

# 高齢者の家の中の困りごとを可視化と解決をする生活支援 IoT プラットフォームの開発

Home IoT Platform to Visualize and Resolve Challenges for Elderly



伊藤 研一郎 (Kenichiro ITO, Ph. D.)

東京大学

情報基盤センター 情報メディア教育研究部門 助教

(Research Associate, The University of Tokyo, Information Technology Center, Campus-wide Computing Research Division)

IEEE、ACM、機械学会、日本バーチャルリアリティ学会 他

著書：サービス VR の挑戦(共著)、東京大学出版会 (2023 年)

トコトンやさしい VR の本 第 2 版(共著)、日刊工業新聞社 (2022 年)

ユーザの感性と製品・サービスをむすぶ：真意を聞き出すアンケート

設計と開発・評価事例(共著)、サイエンス&テクノロジー株式会社(2018 年)他

研究専門分野：システムエンジニアリング バーチャルリアリティ IoT ジェロンテクノロジー

## あらまし

本研究では、高齢者が直面する生活課題を解決するのに、Internet of Things (IoT)\*1 を主体的に利用して自律的な Quality of Life(QoL)向上を目指すことが可能なシステムの開発を目的とする。具体的な方法としては、アクションリサーチなど的高齢者の視点に立った技術開発手法を利用し、多様な高齢者の生活スタイルとニーズの理解を深め、高齢者が IoT を自ら使うことによって健康維持や社会参加などのさまざまな機会を最大限に高めることが可能なシステムを提案する。特に、高齢者が主体的に IoT をカスタマイズして個人の課題を個人で解決できるようになることを目指し、高齢者の直面する潜在的な生活問題を社会へ顕在化させずに IoT プラットフォーム内で可視化と解決が可能となるシステム開発を行った。

## 1. 研究の目的

近年、高齢化社会に起因する社会的課題に対して、AI や IoT の利活用による課題解決に関心が向けられている。一方で、活力ある高齢者が増加するとともに高齢者の生活スタイルやニーズも多様化しているため、

用途に特化したソリューションでは高齢者の生活を十分に支援できないことが明らかとなっている[1]。そのため、高齢者が自律的に自身の課題解決に取り組める柔軟性を持ったシステムのあり方について検討する必要がある。本研究では、高齢者が直面する生活課題を解決するのに、IoT 機器を高齢者が主体的に利用して自律的な QoL 向上を目指すことが可能な IoT プラットフォームの開発を研究の目的とする。

## 2. 研究の背景

住宅内での生活支援システムについては、スマートスピーカと人工知能・機械学習・深層学習を組み合わせた研究例が数多く報告され、近年は ChatGPT を用いた試みもある。これらのシステムを通じたユーザインタフェース(UI)やユーザエクスペリエンス(UX)に関する基礎研究も、ヒューマン・コンピュータ・インタラクション(HCI)の分野において数多く報告されている。一方で、これらの研究の多くはインタラクションの有効性に関する評価に留まることが多く、UI でのインタラクション成功後のシステムレベルでの UX 評価が行われていないことや、UX の評価時に UI 以外の要因、生活様式などに着目したものは少ない。特に、高齢者×IoT に関する評価に関しては報告例が少なく、理由としては当該分野においては福祉用具などの報告が多いことや、システムレベルでの評価をするためにはアクションリサーチやリビングラボといったフィールドでの調査体制や産学官民連携した評価体制を築く必要があり、その評価体制を築くのが難しいことがあげられる。また生活現場や生活を模擬した住環境での UX 評価はより現実に即した計測として重要であるが、高齢者×IoT 分野の研究は国内外で報告例は少ない現状があり、高齢者の生活支援に資する IoT のあり方について明らかとなっていない。

2055 年には日本の高齢化率が 40%を超えることが予測されている中、生活や社会を支えるための人的資源の減少は深刻な社会問題となっている。このような社会の中で高齢者が自律的に高い QoL を維持するためには情報通信技術(ICT)の利活用が不可欠であり、中でもカスタマイズ性の高い IoT の利活用が期待されている。

# 高齢者の家の中の困りごとを可視化と解決をする生活支援 IoT プラットフォームの開発

## Home IoT Platform to Visualize and Resolve Challenges for Elderly

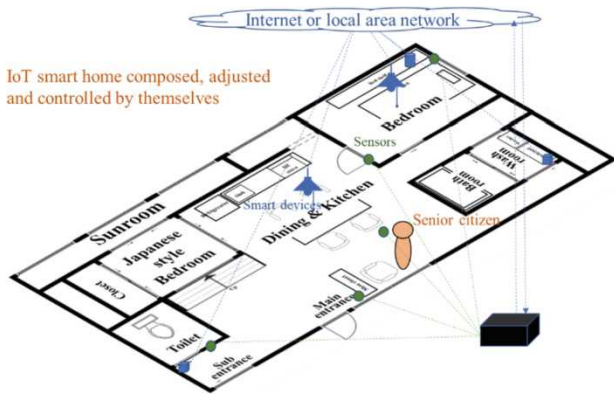


図 1 提案システムの概念図



図 2 模擬住居の外観(東大・柏1キャンパス内設置)

### 3. 研究の方法

ICTははじめとする情報機器を使いこなす高齢者は着実に増えている一方で、ICT利用率や理解度には大きな個人差があり、既存のIoT機器などの先端技術システムの提供しているユーザエクスペリエンス(UX)は高齢者に適さないことが多い[2]。そのため、①高齢者に適したユーザインタフェース(UI)の検討に加え、②高齢者の生活スタイルとニーズを理解する活動を通して、③高いUXを提供するシステムの提案と検討を行う必要がある。具体的には、アクションリサーチの利活用や高齢者を対象としたワークショップなど高齢者の視点にたった生活課題やニーズの抽出を行い、抽出した生活課題とニーズをもとにIoT機器を高齢者が主体的利活用するためのプラットフォームの提案とプロトタイピングを通じたシステム開発と検証を行う。

### 4. 提案システム

図1は、提案システムの概念を示している。高齢者自身がIoTデバイスを自宅の好きな位置に配置し、それらを組み合わせることで自宅に任意の機能を追加することが可能である。自宅にインターネット通信環境を持っていないことも考慮し、モバイルルータを使用して設置可能とした。本システムでは、センサ、機器、ローカルサーバ、モバイルルータのセットを配置し設定するだけで、簡単に自宅をIoT化、いわゆるスマートハウスにできるシステムとなっている。



図 3 連携設定用のインタフェース例

提案システムを評価するために、高齢者の住宅を模擬した住居(図2)に実装するプロトタイプを開発した。プロトタイプは、ローカルサーバは、Intel社製、NUC (BOXNUC7i7BNH, Intel) を使い、モバイルルータは GL-iNET社製 GL-MT1300 を利用した。センサとデバイスについては多数あるため1つずつの紹介は割愛するが、多くのセンサは住環境における長期的な運用を想定したセンサとして、電池交換などが不要で低電力動作が可能な EnOcean 通信が可能な機器を中心に構成し、ローカルサーバでデータを受信した。その他、SwitchBot社製の電源プラグや赤外線通信機など各種機器、Google社製のスマートスピーカ、TP-Link社製のスマート電球など、市販の家庭用IoT機器などとも連携可能なシステムを Node-Red を用いて構築した。

# 高齢者の家の中の困りごとを可視化と解決をする生活支援 IoT プラットフォームの開発

## Home IoT Platform to Visualize and Resolve Challenges for Elderly

提案システムは開発した Web ベースの管理インタフェースに Apple 社製の iPad からアクセスして各種機器の連携設定などを行う (図 3)。Trigger (トリガ) と Action (アクション) によって設定可能なシステムは、ICT に疎いユーザからも高く評価されており、スマートホームの設定インタフェースのための研究などで用いられることが多い。高齢者も個々人の生活に不可欠な機能を記述することが可能であることがわかっている。提案システムでは"トリガ" はセンサ情報に基づく条件であり、"アクション" は IoT 機器による操作であるとの直接的な対応関係によって実装されている (例: トリガ=気温センサが 29°C を超えたら アクション=27°C 設定で冷房をつける)。なお、タブレット操作などでは、高齢者はドラッグやピンチ操作が苦手である一方でタッチ操作に長けている [3] という事情を踏まえ、タッチ操作のみで設定可能なインタフェースとした。

### 5. 評価実験

提案システムの評価はインタビュー調査を含む 120 分間に及ぶ実践的なワークショップ形式とで実験を実施した。ワークショップは実験主旨説明に 15 分、システムの説明と体験 10 分、1 回目アンケート回答時間に 5 分、模擬住居見学に 5 分、システムに 45 分なお、被験者はそれぞれ個別に参加し、まずはシステムの可用性について調べることを目的に若者 10 名に実施し [男性 5 名、女性 5 名、平均年齢 26.6 ± 2.1 (SD)] た。その後同様の実験を高齢者 10 名 [男性 5 名、女性 5 名、平均年齢 71.5 ± 3.9 (SD)] に対して実施した。データについては一部解析中であるが、現在分析対象としてデータとしてはトリガとアクションの組み合わせを 1 つ作る設定時間、主観的な指標として System Usability Scale (SUS) と User Experience Questionnaire (UEQ) の短縮版 (Short-UEQ) を計測した。計測した指標は個別の定量的な分析に加え、相関分析を用いた。若者の分析においては SUS の評価及び Short-UEQ の評価は十分に高い結果を得ており、また SUS、UEQ、個別に設定した UI に関する設問を通じて、インタラクション成功後のシステムレベルでの UX 評価の分析を行った (図 4)。



図 4 若者データの相関分析結果([4]より引用)

分析の結果、家の中の困りごとを可視化と解決をする生活支援 IoT プラットフォームとして機能していることを示された [4]。高齢者の分析については分析をすすめている途中で、これまでの実験から一定の有効性を示しているものの、若者データと高齢者データと相関傾向など、若者群と高齢者群に傾向の違いがないかの分析は現在進行中である。

### 6. 将来展望

これまでの研究から現在の高齢者が IoT に期待する機能として「自動化」よりも「通知」機能であることがわかってきた [5]。特に多かったのがスマートフォンへの通知や屋内スピーカなどからの音声による通知である。一方で、高齢者の期待する機能の多くは既にスマートフォンやスマートスピーカの利活用で実現可能であるものの高齢者自身による実装まで至っておらず、また期待する機能に特化システムは費用対効果が薄く、購買行動へも繋がっておらず、現状は高齢者自身が生活で改善したい課題を発見できても、QoL 向上に具体的な取り組みができない状態であった。

本研究は、高齢者が自分のために IoT を利活用し、自分達の手で自分の QoL を向上させる、自律的な社会基盤が形成されるような効果が示唆された。将来的に、健康維持や社会参加などのさまざまな機会を最大限に高めることが可能であれば、普及することによって社会問題への解決に繋がる可能性が期待される。

特に、潜在的な生活問題を高齢者によって自律的な解決がすすむと、問題は社会に顕在化せずに解決されていくことになる。このモデルは、昨今注目されているライフログなど個人データにおけるプライバシーの

# 高齢者の家の中の困りごとを可視化と解決をする生活支援 IoT プラットフォームの開発

## Home IoT Platform to Visualize and Resolve Challenges for Elderly

懸念などと親和性が高い問題解決モデルと考えられる。そのため本モデルは高齢者と AI や IoT の組み合わせだけでなく、プライバシーに配慮しつつ AI や IoT 利活用しつつ、問題を解決していく手法の一つとしても普及することが期待される。

### おわりに

近年、セキュリティ上の懸念も意識させるようになってきたスマートハウスにおいても、プライバシーに配慮した支援システムや見守りシステムが要求されてきている。本研究でもエッジコンピューティングなどのインターネット上にデータを送信する前にデータ処理や匿名化処理を行うシステム構成も提案している [6] が、高齢者など最先端情報技術に疎い人でも十分に安心して利用する UX を提供できる段階にはできていない。本研究はスマートハウスなどのシステムの中核を担えるアプローチを有し、研究展望としては高齢者が安心・安全に使える生活支援 IoT プラットフォームの実現に資することが期待される。

### 用語解説

\*1 Internet of Things (IoT) は、Kevin Ashton 氏が 1999 年にセンサ技術と RFID を起点としたインターネットとリアルをつなぐネットワーク網のことをさして発明された概念である。現代では意味が変化し、現実空間に対してコンピュータが感覚器官となり計測・分析・判断・実行するためのネットワーク網のことを指し、人間の入力したデータを介さない一定の自律性をネットワーク化されたコンピュータが有していることが特徴である。デバイス単位で見た際は、インターネットにつながれた機器と単純化して説明することも少なくなく、代表的な例としてスマートフォンが取り上げられることもある。

### 参考文献

[1] Jiang Wu, Yuriki Sakurai, Soo In Kang, Reina Yoshizaki, Akihiko Kamesawa, Koki Nakano, Daisuke Yoshioka, Kazuki Kaneko, Chung-Hsien Lin, Toko Funaki, Shiho Hirose, Kenichiro Ito, Mahiro Fujisaki, Ikuko Sugawara,

Misato Nihei, Takahiro Miura, Ken-Ichiro Yabu, Taketoshi Mori, Tohru Ifukube, Junichiro Okata, “Design Implications and Methodology based on the Potential Needs of Seniors for Home Monitoring Systems.” The Asian Conference on Design and Digital Engineering(ACDDE) 2018, pp.No68 1-10.

[2] Kenichiro Ito, Ryogo Ogino, Atsushi Hiyama, Michitaka Hirose, “Senior’s Acceptance of Head-Mounted Display Using Consumer Based Virtual Reality Contents.” In Proceedings of Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for the Elderly and Technology Acceptance HCII 2019. Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI, Vol. 11592, pp.170-18, DOI:10.1007/978-3-030-22012-9\_13.

[3] Masatomo Kobayashi, Atsushi Hiyama, Takahiro Miura, Chieko Asakawa, Michitaka Hirose, Tohru Ifukube, “Elderly User Evaluation of Mobile Touchscreen Interactions.” In: Human-Computer Interaction – INTERACT 2011. INTERACT 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6946. pp.83–99, DOI: 10.1007/978-3-642-23774-4\_9.

[4] Reina Yoshizaki, SooIn Kang, Hiroki Kogami, Kenichiro Ito, Daisuke Yoshioka, Koki Nakano, Yuriki Sakurai, Takahiro Miura, Mahiro Fujisaki-Sueda-Sakai, Ken-ichiro Yabu, Hiroshige Matsumoto, Ikuko Sugawara, Misato Nihei, Hiroko Akiyama, Tohru Ifukube, “Design and Verification of a Smart Home Management System for Making a Smart Home Composable and Adjustable by the Elderly.” Human Aspects of IT for the Aged Population. Technology in Everyday Living. HCII 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13331. pp. 134–153, DOI: 10.1007/978-3-031-05654-3\_9.

[5] Soo In Kang, Reina Yoshizaki, Koki Nakano,

# 高齢者の家の中の困りごとを可視化と解決をする生活支援 IoT プラットフォームの開発

Home IoT Platform to Visualize and Resolve Challenges for Elderly

Taiyu Okatani, Akihiko Kamesawa, Daisuke Yoshioka, Jiang Wu, Yuriki Sakurai, Kenichiro Ito, Mahiro Fujisaki-Sueda-Sakai, Ikuko Sugawara, Misato Nihei, Takahiro Miura, Ken-ichiro Yabu, Taketoshi Mori, Tohru Ifukube, Junichiro Okata, “Design and Implementation of Age-Friendly Activity for Supporting Elderly's Daily Life by IoT.” In Proceedings of Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for the Elderly and Technology Acceptance HCII 2019. Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI, Vol. 11593, pp.252-268, DOI: 10.1007/978-3-030-22015-0\_28.

- [6] SooIn Kang, Kenichiro Ito, Reina Yoshizaki, Hiroki Kogami, Koki Nakano, Daisuke Yoshioka, Yuriki Sakurai, Mahiro Fujisaki-Sueda-Sakai, Ikuko Sugarawa, Takahiro Miura, Ken-Ichiro Yabu, Tohru Ifukube, “Enriching IoT Web Application Experience by Integrating Containerized Edge Resource.” In 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech). pp.544—546, 2022. DOI: 10.1109/LifeTech53646.2022.9754770.

この研究は、令和元年度 S C A T 研究助成の対象として採用され、令和 2 ～ 4 年度に実施されたものです。