

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12150

研究課題名（和文）心身の未病改善を目的としたAIとIoTによる生活行動評価の研究

研究課題名（英文）Research on lifestyle behavior assessment using AI and IoT for improving unwellness of mental and physical health

研究代表者

杉村 博（Sugimura, Hiroshi）

神奈川工科大学・工学部・准教授

研究者番号：80647503

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：一人暮らしの生活を改善するための生活行動評価システム開発を実施した。大学生や単身赴任の社会人、独居老人といった独身者かつ健康者を主対象とした未病状態をベースに、IoTやAIを活用して生活行動を評価することで生活行動の改善を促すことを目的とする。データ収集の仕組みから、生活行動の評価関数を作成し、全体としてアプリケーションパッケージを開発した。研究を通じて生活行動は6個の大項目、55個の小項目を定義した。データ収集機能として11種類のIoT機器やサービスと連携する機能を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生活を改善するという目的に関して、明確に問題が表出していない未病・健康者に対して生活改善の観点を与え、という事そのものに注力した点が本研究の特徴である。不健康になってから改善するのでは、既に手遅れである場合や医療現場への負担増加という問題があり、健康状態の維持が重要である。一般的に健康とは肉体的・精神的なものであるが、本研究ではさらに踏み込んで、身だしなみや住居、地球環境も含めた生活行動支援を総合支援して社会的な健康も精神的健康に影響があると考えて取り入れてたことに意義がある。

研究成果の概要（英文）：We developed a life behavior evaluation system to improve the lives of single people. Based on the unwell state of mainly single and healthy people such as university students, single working adults, and the elderly living alone, the system aims to improve lifestyle behavior by evaluating lifestyle behavior through IoT and AI. The data collection mechanism created an evaluation function for lifestyle behavior, and an application package was developed as a whole. Through the research, we defined six significant items and 55 minor items for lifestyle behaviors. As data collection functions, functions were created to work with 11 types of IoT devices and services.

研究分野：コンシューマサービス

キーワード：スマートホーム スマートライフ 生活行動評価 IoT AI 人工知能 ECHONET Lite

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究計画の年、COVID-19 が世界的流行をもたらしていた。世界的なロックダウン、外出規制の下で人々の生活には大きな変化があった。マスク生活の強制、リモートワークの導入、三密(密室、密接、密集)の回避、屋内換気の徹底、外出制限による運動不足増加等がその変化の代表である。また、COVID-19 の世界的流行は医療現場の逼迫を引き起こし、自宅療養も余儀なくされ、被害者も増加した。

(2) COVID-19 以前からも、医療・介護の観点から厚生労働省は健康寿命を延ばす科学技術の振興が重要としている。健康被害、体調不良が出てからの対策は手遅れである場合もあり、未病での改善が重要である。しかしながら健康な本人が自覚して未病改善することは難しい。特に独身者にはその傾向がある。

(3) 国立社会保障・人口問題研究所によれば 1995 年では単独世帯数 25.6%であったが、2018 年には単独世帯数 35.3%にまで上昇していることが分かっている。今後も増え続け、2040 年には 40%近くまで上昇することが予想されている。それに伴い、上記(2)の問題は重要性が増加する。

(4) 地球環境保全の観点から、電気・ガス・水道のマネジメント、プラスチックゴミ削減、リユース・リサイクル等に関して重要性の再認識が始まっている。2011 年東日本大震災での電力逼迫、2015 年に持続可能な開発目標 SDGs の採択、2019 年再生可能エネルギーの固定価格買取制度順次満了等を受け、消費者個人で実施できる取り組みの重要性が増加している。

2. 研究の目的

本研究は個人の生活改善を支援するシステムを開発することを目的とする。システムの利用者は独身者を幅広く対象とし、一人暮らしの大学生、単身赴任中の社会人、独居老人を男女問わず支援する。システムの具体的な利用目的は個人に依存して幅広く、例えば健康寿命を延ばすため、自堕落な生活をただすため、自立した生活を培うため、環境にやさしい生活を目指すためといった利用が考えられる。

現在の生活改善は医師や保健師との相談を基準とし、基礎的で大多数に当てはまる改善リストや頻出パターンからベストプラクティスとしてまとめたアンケート等を中心としている。すなわち、適度な運動、禁煙・禁酒・減塩、バランスの良い食事、十分な睡眠などである。その他にもストレスチェックシートやエコチェックシートなどもある。いずれにせよ情報が散乱していることと、これら全てを定期的に確認することは手間であり、現実的には実施できない。さらに深く考えると、これらチェックシートは相互作用や優先順位が考えられていない。忙しい社会人に対して毎日手料理と 9 千歩の運動と 8 時間の睡眠を要求したり、突然の無理な禁煙や禁酒でストレスを抱えてしまったり、使用していない電灯やテレビのコンセントを抜いて空き巣に入られるようではいけない。

開発するシステムは IoT (Internet of Things、モノがネットワークにつながる技術) を利用して利用者の生活行動をセンシングして点数表を作成することで、自らの生活状況を俯瞰的に評価して改善点を見出すことのできる仕組みである。自動的に得点を付けることで手間を減らし、利用者は生活を改善することに注力できる。生活行動を様々な視点でのチェック項目で統合して、複合的な視点で改善を目指すことができる。

3. 研究の方法

本研究は実際に下記 3 点に対して具体的なシステム開発に取り組む。

(1) プライバシー情報に考慮した統合データベース

現在、ウェアラブルデバイスや IoT 機器、スマートホーム向け家電は多種の通信プロトコルや API が乱立している。これらの収集可能項目を選定し、統合して、データベースを作成する際のスキーマの定義やネットワーク構成を検討する必要がある。ここで、単純にクラウド DB に集約する手法では家庭のプライバシー情報をアップロードするため問題がある。自宅のデータは自宅で、インターネット経由のデータはセキュアに取り込んで蓄積、そしてこれらを連携する仕組み、という段階を実装する。

(2) IoT 機器のセンシングデータを利用した生活改善評価分析

ウェアラブルや IoT 機器のセンシングデータやスマートホームの操作記録や家電の計測値を集約した後、生活改善のための得点付けをする必要がある。また、生活能力を定量的評価する事に関しても単純な線形評価ではなく、生活者の行動変容を考慮した形で検討する。センシング不可能な部分についてはアンケートでまずは全体を実装する。

(3) 高度なデータ分析を利用した生活改善に関する評価

上記(2)で足りない部分について、IoT 機器や HEMS のセンシングデータではなく、写真や SNS の利用等による評価方法について検討する。また、AI や時系列データ分析などの高度なデータ分析方法を取り入れて、生活評価関数を実装する。

4. 研究成果

研究は 3 つの視点として(1)システムの全体フローの開発と評価および改善、(2)単純な数値

データによる統計的評価関数の開発と評価、(3)人工知能的技術を応用した評価関数の開発と評価に分割して実施した。これらの研究開発の中で通信量増大の問題が発生したため、(4)多数のIoT機器からの高速な情報収集について研究した。全ての機能は最終的に一つのアプリケーションに集約するように開発している。最終的に開発するシステムの全体像を図1に示す

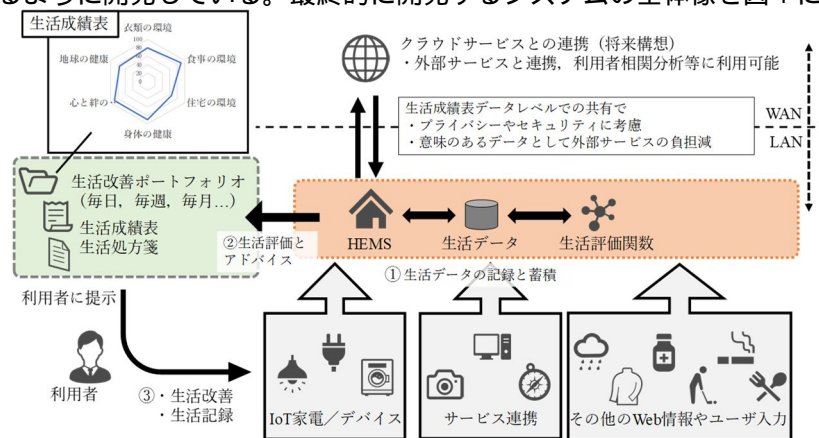


図1 開発するシステムの全体像

(1)システムの全体フローの開発と評価、および改善

全体システムの枠組みを開発した。データベース設計、情報収集環境、IoTデバイスやサービスを整理して生活データの記録と蓄積、生活成績表の作成と表示といった全体の仕組みを開発して、実際に生活者の情報を集約できるように動作させる。最初の段階ではシステムによる自動的な生活行動評価作成が出来ないので、成績表作成に必要なデータは利用者アンケートによって補った。一方で、実際に集約できるデータを利用してシンプルな生活評価表の作成の実装も行った[1]。シンプルに毎日の数値を取得して集約し、生活の得点を結論付けられるものとして電力スマートメーターの消費電力に注目した。電力スマートメーターは毎日の電力量計測を正確に取得でき、日本国内の大半の家庭には既に導入されており、安価で利用でき、ECHONET Lite プロトコルでサードパーティ製アプリケーションから通信できるというメリットがある。これを用いて電力見える化を実装した。電力スマートメーターからのデータ集約及び表示画面へのシステム内部設計を図2に示す。

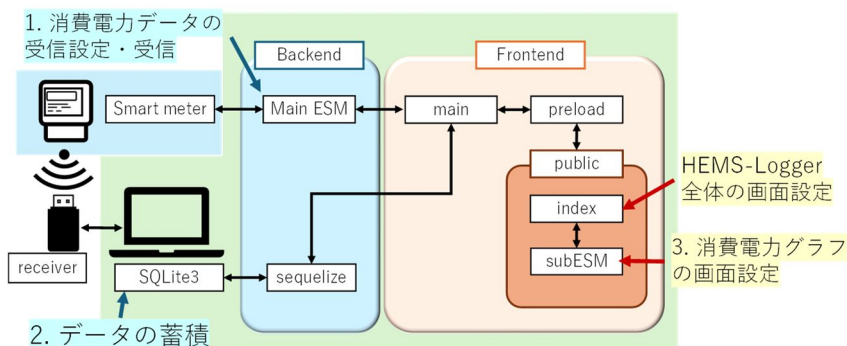


図2 電力スマートメーターのデータ集約

図3にシステムを動作させてスマートメーターの消費電力(瞬時電力)が見える化した画面を示す。3分に1回、定期的にデータを取得してデータベースに蓄積し続け、画面上にリアルタイム表示する。瞬時電力、瞬時電流(R相、T相)、積算電力量(正、逆)を表示する。同時にすべて表示したり、選択した項目だけを表示したりと、ユーザが自分の求める表示方法を選択できる。

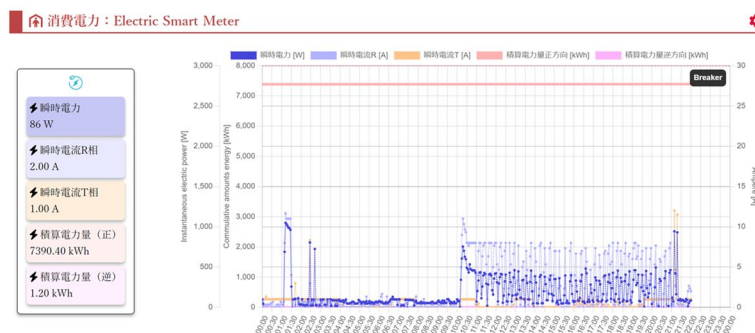


図3 電力見える化

本システムを実際に利用することで各機能に関するアンケートを集めた。結果として、グラフ中の契約アンペアがあることでブレーカトリップを防ぎ、電気の使い過ぎを直感的に理解できるようになった。90%以上が契約アンペアの表示が必要と回答している。グラフの種類や色使

いに関しては意見が分かれた。64%が項目の色分けが見やすいと回答したが、36%は見にくいという評価をした。グラフの種類に関しても14%が見にくいという意見があった。その他、グラフの表示間隔を30分としていたが、1時間のほうが良いという意見が出た。その他、家電のオンオフの予約機能が欲しいという意見や、前月・前年度データとの比較機能が欲しいという意見が自由記述にあった。

翌年にはシステムの高機能化を実施した。オープンなWebAPIや各社が公開しているIoT通信用のAPIを利用して、多くの生活情報を一つのアプリケーションに統合し、一つのデータベースに集約できるように開発した。最終的に開発した機能は表1のものがある。

システムのオープンソース化もすすめ、OpenHEMS PLISというアプリケーションパッケージを構成し、実際にMicrosoft Storeにて配布開始した[2, 3]。Storeからシンプルにダウンロードしてインストールできる環境を整えたことによって、より広範にシステムを使用でき、実験環境構築が簡便となり、様々な利用者からの意見を収集可能と考えた。

表1 集約したIoT機器やWebAPI

機能分類	具体的な機能
状況・環境表示、環境センサ	時計 and カレンダー (Local time) Japan Meteorological Agency API (weather) Open Weather Map API (weather) Netatmo API (weather station and Room environment) OMRON Environment sensor (Room environment, USB dongle required) CO2 センサー (Room environment, USB device required)
IoT コントローラ	ECHONET Lite スマート電力メーター (USB dongle required) Philips HUE API IKEA API SwitchBot API
ウェアラブルデバイス	Garmin コネクト

OpenHEMS PLISの構成を図4に示す。各種機能は多量のモジュールとなってしまいが各機能はオブジェクトとして同等のインタフェール設計になるように構成している。この図ではSwitchBot モジュールとなっている四角の部分に他のIoTやWebAPI通信が置き換わる形で実装している。

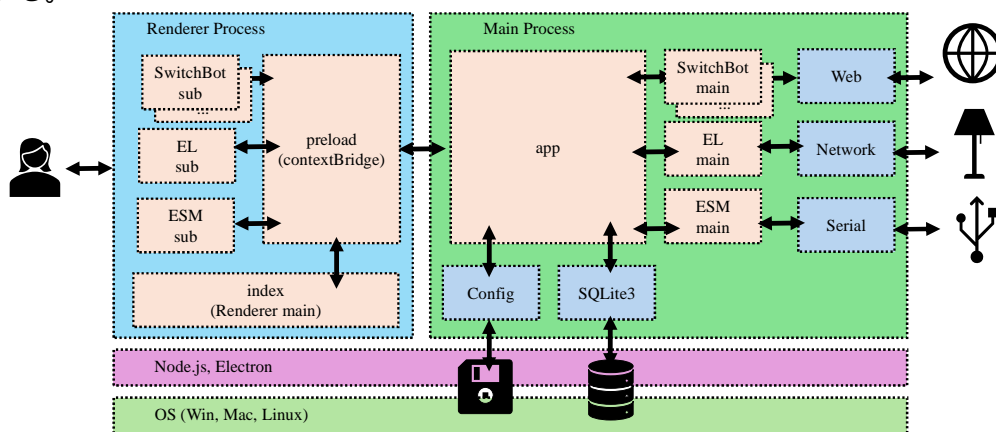


図4 OpenHEMS PLIS

(2) 単純な数値データによる統計的評価関数の開発と評価

情報収集システムを利用して、具体的に生活行動の評価を行う関数を実装した。体型評価においてはウェアラブルデバイスとIoT体重計を利用して肥満改善の支援のための体型評価の関数を作成した[4]。BMI、体脂肪率、筋肉量を測定してそれぞれの評価関数(1,2,3)の結果を加重平均して求める。各評価関数は得点10点から100点の間で推移し、最終的な体型評価の得点も10点から100点の間で推移する。最低得点10点としたのは利用者のモチベーション維持に役立つためである。各評価値の推移を図5に示す。

$$p_{bmi} = 100 \times e^{-\frac{(BMI-22)^2}{100}} + 10 \quad (1)$$

$$p_{fat} = 225 \times e^{-\frac{(fat-15)^2}{90}} + 10 \quad (2)$$

$$p_{mus} = 60 \times \log_{10} \left(\frac{muscle}{weight} \times 100 \right) \quad (3)$$

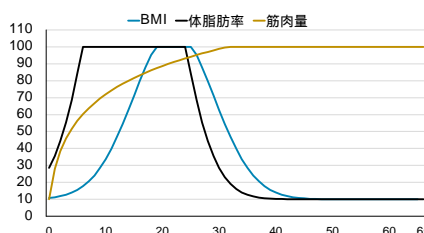


図5 各評価値の推移

実装してシステムを利用してアンケートで評価した。体型評価値が下がった場合に戻すモチ

バージョンがあるかという質問には90%の肯定的意見が得られた。一方で、本システムが体系を見直す結果になったかという質問には50%が肯定的意見であった。総合的な体型評価値ではなく、BMI や体脂肪率そのままのほうが理解しやすいという意見もあったが、こちらは市販のウェアラブルデバイスのほうで表示されている。

屋内空気環境の快適度管理についても評価関数を作成した[5]。IoT センサを利用して屋内の温度と湿度を計測し、一日分の得点として評価している。温湿度から不快指数のような得点を求めることはできるが、3分毎に24時間のデータ(480レコード)を1日分の評価をする方法はなく、これを数値時系列データとして評価する関数を作成した。実験的に下記の数式(4,5)によって温度と湿度の得点とした。屋内空気環境は今後CO2やほこり量などもかかわってくるため、気温と湿度は独立して表示することとした。

$$T = \text{AverageTemperature} \quad H = \text{AverageHumidity}$$

$$p_{temp} = \begin{cases} 5 & (T \leq 18.3) \\ 16.7 \times T - 300.8 & (18.3 < T < 24.0) \\ 100 & (24.0 \leq T \leq 28.0) \\ -16.7 \times T + 567.6 & (28.0 < T < 38.7) \\ 5 & (38.7 \leq T) \end{cases} \quad (4)$$

$$p_{humid} = \begin{cases} 5 & (H \leq 21.0) \\ 5 \times H - 100 & (21.0 < H < 40.0) \\ 100 & (40.0 \leq H \leq 60.0) \\ 5 \times H + 400 & (60.0 < H < 79.0) \\ 5 & (79.0 \leq H) \end{cases} \quad (5)$$

(3) 人工知能的技術を応用した評価関数の開発と評価

IoT 家電からは直接センサデータを取得できるため、生活評価を実施することは比較的簡易であるが、IoT 非対応の家電利用から生活評価を実施したいと考え、家電の消費電力から生活行動を推測する技術について研究した[6]。図6に示すように、実際の住宅に対してスマート電力メーターの消費電力の記録と、正解データとして利用するための宅内カメラを設置して、実際の生活と家電製品の動作及び消費電力について予測結果との比較を行った。実験の結果、テレビ、洗濯機、ドライヤー、炊飯器などの最大消費電力値の大きいものを対象にすることで宅内住民の行動を90%以上の精度で推定できることが分かった。

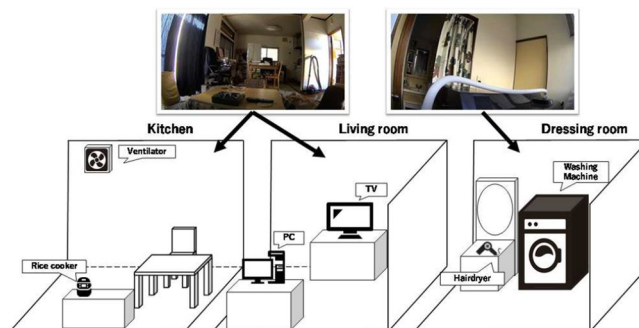


図6 実験環境

(4) 多数のIoT機器からの高速な情報収集

システム開発研究を進める中で、研究計画にない問題が発生したため、追加の研究を実施した。多数のIoT機器通信を統合するアプリケーションとして動作する際に、宅内のネットワーク通信量が増大する問題が発生した。具体的には、アプリケーション起動時に全IoT機器の機器発見から通信開始処理を実施して利用開始となるが、実際に利用開始するまで30分程度かかるようになった。そのため、通信量削減と高速な初回起動に関する研究を行った[7]。提案する手法は逐次プロパティ取得する方式と比べて、32台以上のIoT家電を保有するスマートホーム環境下で、アプリケーション準備時間が9923[s]から132[s]に短縮した。

<文献>

[1] 栗栖 優里奈, 望月 海久斗, 杉村 博, HEMS-Logger: 簡便な導入を目的とした電力みえる化ツール, 令和5年電気学会全国大会, 3, pp. 67--68, 2023

[2] PLIS, <https://plis.sugi-lab.net/> 2024

[3] Hiroshi Sugimura, Tomoki Watanabe and Masao Isshiki, Development of an Open Smart Home Controller, 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics, pp. 884--885, 2023

[4] 岡 直人, 岩田 耀璃, 古澤 瑠果, 杉村 博, IoTデバイスを用いた肥満度改善支援, 電子情報通信学会総合大会, A-18-27, 2024

[5] 青木 泰禰, 川井 祐人, 杉村 博, 室内空気環境の快適度管理サポートシステム, 電子情報通信学会総合大会, A-18-28, 2024

[6] Takahiro Sakai, Hiroshi Sugimura and Masao Isshiki, Research on Behavior Estimation Method using HEMS Environment, 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies, pp. 106--107, 2022

[7] Hiroshi Sugimura and Masao Isshiki, Fast Getting Properties Over ECHONET Lite, 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics, pp. 876--877, 2023

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 栗栖 優里奈, 望月 海久斗, 杉村 博
2. 発表標題 HEMS-Logger : 簡便な導入を目的とした電力みえる化ツール
3. 学会等名 令和5年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takahiro Sakai, Hiroshi Sugimura, Masao Isshiki
2. 発表標題 Research on Behavior Estimation Method using HEMS Environment
3. 学会等名 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimura and Masao Isshiki
2. 発表標題 Fast Getting Properties Over ECHONET Lite
3. 学会等名 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimura, Tomoki Watanabe and Masao Isshiki
2. 発表標題 Development of an Open Smart Home Controller
3. 学会等名 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青木 泰樺、川井 祐人、杉村 博
2. 発表標題 室内空気環境の快適度管理サポートシステム
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 岡 直人、岩田 耀璃、古澤 瑠果、杉村 博
2. 発表標題 IoTデバイスを用いた肥満度改善支援
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山崎 洋一 (Yamazaki Yoichi) (40568763)	神奈川工科大学・創造工学部・准教授 (32714)	
研究分担者	三栖 貴行 (Misu Takayuki) (80570572)	神奈川工科大学・創造工学部・教授 (32714)	
研究分担者	一色 正男 (Isshiki Masao) (90567364)	神奈川工科大学・創造工学部・教授 (32714)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------