

神奈川工科大学

スマートハウス研究センター

研究報告

第 7 号

2022 年度

研究推進機構

目次

- ・ HEMS 関係国際標準化推進

一色正男、関家一雄、藤田裕之、笹川雄司

- ・ ECHONET Lite Web API 実証システムの開発

藤田裕之

- ・ 社会人向け IoT 教育の教材作成

藤田裕之、一色正男、笹川雄司、杉村博、渡部智樹、有滝貴広、平原茂利夫

- ・ 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

杉村博

- ・ 学生が高齢者疑似体験ゴーグルを着用したときの照明光色による顔表面温度の変化

三栖貴行

HEMS 関係国際標準化推進

研究者名：一色正男、関家一雄、藤田裕之、笹川雄司

1. 研究の目的

HEMS に用いられる蓄電池制御方法の ECHONET Lite AIF 仕様に関する国際標準化

2. 研究の必要性及び従来の研究

家庭のエネルギー管理システム（HEMS）では、蓄エネ機器を活用することにより、太陽光発電等の創エネ機器が作り出すエネルギーを有効に活用できる。中でも、電気を直接蓄え、必要な時に取り出せる蓄電池は、エネルギーの地産地消やスマートグリッドへの貢献の観点から、HEMS における最も重要な機器である。

3. 期待される効果

本事業にて蓄電池の ECHONET Lite AIF 仕様を規格化し、国内外での IoT サービスの標準規格としての ECHONET Lite のプレゼンスの確保、HEMS 普及拡大を推進する。

4. 研究の経過及び結果・評価

2020 年度より SC25 WG1 へ事前提案を開始し、2021 年 9 月に NP 提案が承認となった。今年度は CDV 投票開始(40.20)の目標に対して順調に進捗し、7 月に CDV 投票開始、10 月に終了可決され、12 月に国際標準化が承認(50.99)された。2023 年 5 月には「ISO/IEC 14543-4-302」として発行予定である。

国内外での ECHONET Lite のプレゼンス確保に向け、海外展示会出展、海外関連団体との交流、海外規格調査、実機試験環境調査を 2020 年度より継続して行った。今年度は、4 件の海外展示会出展、1 件の海外関連団体との交流会実施など、他の項目を含めほぼ計画通り進捗した。

5. 今後の計画

次年度からは、別内容の新テーマとして、「電気自動車用充放電器/充電器・HEMS 間 AIF 仕様の国際標準化」取り組む計画である。

6. 研究成果の発表

経済産業省への最終報告書「【省 0 4】HEMS に用いられる蓄電池制御方法の ECHONET Lite AIF 仕様に関する国際標準化成果報告書」

ECHONET Lite Web API 実証システムの開発

研究者名：藤田 裕之

1. 研究の目的

スマートハウス研究センターも参画してエコーネットコンソーシアムで策定した ECHONET Lite Web API（以下、本 Web API と省略する）は、HEMS (Home Energy Management System) 用途の国際標準規格である ECHONET Lite を実装した家庭内の白物家電や住宅設備機器を、インターネット経由で操作することを目的とした IoT 用途の通信プロトコルである。

本 Web API を利用して、家庭内の ECHONET Lite 機器を操作することができるシステムである ECHONET Lite Web API 実証システム（以下、本システムと省略する）を開発する。本システムは、インターネットに接続され本 Web API を実装したサーバーと、家庭内に設置しサーバーと通信しながら家庭内 LAN に接続された ECHONET Lite 機器を制御する HEMS コントローラで構成される。

開発項目としては、サーバー側のソフトウェア開発、サーバーの設定やデプロイ作業、HEMS コントローラのソフトウェア開発、サーバーと HEMS コントローラの通信設定などがある。

2. 研究の必要性及び従来の研究

スマートハウス研究センターではこれまでに、本 Web API のリファレンスとなる「実験サーバー」を開発し公開してきた。これは本 Web API の仕様を忠実に再現したものである。本 Web API の動作を確認し理解するために本 Web API の学習者が広く利用している。仕様で定義された様々な機器のすべての機能に対応するため、操作対象の機器はサーバー内でエミュレーションしている（実機の操作は行わない）。

Web API を利用したサービス開発では、サーバーの開発とクライアントの開発が必要であるが、特にビジネスロジックを実装するクライアントの開発がキーとなる。家庭内の実際の機器を制御できるサーバー側のシステムを標準的な開発環境として用意することで、サービス開発者はクライアントの開発に集中でき、サービスのプロトタイピングを迅速に行うことができる。

そこで今回、本システムの開発を行なった。

3. 期待される効果

本システムを利用することで、本 Web API を利用したさまざまなサービスを迅速にプロトタイピングすることができるようになり、本 Web API を利用したサービス開発の促進に貢献する。

4. 研究の経過及び結果・評価

今年度は基本機能に関して、サーバー及び HEMS コントローラのソフトウェア開発を行なった。サーバーのセットアップとソフトウェアのデプロイを行なった。HEMS コントローラのソフトは PC/MAC/ラズパイ上で動作確認を行なった。その後システムとしての基本動作を確認した。エコーネットコンソーシアムの協力者にも評価をしていただき、実用レベルの実装であることを確認した。

5. 今後の計画

今後はスマートメーターに対応するための WiSUN 通信のサポートや、認証認可に関する機能の実装を予定している。

6. 研究成果の発表

2023 年 2 月 7 日 一般社団法人エコーネットコンソーシアム主催 第 18 回エコーネットフォーラム「ECHONET Lite Web API 実証システムの紹介」

社会人向け IoT 教育の教材作成

研究者名：藤田裕之 一色正男 笹川雄司 杉村博 渡部智樹 有滝貴広 平原茂利夫

1. 研究の目的

社会人のリスキリングのための IoT 教育の教材を作成することを目的とする。

2. 研究の必要性及び従来の研究

経済産業省は 2030 年に IT 人材の不足数を 80 万人、そのうち半数は IT サービス市場の変化に伴い IoT や AI 関連と想定している。IT 人材の必要とされるスキルも変化し、それに対応する教育が求められている。

スマートハウス研究センターは H 科の IT 技術の初学者を対象に、HEMS (Home Energy Management System) 用途の国際標準通信規格の ECHONET Lite 規格を使用してエアコンや照明などの機器制御ができるスキルを身につけることを目的として 2017 年度から IoT の講座を開始した。白物家電の制御という具体的なテーマを設定し、適切なツールと教材を用意してハンズオンを取り入れた実践的な講義を行うことで、幅広い IT 技術を効率的に取得させることがポイントである。

また、社会人向けリスキリングの必要性が高まってきている。ECHONET Lite 規格を策定しているエコネットコンソーシアムは、インターネットに接続された白物家電の遠隔操作のための通信規格 ECHONET Lite Web API を 2018 年に策定し、本 Web API の普及促進活動として IoT マスター制度を 2021 年に開始した。HEMS 関連の IoT 講座を受講し、一定以上のスキルを習得したと認められる個人に資格を与える制度である。

スマートハウス研究センターはエコネットコンソーシアムの要請を受け、IoT マスター制度向けの教材を作成することになった。

3. 期待される効果

本教材を利用して社会人のリスキリングに貢献する。

4. 研究の経過及び結果・評価

実習システムを含む IoT 講座の教材を作成した。

エコネットコンソーシアムは本教材を使用して IoT マスター制度の ECHONET 2.0 技術セミナーを実施し、55 人が受講、29 人が IoT マスターに認定された。受講後のアンケート結果によると、5 段階評価の評価点の平均が 4.52 であり、ポジティブなコメントが多数寄せられたことから、受講者の満足度は非常に高いという結果が得られた。

また、本講座の共同作成者であり、Web デザインとプログラミングに特化した専門教育機関であるインターネットアカデミーが本教材を使用して社会人向けリスキリングコースを

実施した。2022.12.31 時点で本講座を完了した 30 人のうち、29 人のスキルレベルが「Engineer level」となり、本教材の効果が示された。

5. 今後の計画

本教材作成の成果を用いて、本学学生向け講座のアップデートを行いたい。

6. 研究成果の発表

2023 年 3 月 10 日 神奈川工科大学 IT を活用した教育シンポジウム 2022
「社会人向け IoT 教育の教材作成と IoT マスター制度の紹介」

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

研究者名：杉村 博

1. 研究の目的

本研究では、ウェアラブル端末、スマートフォン、スマートホームといった IoT 利用と、そこから集約されるデータの分析によってユーザの生活品質を評価し、生活改善の助言や気付きを与えるシステムの開発に取り組む。本システムは 1 日毎、1 週間毎、1 ヶ月毎のように定期的に生活を採点し、生活成績表を作成してアドバイスとともにユーザに通知する。採点では生活評価を 6 大項目に分割して示すことで具体的な生活改善策への気付きを促すシステムの開発を目指す。

2. 研究の必要性及び従来の研究

国立社会保障・人口問題研究所によれば 1995 年単独世帯数 25.6%であったが 2018 年では単独世帯数 35.3%にまで上昇している。今後も更に増え続け、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、独身者や高齢者の日常生活の負担、外食・既製品利用の増加、怠惰な生活、家族や社会コミュニケーションの希薄化が問題となっている。医療や介護の観点からも、厚生労働省は「健康寿命を伸ばす科学技術の振興」が重要としている。プラスチックごみや省エネといった地球環境保全への個人努力も重要である。しかし、独居老人、独身・単身赴任の社会人、一人暮らし大学生のような若者といった独身者が自らの生活を省みて改善することは非常に困難である。さらには、2020 年度の COVID-19 による外出自粛の推奨でこれらの問題は増加している。

本研究の主対象は、一人暮らし大学生のような若者、独身・単身赴任の社会人、独居老人といった独身者かつ健常者とする。独身者はそのプライベートな生活内で他者の目を気にせず生活する時間が多くなり、自らの生活行動を省みることが少ない。しかし未病や地球環境保全といった目的で、自らの生活行動を客観視して行動改善することがこれからの社会では必要である。しかし生活行動全体の改善支援を目的としたシステムはまだ開発されていない。

地球環境に関する行動の評価方式として、スマートハウスや HEMS を利用した電力エネルギーの見える化による行動評価や、遠隔・自動・連携・協調制御による改善方法などが研究されている。水道やガスも管理可能として考慮しても、ゴミの排出量や車の排気といった評価は無く、省エネ基準のみでは「我慢する節電」のように生活の品質が低下する恐れもある。

生活の質 (Quality of Life; QOL) の定量化に関して WHO が提唱している。WHO QOL

26 は、「身体的領域」「心理的領域」「社会的関係」「環境領域」の大項目について、医師が患者に聞き取るか、評価者自身が評価している。この項目は、がん治療領域で患者の意向を無視した治療を避ける目的で発達してきたため、健常者向けには適用しにくい。このような背景の中で、IoT や AI を利用して個人の生活の質を、総合的に向上させる仕組みが必要であると考えた。

3. 期待される効果

本システムの使用によって、生活行動に関して定量的評価を可能とする。定量的評価によってシステム利用者自身の状況が明確になり、改善に向けてのアイデアやアドバイス、改善努力の自覚などが発生することを期待できる。本研究の主課題である「心身の未病改善」に対し PDCA ループを実施すると考えた場合、Check と Action に対して効果的に働くと期待する。

4. 研究の経過及び結果・評価

2019 年度及び 2020 年度では、研究の根幹として、研究方針と研究体制、システム全体の設計方針から、利用者の生活情報を扱うためのプライバシー確保方針、生活評価のための評価項目の整理方針と具体的な評価項目を決定した。評価項目を大項目と小項目に分割して、トップダウンに整理することで研究全体を小タスク化し、研究そのものをアジュール開発を可能にした。

表 1 評価項目の検討状況

大項目	小項目（例）
衣類の環境	洗濯の頻度，清潔感，おしゃれ度，季節感
食事の環境	朝ごはんの有無，栄養バランス，カロリー量，食事時間
住宅の環境	整理整頓度，空気環境，室内 CO2 濃度，室温，湿度
身体健康	生活リズム，睡眠時間，運動量，排便管理，歯磨き，手洗いがいい
心と絆の健康	趣味や娯楽の充実度，ストレス，家族・地域・社会との繋がり度
地球の健康	消費電力，使用水量，ゴミ排出力，リサイクル度

2021 年度及び 2022 年度では、システム全体フローの開発を実施した。データベース設計、情報収集環境構築、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、生活成績表の試験的作成と表示といった全体の仕組みを開発した。また、生活成績表に関しては結合可能な IoT 機器や Web サービスが少ないため、ほとんどのデータは利用者アンケートによって補っている。被験者を募って、数名で実施しており、システム全体の動作安定性や、被験者別での環境の違いなどをプログラムの吸収し、多種多

様な状況でも動作可能になってきた。プログラムの安定性に関しては今後も随時メンテナンスが必要である。

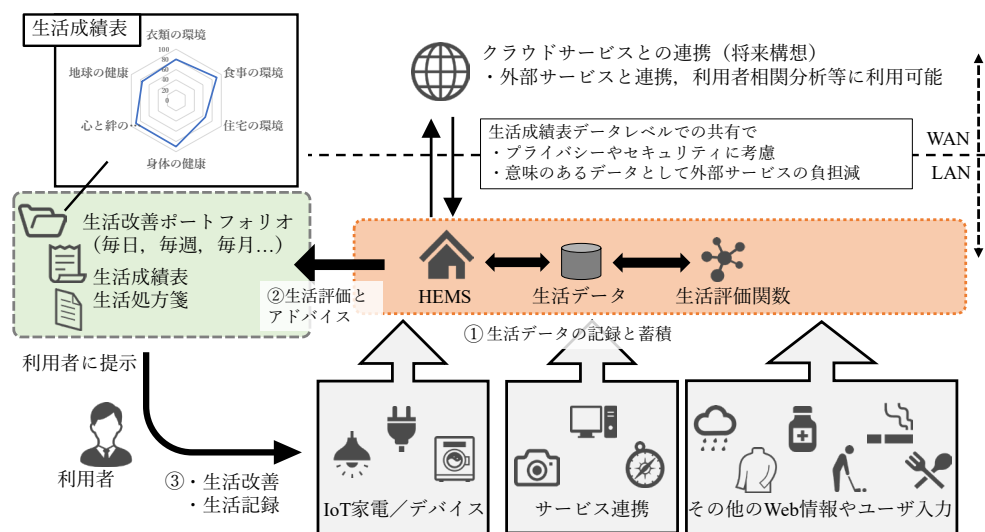


図1 システムの全体像

2022年度では、IoT機器やWebサービス連携によって、いくつかの小評価項目に関して自動化する仕組みを開発した。ここでは仕組みの開発を中心としており、項目得点の良し悪しに関してはまだまだ検討が必要である。したがって、現時点では閾値による単純な定量化であるものの、システム全体のフローを確認する枠組みとしては実装できた。

5. 今後の計画

本研究開発の機能として構想していることは、各小評価項目の定量化、アドバイス大項目の総合得点化、ユーザ別のアンケート最適化、機器連携による生活支援などがある。この中で優先順位をつけながら、実装していく計画である。2023年度においては、各小評価項目の定量化を実施する。特に、2022年度時点では、単純な閾値による定量化の機能でしかないが、ここにAI的な手法を取り入れて、より曖昧で複雑な項目を評価する研究を実施する。

6. 研究成果の発表

[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見える化ツール, 令和5年電気学会全国大会, pp. 67-68, 2023. 3. 15

[2] 松本 一教, 杉村 博, AIとIoTによる生活行動評価の研究, Research Day オープンラボ, 2023. 3. 31

学生が高齢者疑似体験ゴーグルを着用したときの照明光色による顔表面温度の変化

研究者名：三栖貴行

1. 研究の目的

高齢者の熱中症は近年大きな問題となっている。高齢者は不快な高温多湿環境に早期に気づかない場合が多く、室温が徐々に上昇することや症状が非特異的なものが多く独居の高齢者は熱中症発症後も発見の遅れから重症化すると言われている¹⁾。熱中症問題解決の研究として「体感温度の見える化」による高齢者の「行動変容」が熱中症予防の効果を持つと推定し、高齢者住宅の夏季における温熱環境の実態調査と居住者の意識と行動変容について把握するためにアンケート調査を行った研究があり、居住者に温湿度計を示す前のエアコンの使用率が 42.7%、温湿度を示した場合は使用率が 60%と 17.3%の増加が確認されている²⁾。一方で照明光色と照度は心理的な影響を及ぼすことが示されている³⁾。また照度と色温度の組み合わせにより生活のシーンにおける理想的な光色も検討されている⁴⁾。本研究グループは 2020 年度に赤色光が人の体感温度に影響を与えることがわかり、顔表面温度は環境温度に -2°C の差がある場合でも 0.32°C 上昇した⁵⁾。

高齢者が生活の中で照明光色が変化することで温湿度変化を認識できれば熱中症予防に繋がるだけでなく、体感温度も制御できないかと考えた。本研究では照明光色の変化による高齢者の体感温度や体表面温度への影響を検討するために 21~22 歳の男性被験者に高齢者疑似体験ゴーグル⁶⁾の白内障、黄視症フィルタを装着しながら白色・青色・赤色の三色の LED 光の環境で三種類のゴーグルを装着したときの顔表面温度、心拍数および体感温度への影響について検討する。

2. 研究の必要性及び従来の研究

高齢者の熱中症問題解決の一助として「体感温度の見える化」による高齢者の「行動変容」を促すことは重要である。従来は照明光色を変えるには色フィルタが必要であったが、近年のフルカラー LED 照明により、フィルタが不要となっただけでなく広く家庭に普及している。

3. 期待される効果

熱中症予防の効果が期待されている。

4. 研究の経過及び結果・評価

実験時間は 30 分間に設定し、3 日に分けて行った。実験室のシーリングライトの色を 1 日目は白色 LED 光、2 日目は青色 LED 光、3 日目は赤色 LED 光として実験を行った。実験環境は、照度 73lx、室温 $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ であり、実験は神奈川工科大学に通う 20 代男子学生 10 名で行った。実験中は室温 24°C 、照度 73lx の実験室で 10 分ごとに 3 種類の高齢者疑似

体験ゴーグルを着け替えてもらい、30 分間ビデオを見せた。ゴーグル 1 は白内障フィルタ 1 枚、ゴーグル 2 は白内障フィルタ 2 枚、ゴーグル 3 は黄視症フィルタ 1 枚とした。また、着衣量を統一するため服装はジャージ上下に着替えさせた。顔表面温度を赤外線サーモグラフィカメラで測定し、体表面温度と心拍周期、LF/HF を myBeat で計測した。myBeat は前室から測定を開始し、被験者のみぞおちに装着させた。サーモグラフィカメラの測定間隔は 10 秒間に設定し、被験者の眉間を測定データに使用した。Table 1. に各照明光色における高齢者疑似体験ゴーグル装着時の生理的評価と VAS 評価のまとめを示す。ゴーグル 1 は白内障フィルタ 1 枚、ゴーグル 2 は白内障フィルタ 2 枚、ゴーグル 3 は黄視症フィルタ 1 枚とした。白内障フィルタは着用時に各照明光を薄くさせる効果があり、青色 LED 光は確認しづらくなったが赤色 LED 光は確認できた。黄視症フィルタは青色 LED 光が確認しづらくなったが、赤色 LED 光ではフィルタ色と混色されオレンジ色に見えた。白色 LED 光暴露時の顔表面温度の高齢者疑似体験ゴーグルの影響は赤色 LED 光暴露時と逆の変化を示した。また、青色 LED 光暴露時の顔表面温度の高齢者疑似体験ゴーグルの変化はゴーグル 1→ゴーグル 2 で-0.1℃、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で+0.1℃となり、他の LED 光暴露時に比べて変化量が小さくなった。赤色 LED 光暴露時の顔表面温度の変化はゴーグル 1→ゴーグル 2 で-0.3℃、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で+0.2℃となり、LED 光色の中で最も大きな変化が得られた。高齢者疑似体験ゴーグルにより、青色 LED 光では色が薄くなったことが顔表面温度への影響を与えにくくしていると考えた。また赤色 LED 光は黄視症フィルタで暖かさを感じる効果が増したと思われる。体感温度の VAS 値はアンケート用紙上の平均値で+1mm、-2mm の変化であり、大きな変化はない。光は皮膚からも感じられると言われていること⁴⁾、また黄視症フィルタのオレンジ色は代表的な暖色であることから無意識下で体表面温度に影響を及ぼしたと推測している。

まとめ

学生が高齢者疑似体験ゴーグルを着用したときの照明光色による体表面温度の変化を検討し、以下の結果が得られた。

- 青色 LED 光は体感温度ではゴーグル 1→ゴーグル 2 で+8.2、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で+4.4 と上昇したが、顔表面温度はゴーグル 1→ゴーグル 2 で-0.09℃、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で+0.09℃と変化が少なくなった。
- 赤色 LED 光は体感温度ではゴーグル 1→ゴーグル 2 で+1.3、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で-1.8 が得られ、顔表面温度はゴーグル 1→ゴーグル 2 で-0.33℃、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で+0.2℃と変化が得られた。

表 1 各照明光色における高齢者疑似体験ゴーグル装着時の生理的評価と VAS 評価のまとめ

白色LED光					
	ゴーグル 1		ゴーグル 2		ゴーグル 3
顔表面温度	35.6	+0.2	35.8	-0.3	35.5
心拍数	89	-2	87	-2	85
体感温度	45	-1	44	+8	52

青色LED光					
	ゴーグル 1		ゴーグル 2		ゴーグル 3
顔表面温度	35.4	-0.1	35.3	+0.1	35.4
心拍数	77	-1	76	+1	77
体感温度	34	+8	42	+5	47

赤色LED光					
	ゴーグル 1		ゴーグル 2		ゴーグル 3
顔表面温度	36.1	-0.4	35.7	+0.3	36.0
心拍数	82	-1	81	-1	80
体感温度	56	+2	58	-2	56

ル3で+0.24℃と変化が大きくなった。

- 白色LED光30分間暴露の平均顔表面温度を基準にすると青色LED光暴露により-0.2℃、赤色LED光暴露で+0.3℃という結果が得られた。
- LED光色は心拍数の増減と暴露時間中の心拍数増減範囲に影響を与え、顔表面温度が変化すると考えられる。

参考文献

- 1) 三宅康史, 有賀徹, 井上健一郎, 奥寺敬, 北原孝雄, 島崎修次, 鶴田良介, 横田裕行, “本邦における熱中症の実態—Heatstroke STUDY2008 最終報告—”, 日本救急医学会雑誌, 第21巻第5号, pp. 230-244, (2010).
- 2) 柴田祥江, 北村恵理奈, 松原斎樹, “高齢者の夏期室内温熱環境実態と熱中症対策—体感温度の認知(見える化)による行動変容の可能性—”, 日本生気象学会雑誌, 第55巻, 第1号, pp. 33-50, (2018).
- 3) 中村肇, 唐沢宜典, 沢辺真由美, “リビング照明の心理要因と物理要因の体系化”, 照明学会誌第80巻, 第11号, pp. 11-18, (1996).
- 4) 高橋啓介, “照明の色温度と照度とが室内環境評価に及ぼす効果”, 医療福祉研究, 第2号, pp. 30-36, (2006).
- 5) 佐々木柊, 朝原裕樹, 眞田大輝, 三栖貴行, “赤色照明が人体に与える体感温度への影響”, 日本色彩学会誌, 第44巻, 第3号, pp. 70-73, (2020).
- 6) 小浜朋子, 池田光男, 久住亜津沙, 篠田博之, “白内障疑似体験ゴーグルに入射する環境光によって生じる色票の彩度低下”, 日本色彩学会誌, 第28巻, 第2号, pp. 95-101, (2004).

5. 今後の計画

被験者として高齢者への依頼が必要と考えている。今後は照明とエアコンを実際に連動させて被験者の状況を考察したいと考えている。

6. 研究成果の発表

上田直幸, 友部和樹, 佐藤優次, 三栖貴行, “学生が高齢者疑似体験ゴーグルを着用したときの照明光色による顔表面温度の変化”, 日本色彩学会第53回全国大会発表予稿集(2022年), pp. 64-67, (2022.6).