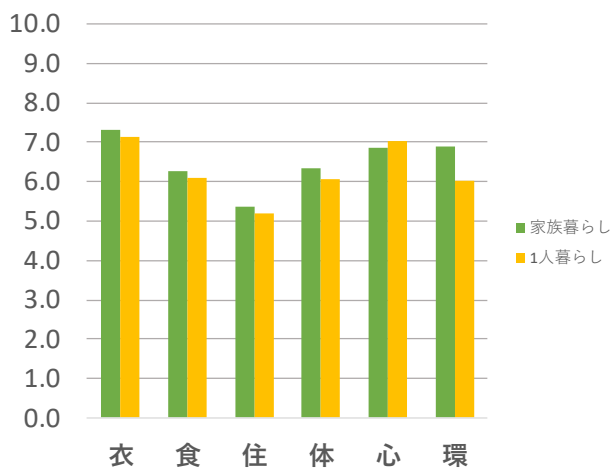


図8 世帯別比較

Figure 8 Household difference.

6. おわりに

6.1 まとめ

生活習慣病の予防を主な利用目的とした健康管理支援システムを開発した。本システムに搭載する機能として、動作記録機能、生活状況可視化機能の開発を実施した。動作記録機能に関しては、既存住宅での記録成功率として高い数値が確認された。ログデータを活用した生活状況の推定では、正答率の低さや、記録周期の課題点が確認された。

生活状況可視化機能の生活スコアに関しては、アンケート結果では男女別、世帯別でのスコアの違いが見られた。このことより、性別や同居人の数で各評価項目の重要性や意識の違いがあることが分かった。また年齢での違いでも生活スタイルが変わると考えられる。スコア化にあたって配点の基準を生活者の性別、年齢、生活スタイルに合わせ変えるシステムが必要だと考えられる。

6.2 今後の展望

現時点では各機能別での評価しか実施できていないため、健康管理支援システムのアプリケーションとしての利用者評価を実施する。また現時点で確認された課題点に関して改良を進めていく。

参考文献

- [1] エコネットコンソーシアム HEMS とは.
<https://echonet.jp/about/hems/> (2019)
- [2] 加藤力也, 家庭用エネルギー管理システム(HEMS)の普及に関する課題とその動向, 電力中央研究所報告 Y12011
- [3] 八木田克英, 岩船由美子, 畑泰彦, “見える化 HEMS の閲覧行動とコミュニケーション効果”, エネルギー・資源学会論文誌, vol35, no.9, pp.50-58, 2014
- [4] 23 年度「見える化機器」利用前・利用後アンケートの結果 (夏) について:
- [5] <http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10189884/www.city.osaka.lg.jp/kankyo/page/0000148884.html> (2019)
- [6] 内閣府: 日本再興戦略 2016 -第四次産業革命に向けて-, 平成 28 年 6 月 2 日発行資料,
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016_zentaihom-bun.pdf
- [7] 日経 BP 事務局: IoT 技術等を活用した次世代住宅懇談会,
<https://project.nikkeibp.co.jp/jisedaij/entry/jisedai180405.pdf>
- [8] 厚生労働省における 生活習慣病対策について,(2019.12)
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/iryoujyohou/dai11/siryou8.pdf>
- [9] ECHONET Lite : <https://echonet.jp/>
- [10] Bao, L. et al. "Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data". Proceedings of the Second International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE 2004). LNCS
- [11] 3001. Vienna, Austria, 2004- 04, Austrian Computer Society.
- [12] Springer, p.1 - 17.I. S. Jacobs and C. P. Bean, “Fine particles, thin films and exchange anisotropy,” in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [13] Ouchi, K. et al. LifeMinder: A wearable healthcare support system with timely instruction based on the user's context. IEICE Transactions on Information and Systems. E87-D, 6, 2004, p.1361 - 1369.
- [14] Maekawa, T. et al. "Object-Based Activity Recognition with Heterogeneous Sensors on Wrist". Proceedings of the Eighth International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE 2010). LNCS 6030. Helsinki, Finland, 2010-05, Helsinki Institute of Information Technology and Univ. of Helsinki. Springer, p.246 - 264.
- [15] 健康チェックリスト(2019.12)
<http://www.jph-ri.or.jp/kenko/checklist/index.html>
- [16] eneQube. <https://www.q-techno.co.jp/products/social13.html>
- [17] Node-RED. <https://noder>