

IoT と機械学習を用いた独居者の健康な生活の 維持・向上に関する研究

Improving Health and Quality of Life in One-Person Households Using IoT and Machine Learning

2177004



研究代表者 株式会社ACCESS IoT 事業部
ソリューション開発第1部
(助成金受領時：神戸大学大学院 博士後期課程)

鈕 龍

【研究の目的】

厚生労働省は2030年に単身世帯が37.4%になるという予想を発表しており、近い将来、高齢者や若者も含め、国民の世帯3件のうち1件は一人暮らしの家ということになる。しかし、独居者は見守りや介入がなく、自分の力で生活する必要があるため、生活リズムが乱れやすくなる現象がある。また、生活リズムの乱れが健康状態の悪化を招く。その結果は独居者が健康的な生活を保持し難い。

この背景をもとに、近年実用化が進むスマートフォンやセンサ、IoTデバイス等の機械と人間が協調し、独居・単身者を支援する研究を行う。特に、独居・単身者が健康的な生活リズムを維持しにくいという現実を焦点をあて、本研究では、人の屋内位置と環境センシング、および、機械学習を活用して、独居・単身者のQoL (Quality of Life) を維持・向上するシステムを開発する。本研究の成果により、独居・単身者が健全な生活リズムを維持し、安全・安心な社会の実現に貢献することが期待できる。

【研究の内容、成果】

近年、スマートデバイスやIoTの発展と共に、様々なヘルスケアシステムやサービスが提案されている。これまでも、高齢者や障害者の生活向上を目的とした「見守りサービス」や、

生活習慣の改善を目的とする「生活行動認識」技術の研究が盛んに行われている。しかし、従来の研究では、生活行動の認識・検出にカメラやマイクロフォンによる映像・音声認識などの方法や測位システムや状態検知センサなどを利用している。よって、在宅生活への身体や住宅への侵襲性、導入コストの高さ、検出精度の低さ等から、OPHに導入し長期間運用することにおいて課題がある。また、QoL改善の研究では、体温・心拍数・運動量などの侵襲性の高い特殊なヘルスケア機器を装着させ、これらから得られる生理指標によって健康状態の分析を行うものである。これらの方法は生活リズムの乱れを発見するものではなく、乱れの結果引き起こされる健康の異常を検出するものであり、生活リズムの改善という点では検出が遅いという問題点がある。

これら関連研究の課題を解決すべく、本研究では次の3つの成果を上げている。図1は研究結果の全体像を表している。

- ・成果1 (R1)：独居者が導入可能な低コスト・低侵襲な宅内生活データの収集基盤の開

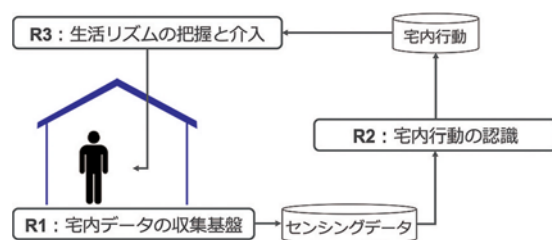


図1 研究結果の全体像

発；

- ・成果 2 (R2)：個人の宅内生活日常生活行動を高精度に認識技術の開発；
- ・成果 3 (R3)：独居者の生活リズムの把握し、個人に応じた質の高い生活を維持・向上する方法の提案；

R1. 宅内データの収集基盤

上記 R1 に関するもので、屋内位置と環境センシングデータの収集基盤を提案している。屋内位置に関しては、既存の測位システムが利用できる場合は、位置情報を再利用するための屋内位置情報統合フレームワーク (WIF4InL) を提案している。測位システムがない場合は、Bluetooth ビーコン (BLE Beacon) を用いてヒトの屋内位置を簡易的に計測するシステム (BluePIN) を提案している。環境センシングについては、我々の研究グループで開発している自律センサボックスを利用して、温度、湿度、照度、振動、気圧、音圧、人感の 7 種類の環境値をセンシングする。

評価については、提案手法の収集データは位置情報と宅内環境値のため、独居者の部屋内の生活様子をみえない、画像や音声に比較して、プライバシーに低侵襲である。必要なデバイスはセンサボックスとビーコン (据え置き型) で工事不要、体に装着しなくてよいため、身体やモノ (家具、家) に低侵襲である。

R1 の成果は、査読付き国際論文誌 International Journal of Pervasive Computing and Communications, および国内の IN 研究会で発表している。

R2. 宅内行動の認識

上記 R2 について、屋内位置と環境センシングデータを統合した日常生活行動の認識システムを提案している。図 2 がシステムの機能を表している。教師あり機会学習でデータを学習し、7 種類の日常生活行動 (睡眠、食事、外出、入浴、掃除、仕事、テレビ視聴) を認識するモデ

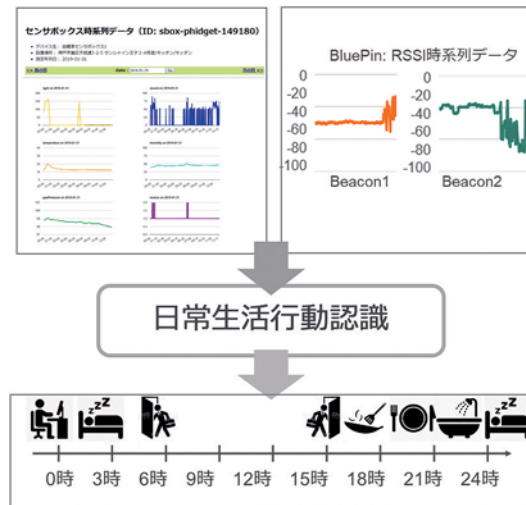


図 2 生活行動認識システム

ルを構築している。提案システムのアーキテクチャは 3 つのステップがある。① ライフログツールによる教師データの作成；② 特徴量の開発・抽出；③ Multiclass classification を用いた認識モデルを構築する。

本研究で工夫したところがステップ②生活行動の特徴量の開発・抽出である。特徴量の抽出については、まず、日常生活に影響している環境値を選択する。R1 でセンサボックスが 7 種類の環境値をセンシングしているが、比較実験によって収集した気圧と振動データが人の行動を認識する特徴量が非常に弱いことを判明した。上記の原因で本研究は 5 種類の環境 (温度、湿度、照明度、音量、人感) を活用した。次に、時間窓を設定する。時間帯 (30 秒, 1 分, 2 分など) 内のセンシングデータの変化や平均値を分析して行動を予測する。例えば、照度は低くなり、モーションがなくなると、恐らく睡眠か外出していることを予測できる。最後に、時間窓内の各環境値を集約関数 (平均値, 最大値, 最小値, 分散など) で集約する。環境値と集約関数の組合が 108 個のパターンが存在する。全てのパターンを実験すると、非常にコストがかかるので、本研究では直交表を用いて各環境値の集約関数 (表 1) を実験した。

本研究で利用した Multi-classification アルゴリズムは近年関連研究でクラシックや最新の

表 1 直交表で生成した実験ケース

Groups	light	motion	tempera- ture	humidity	Sound
G1	MIN	MAX	AVE	AVE	MAX
G2	MAX	MAX	STD	STD	STD
G3	AVE	AVE	STD	STD	MAX
G4	MAX	AVE	AVE	AVE	MAX
G5	MIN	AVE	AVE	STD	AVE
G6	AVE	AVE	AVE	AVE	STD
G7	MAX	MAX	STD	AVE	AVE
G8	AVE	MAX	AVE	AVE	AVE
G9	MIN	AVE	STD	STD	STD

表 2 生活行動ログ

ユーザー	日付	開始時刻	終了時刻	生活行動
user1	2018/6/1	0:00:00	0:08:59	勉強
user1	2018/6/1	0:08:59	0:19:10	入浴
user1	2018/6/1	0:19:10	0:33:52	TV
user1	2018/6/1	0:33:52	8:05:34	睡眠
user1	2018/6/1	8:05:34	8:12:18	起床
user1	2018/6/1	8:12:18	8:26:17	調理
user1	2018/6/1	8:26:17	8:50:09	食事

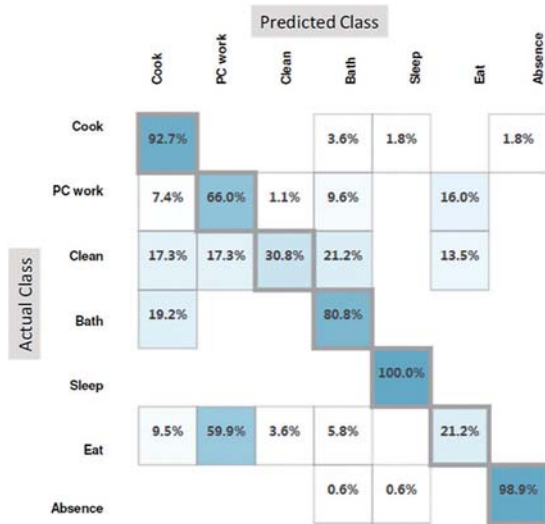


図 3 1つモデルの認識結果

な3つのアルゴリズム (Logistic Regression, Decision Forest, Neural Network) を実験した。

また、一人暮らしの被験者の家に提案システムを配備し、半年間の評価実験を行っている。百以上の認識モデルを構築し、平均精度90%以上を達成、特に、睡眠、外出、入浴を高精度で認識できることが確認できた。図3はその中の一つのモデルの具体的な認識結果を表している。

R2の成果は、査読付き論文誌 International Journal of Software Innovation, および4本の査読付き国際会議 (ICAMCS2017, SNPD2017, IPIN2017, iiWAS2017) で発表している。

R3. 生活リズムの把握と介入

上記 R3 に関するもので、R2 で自動認識し

た生活行動ログデータ (表2) を基づく生活リズムを表現し、その生活リズムの質を定量的に評価する手法を提案している。独居者の生活行動の周期的な変化によって独居者の生活リズムを把握し、その人にとって質の高い生活を達成するためのアドバイスを導出する。生活リズムは人間が個別に持っている活動と休息を基盤とした生活時間構成のことである。これまで、生活リズムの維持に特に重要な睡眠と朝食に着目し、週ごとの統計的特徴量によって生活リズムを表現して、自己評価による生活の充実度に回帰するモデルを導出する手法を開発している。

図4はR3の全体像を表している。まず、STEP1: 睡眠、食事のログデータから統計的特徴を抽出しリズムを表現する。

次に、STEP2: 個人の主観的な生活質 (QOL) を測定する。本研究で二つの手法を提案した: a. 毎週の生活の充実度合いをユーザー自身が自己評価する。その手法は人毎に異なる QoL の価値観に基づき主観的に評価できる: b.

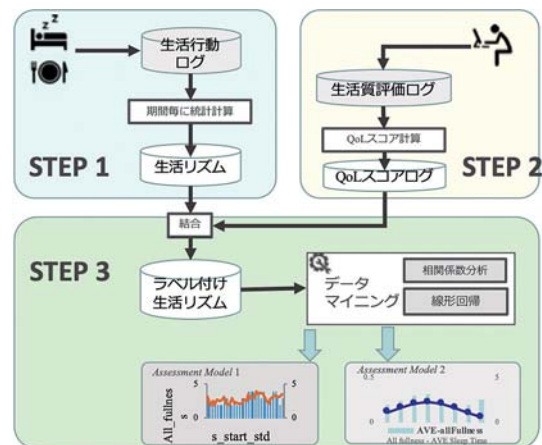


図 4 R3の全体像

$$Y = 6.38 - 0.33 X_1 - 8.1 \times 10^{-5} X_2 - 0.062 X_3$$

- Y:総合的な充実度合い
- X₁:就寝時刻の標準偏差 (単位:時)
- X₂:睡眠時間の平均 (単位:秒)
- X₃:朝食の終了時刻 (単位:時)

図5 生活リズム質の評価結果

健康医療分野の QoL 評価尺度 SF8 (24 時間版) で身体と心理の QoL について 8 個の質問を行う。

最後に、STEP3: その人個人の生活リズムと QoL の関係を表すモデルを導出する。STEP1 の特徴量を STEP2 の QoL 評価値にの相関係数を求め、相関の高い特徴量を抽出し、回帰分析による評価モデルを導出する。

評価実験では、STEP2 の手法 a を用いて、2016 年 5 月から 2018 年 6 月の間の記録が存在する 32 週間の生活リズムを評価した。また、STEP2 の手法 b を用いて 4 人の独居者の約 4 ヶ月 (2019 年 8 月 20 日~12 月 31 日) の生活を評価した。図 4 は一つの結果を表している。また、QOL の質を改善・維持するための生活リズムを評価と介入するサービスの評価実験を行っている。

R3 の成果は、査読付き国際会議 iiWAS2018 で発表している。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究では、屋内位置と環境センシング及び機械学習を用いた独居者の生活質を維持・向上するための個人的なアドバイス・助言を生成するシステムを開発した。しかし、生活リズムの表現が行動の依存関係を表現できない課題が残っている。また、システムで求めたアドバイス・助言の有効性の評価の必要がある。今後は開発したシステムが独居者の生活に介入するサービスと連携して、人の行動に対して適切なアクションを行う介入システムを提案する予定がある。

[成果の発表, 論文等]

論文誌

- [1] Long Niu, Sachio Saiki, Shinsuke Matsumoto, and Masahide Nakamura, "WIF4InL: Web-Based Integration Framework for Indoor Location," International Journal of Pervasive Computing and Communications, vol. 12, no. 1, pp. 49-65, May 2016.
- [2] Long Niu, Sachio Saiki, Shinsuke Matsumoto, and Masahide Nakamura, "Using Non-Intrusive Environmental Sensing for ADLs Recognition in One-Person Household" International Journal of Software Innovation, vol. 6, 2018.

国際会議

- [1] Long Niu, Sachio Saiki, and Masahide Nakamura, "A Preliminary Study for Quantitative Assessment of Life Rhythm Based on Sleeping and Eating Log Data," In 20th (iiWAS2018), November 2018.
- [2] Long Niu, Sachio Saiki, and Masahide Nakamura, "Integrating Environmental Sensing and BLE-Based Location for Improving ADL Recognition," In The 19th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2017), December 2017.
- [3] Long Niu, Sachio Saiki, and Masahide Nakamura, "Recognizing Adls of One Person Household Based on Non-Intrusive Environmental Sensing," In 18th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD 2017), no. CFP1779A-USB, pp. 477-482, June 2017. (Kanazawa, Japan)
- [4] Long Niu, Sachio Saiki, and Masahide Nakamura, "Analyzing Indoor Environment Sensing Data for Recognizing Adls of One Person Household," In 2017 6th International Conference on Advanced Materials and Computer Science (ICAMCS 2017), vol. 3, pp. 323-329, May 2017. (Shenzhen, China)

研究会・全国大会など

- [1] 鈕龍, 佐伯幸郎, 中村匡秀, "睡眠と食事のログデータに基づく生活リズムの定量的評価手法の検討," 電子情報通信学会技術研究報告, no. SC2018-22, pp. 45-50, August 2018. (東京・法政大学)
- [2] 鈕龍, 佐伯幸郎, 中村匡秀, "屋内環境センシングデータを用いた独居者の生活行動の検知," SC 研究会, vol. 117, no. 75, pp. 41-46, June 2017. (University of Aizu(UBIC 3D))
- [3] Long Niu, Seiji Sakakibara, Seiki Tokunaga, Sachio Saiki, Takashi Matsubara, Masahide Nakamura, and Kuniaki Uehara, "Reasoning Daily

Activities of Single Life Using Environment Sensing
and Indoor Location,” In 電子情報通信学会技術研究

報告, pp. 7-8, October 2016.