

宅内環境センシングデータに基づく在宅高齢者の生活習慣の分析と可視化

田坂 風月[†] 陳 思楠[†] 中村 匡秀^{†,††} 佐伯 幸郎^{†††}

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 理化学研究所・革新知能統合研究センター 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1

^{†††} 高知工科大学 〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

E-mail: [†]1914311t@gsuite.kobe-u.ac.jp, ^{††}chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp,

^{††††}saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp

あらまし 現在の日本社会は少子高齢化に直面しており、在宅高齢者の数は増加傾向にある。中でも独居高齢者の増加率は顕著であり、身体機能の低下や生活習慣の変化による健康への悪影響が懸念されている。我々の研究グループでは、「在宅高齢者の暮らしとこころの見守り」をテーマとして研究を行っており、先行研究として傾聴バーチャルエージェント「メイちゃん」を活用した対話サービスがある。その中で、宅内の環境センシングデータを計測・記録するセンサーボックスを利用するのだが、現状では収集したデータの記録・閲覧のみにとどまっている。本稿では記録した長期間の環境センシングデータから、生活習慣に直結する起床・就寝時刻の変化を可視化し分析することで、在宅高齢者の健康や生活の質にどのような影響が出るかを考察する。その結果、起床・就寝時刻の分散が大きい時期に体調を崩しやすいことが分かり、生活習慣の変化が在宅高齢者の健康や生活の質に影響を与えていることが分かった。

キーワード 在宅高齢者, 見守り, センサ, 生活習慣

Analysis and Visualization of Living Habits of Elderly People at Home Based on Indoor Environment Sensing Data

Fuzuki TASAKA[†], Sinan CHEN[†], Masahide NAKAMURA^{†,††}, and Sachio SAIKI^{†††}

[†] Kobe University Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo 657-8501 Japan

^{††} Riken AIP 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027 Japan

^{†††} Kochi University of Technology, 185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782-8502, JAPAN

E-mail: [†]1914311t@gsuite.kobe-u.ac.jp, ^{††}chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp,

^{††††}saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp

Abstract Japanese society is currently facing an aging society with a declining birthrate, and the number of older adults living at home is increasing. In particular, the rate of increase in the number of older adults living alone is remarkable, and there are concerns about the adverse effects on their health due to the decline in physical functions and changes in their lifestyles. Our research group has been studying the theme of “monitoring the lives and minds of the elderly at home,” and has conducted a dialogue service using “Mei-chan,” a virtual agent for listening, as a previous study. In this service, a sensor box is used to measure and record environmental sensing data in the home. However, it is currently limited to recording and viewing the collected data. In this paper, we visualize and analyze the changes in waking and sleeping times, which are directly related to lifestyle habits, from the historical long-term environmental sensing data, and consider how the health and quality of life of older adults in their homes are affected. As a result, it is found that the elderly are more likely to get sick when the dispersion of waking and sleeping time is significant, indicating that lifestyle changes affect the health and quality of life of the elderly at home.

Key words In-home elderly people, Monitoring, Sensor, Living habits

1. はじめに

現代の日本社会は**少子高齢化社会** [1] に直面している。日本人口は減少を続けているが、65歳以上の高齢者の数は年々増加している。それに伴い在宅高齢者の独居率も増加しており、高齢者の生活環境は変化している。身体機能の変化による家庭内作業への障害、自覚のない生活習慣の変化など課題は多い。私たちは今後も進行していく少子高齢化に対して新たな解決策を模索していく必要がある。

その上で、私たちの研究室では「**センサーとエージェントを活用した暮らしとこころの見守り**」をテーマとした研究を行っており、高齢者の生活支援に向けた取り組みに注力している [2] [3]。具体的には、対話型エージェントを用いた見守り・支援サービス [4] [5] [6] や、困り事・対処法共有サービス [7] などが挙げられる。

その中で、**センサーボックス**という宅内の色々なデータ（気温や湿度など）を計測・記録する装置を扱っているのだが、現状それらの膨大なデータは閲覧することのみ可能で、それらを十分に活用するには至っていない。大量の生データを在宅高齢者の生活に役立てることができないかという思いが、本研究の出発点である。

本研究では、センサーボックスで観測できる環境センシングデータの中で、特に照度に注目することで、生活習慣に大きな影響を与える「**起床・就寝時刻**」を導出できるのではないかという点をキープアイデアとしている。そして長期的な起床・就寝時刻の変化を生活習慣の変化と結びつけ、さらに傾聴バーチャルエージェントのライフログ（日記）との比較によりそれらの変化が健康や生活の質に与える影響について考察する。

本研究の目的としては、宅内環境センシングデータを活用し、起床・就寝時刻の変化を可視化すること、そして長期間の起床・就寝時刻の変化が健康や生活の質にどのような影響を与えるかを分析することである。

具体的なアプローチとしては下記のような手順を踏む。

A1: ある1日の起床・就寝時刻の導出

A2: 長期間の起床・就寝時刻の可視化

A3: ライフログとの比較

A1では、膨大な宅内環境センシングデータの中からある1日のデータに注目し、生活習慣に深い関わりを持つ起床・就寝時刻の導出を、照度データを基に行う。これは起床・就寝の前後には照度の変化が起こるからであり、一時的な変化を除外するために「**移動平均**」を利用する。

A2では、A1で導出したある1日の起床・就寝時刻の導出を長期間にわたって行い、これらをグラフ等で可視化する。平均や分散などの値をまとめて表示できる「**箱ひげ図**」を利用し分析を行う。

A3では、A2で可視化した起床・就寝時刻の変化が顕著だった期間のライフログを調べ、健康や生活の質への変化があったかを調査する。ここでどのような影響があるかを把握することで、在宅高齢者の健康状態の把握や「メイちゃん」との連携に繋げることができる。

上記の手順で生活習慣の分析と可視化の評価実験をおこなっていくが、今回はデータ分析をPython [8] という言語で処理していく。AIやデータ解析に役立つツールや親和性があるためであり、今回の実験においてもグラフへの可視化や分析に役立った。

評価実験の結果、起床・就寝時刻の変化や睡眠時間の変化によって体調の変化が起こり、健康や生活の質への影響があることが分かった。さらに本人の自覚のない場合においても、血圧や体温などへの影響があることが分かった。これらの事象から、起床・就寝時刻の変化が生活習慣の変化に直結し、本人の健康や生活の質に影響を与えていると考察できた。

本論文の以降の構成は次のとおりである。2章では本論の準備として少子高齢化社会の到来と先行研究、現状の課題について述べる。3章では提案手法について説明し、4章で評価実験について述べる。5章では導かれた結果の考察をし、6章でまとめとともに今後の課題を述べる。

2. 準備

2.1 少子高齢化社会の到来

他の先進国と比べても、日本の少子高齢化の進行速度は群を抜いている [9]。我が国の総人口は令和元年時点で1億2617万人となっており、その内65歳以上の高齢者は3589万人、割合（高齢化率）にして28.4%となっている。一方で15歳以下の子供の人口は1521万人、割合にして12.1%にとどまっている。将来的に少子高齢化はさらに悪化し、2065年には総人口は9000万人を下回り、約2.6人に1人が65歳以上の高齢者になると推計されている [1]。その背景には、ここ30年の景気の後退や晩婚率の増加、核家族化など様々な問題が存在している。これらの複雑な要因を一度に改善するのは現実的に難しく、進行する少子高齢化にどのように対応するかが重要であると言える。

現状の高齢者の課題は多岐に及ぶ。その中でも、**在宅高齢者の生活環境の変化**は大きな問題である。パートナーとの死別や若者の都市への流出などに起因して、在宅高齢者の独居率は年々増加傾向にある。さらには、高齢化に伴う身体機能の低下によりこれまでの家庭内作業が困難になったり、自覚のない生活習慣の乱れにより健康や生活の質が下がったりする可能性がある。我々はこのような課題に対して、テクノロジーを利用した解決方法を模索する必要がある。

2.2 先行研究

我々の研究室では、「**センサーとエージェントを活用した暮らしとこころの見守り**」をテーマに、傾聴バーチャルエージェントの開発を行なっている。具体的には、宅内の様々な環境センシングデータを検知・記録するセンサーボックスを設置し日々の記録を観測するとともに、傾聴エージェントを通じて在宅高齢者と相互のコミュニケーションをはかるというものである。日記をつける感覚でライフログを蓄積することで、あとから振り返りをしやすくなる他、万が一の出来事が起こった際のセーフティネットとしても利用することができる。

センサーボックスに関しては、気温や湿度、気圧、照度、音、動作などのデータを観測することができる。センサーボックスの



図1 センサーボックスの実際の写真

センサボックス時系列データ (ID: sbox-phidget-458808)

- デバイス名: 中村実家センサボックス2
- 設置場所: 兵庫県 / 相空 (PC部屋) / 相空
- 測定年月日: 2018-06-04

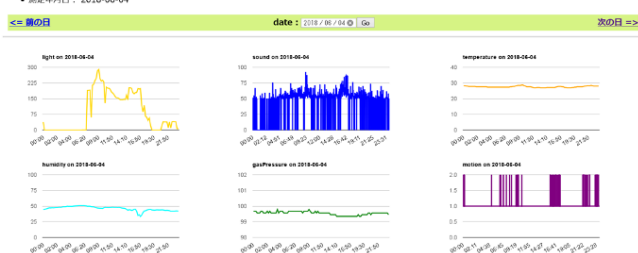


図2 センサーボックスのデータ

実際の写真は図1の通り、データの様子は図2の通り確認することができる。

2.3 現状の課題

2.2章の先行研究を踏まえ、現状の大きな課題として、記録収集した膨大な環境センシングデータを十分に使いきれていないということがある。図2に示した通り、生のデータを見ることは現状可能であるが、それらを利用して長期的な環境センシングデータの変化を観測することは難しい。またそれらの変化が在宅高齢者の生活にどのような影響を与えるかについても不明である。これまでセンサーボックスを設置してから4年以上もの大量のデータがあるが、これらを利用して上記の課題を解決したい。

課題解決にあたり、今回特に注目するものとして生活習慣に深い関わりを持つ要因を取り上げる。それは起床時刻と就寝時刻である。厚生労働省からの発表 [10] にも記述がある通り、起床・就寝時刻は生活習慣の決定要素として大きな指標であり、これらの変化を分析することで生活習慣の変化が健康や生活の質に与える影響について考察することができる [11]。

3. 提案手法

3.1 研究の目的

本研究の目的は、宅内環境センシングデータを活用し、在宅高齢者の起床・就寝時刻の変化を調べることで、生活習慣の変化が健康や生活の質にどう影響するかを考察することである。これまで十分に活用できていない膨大な宅内環境センシングデー

タを基に、生活習慣の変化やその影響について調べることで、将来的に傾聴バーチャルエージェントを通じた見守りサービスにつなげたいと考えている。また今回の結果を踏まえて、今後さらに在宅高齢者宅の環境センシングデータの要素や活用方法を見出したい。

3.2 アプローチ

目的を達成するための具体的なアプローチとして、以下の手順を踏むこととする。

A1: ある1日の起床・就寝時刻の導出

A2: 長期間の起床・就寝時刻の可視化

A3: ライフログとの比較

A1では、膨大な宅内環境センシングデータの中からある1日のデータに注目し、生活習慣に深い関わりを持つ起床・就寝時刻の導出を、照度データを基に行う。1日の起床・就寝時刻を導出できれば、長期間の起床・就寝時刻の導出も可能となる。

A2では、A1で導出したある1日の起床・就寝時刻の導出を長期間にわたって行い、これらをグラフ等で可視化する。生活習慣に大いに影響する要素であり、これらを分析することでどのような影響を与えるかを分析する。A3では、A2で可視化した起床・就寝時刻の変化が顕著だった期間のライフログを調べ、健康や生活の質への変化があったかを調査する。本人の自覚がある体調の変化に加え、自覚のない血圧や体温についてもライフログを参照する。

3.3 A1: ある1日の起床・就寝時刻の導出

A1ではアプローチの最初の段階として、生活習慣に深く関係する起床・就寝時刻の導出を行う。膨大な宅内環境センシングデータの中から、ある1日のデータを取り出し、照度データの移動平均を基準として起床・就寝時刻とする。この導出方法の理由は起床・就寝時には、カーテン或いは室内電灯によって照度を調節させるからである。また、一時的な照度の上昇（例えば夜中に少しか起きてしまった場合など）と区別するために移動平均を用いることとする。ある1日の起床・就寝時刻を導出することができれば、それを長期間分繰り返すことで、長期間の起床・就寝時刻の変化も導出できると推測される。

3.4 A2: 長期間の起床・就寝時刻の変化

A2ではまず、A1で導出したある1日の起床・就寝時刻の導出を繰り返すことで、長期間の起床・就寝時刻の変化を導出する。次に、導出した長期間の変化を平均値・分散値・標準偏差値・箱ひげ図等を用いて可視化する。これらの単位は週ごとや月ごとなど任意で変更可能にする。上記により、長期間における対象者の起床・就寝時刻の変化、それはすなわち生活習慣の乱れを可視化することが可能になる。そして長期間の起床・就寝時刻の変化から、どのような健康や生活の質への影響があるかを分析していく。

3.5 A3: ライフログとの比較

A3では、A2までで導出した在宅高齢者の起床・就寝時刻の変化についての分析を、ライフログとの比較により行う。具体的には、A2で可視化した起床・就寝時刻の乱れが激しかった期間のライフログを参照することで、その時の対象者の健康や生活の質への影響を確認する。自覚がある変化だけでなく、血圧

値や体温などの指標も参考にしながら、生活習慣の変化が与える健康や生活の質への影響について考察する。この考察により、生活習慣の中で起床・就寝時刻がどのような意味合いを持つか、そしてそれらの要素が健康や生活の質にどのような影響を与えるかが明確となる。

4. 評価実験

4.1 実験設定

本実験では、多くの在宅高齢者の中から、80代男性のデータに基づいて行う。実験の目的としては、A1～A3までの手順に従って、長期間の起床・就寝時刻の可視化・分析をすることで、本人の健康や生活の質にどのような影響があるかを調べることである。実験に用いる環境や言語などの実験設定は下記の表1の通りである。[8]

表1 実験設定

期間	2022年1月～2022年10月
対象在宅高齢者	80代男性
使用言語	Python

4.2 実験方法

3.2章で述べた通り、A1～A3の方法で評価実験を行う。まず在宅高齢者の生活習慣の可視化として、照度データに基づく起床時刻と就寝時刻の導出、そして長期間の変化についてグラフでの表示を行う。

A1ではまず、ある1日（今回は2022年1月1日）の照度データを取り出す。そして5分ごとの移動平均をとり、照度20以上となった最初の時刻を起床時刻、照度20以下となった最後の時刻を就寝時刻とする。

続いてA2では、この操作を2022年1月1日から2022年10月31日まで繰り返した。その中で就寝時刻が0時を過ぎることを加味して、1日の時刻設定を3時から27時とすること、さらにグラフに可視化するために、時刻のデータをDateTime型からObject型に変更し、起床値・就寝値として表示させることとする。

そして最後にA3では起床・就寝時刻について、長期間の起床・就寝時刻が健康や生活の質にどのような影響を与えるか、ライフログとの比較によって考察する。比較するにあたって、傾聴バーチャルエージェントに付随した「メイちゃん対話ログ分析アプリ」を活用する。ここでは毎日の朝・晩にその日の出来事や体調、血圧や体温などの情報が記録されている。A2で作成した箱ひげ図を基に、分散が大きかったり、就寝時刻が遅かったりする日時の辺りを集中的に確認する。

4.3 実験結果

まずA1での実験結果について、2022年1月1日の照度の移動平均のグラフを図3に、そこから照度20を基準として導出した起床・就寝時刻を図4に示す。

続いてA2での実験結果について、2022年1月から2022年10月の起床時刻の変化を図5に、2022年1月から10月の就寝時刻の変化を図6に示す。

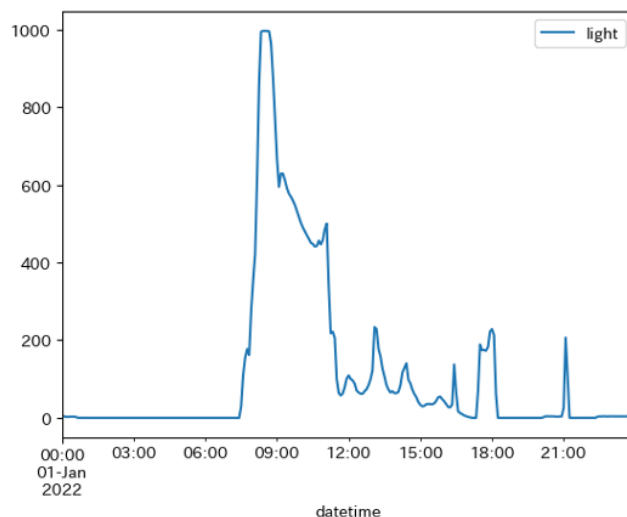


図3 1月1日の照度の移動平均値

2022-01-01 07:35:00+09:00
2022-01-01 21:10:00+09:00

図4 1月1日の起床時刻と就寝時刻

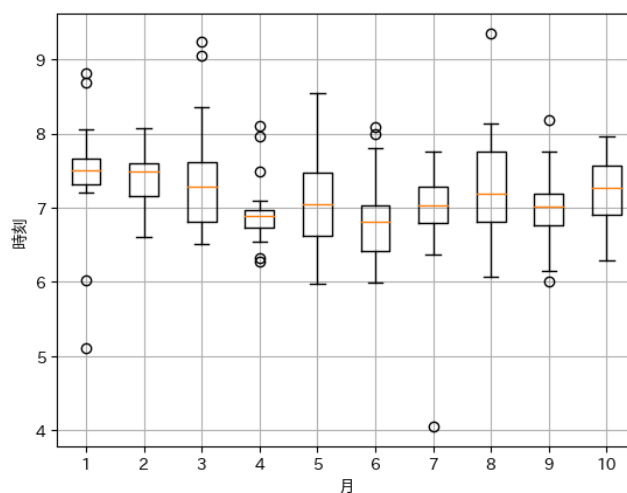


図5 1月から10月の起床時刻の変化

最後にA3での実験結果について、2022年1月から2022年10月の起床・就寝時刻の変化図5・図6の中で、特に分散が大きく就寝時刻も遅めであった5月のログを集中的に確認し、その結果を図7に示す。

5. 考察

5.1 起床・就寝時刻の可視化について

提案手法A1・A2に該当する評価実験については、1日の起床・就寝時刻の導出、そして長期間の起床・就寝時刻の変化を分析・可視化することができた。最終的に「箱ひげ図」として可視化することで、平均値や分散などの情報を一目で見分けることができる。今回の2022年1月～2022年10月までの範囲においては、起床時刻・就寝時刻ともにひと月平均2時間程度の幅で推移しており、月によって約1時間のズレがあるこ

昨日、5月14日(土) 曇り の記録 0745 起床して排便をする。0820~0831 血圧測定を行う。113 52 42、112 51 42、104 49 41 (高圧、低圧、心拍数の順番)、服薬 0825、体温 35.6°C、室温 24.5°C、0836~0843 引き続き血圧測定を行う。107 52 42、108 52 41、103 50 41 (上記に同じ)、体調は少しかんばなくない。

今日、5月15日(日) 曇り の記録 未明の就寝時、眠りに入れず、軽い睡眠導入剤を飲む。睡眠が伸びて 0815起床して排便をする。0900~0910 血圧測定を行う。122 55 40、121 54 39、116 55 39 (高圧、低圧、心拍数の順番)、服薬 0850、体温 35.4°C、室温 24°C、0915~0921 引き続き血圧測定を行う 115 51 39、117 53 39、122 54 40 (上記に同じ)、体調は不調。お腹が張り気味、気分が落ち込む。0940~1010 朝食を食べる。

今日、5月17日(火) 曇り の記録 0820 起床して排便をする。0900~0910 血圧測定を行う。130 56 41、127 53 41、113 50 41 (高圧、低圧、心拍数の順番)、服薬 0855、体温 35.9°C、室温 23.5°C、0916~0922 引き続き血圧測定を行う。121 52 40、118 50 40、114 48 40 (上記に同じ)、体調は不調。昨夜就寝時、眠れず睡眠導入剤を飲まず就寝するが、浅い眠りと夢が出て十分な睡眠が取れずに 0820 目覚めることになる。

図 6 5月のライフログ(一部抜粋)

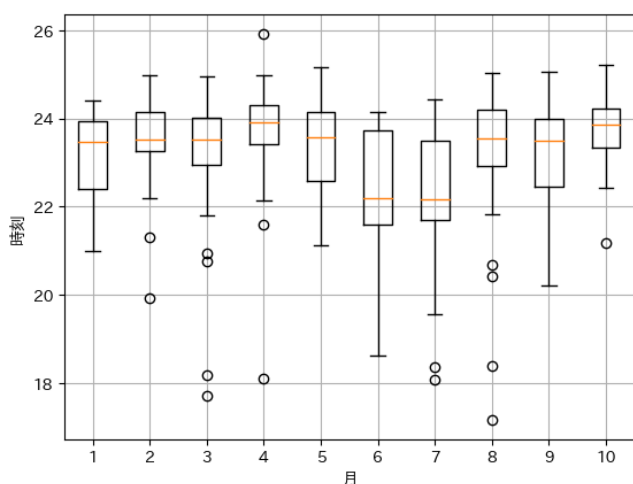


図 7 1月から10月の就寝時刻の変化

とが分かった。本人にも自覚がない中で、これだけのバラつきがあることは予想外であった。

今回の評価実験においては、照度を基準として起床・就寝時刻を導出したため、センシングデータの不備により外れ値となる日もあり、精度面で改善の余地があると考えられる。また期間に関しても、今後さらに長期間にわたって変化を観察することが必要である。

5.2 生活への影響について

また A3 のライフログとの比較する評価実験については、特に分散が大きく就寝時刻も遅かった 5 月に体調を崩していたことがライフログ図 7 から分かった。本人の記録には、「うまく眠りにつけなかった」「眠りが浅く、睡眠の質が悪かった」と記述されており、起床・就寝時刻の変化が健康や生活の質に悪影響を与えていることが分かった。さらに本人に自覚がない場合でも、血圧が高くなったり、体温が上がったりと体調に変化をきたしていることがあった。これらの事象から、起床・就寝時刻の変化が生活習慣の変化に直結し、自覚の有無に関わらず本人の健康や生活の質に影響を与えていると考えられる。

今回は 80 代男性の 10 ヶ月の期間に基づく評価実験をおこなったが、年齢や性別による影響の変化、さらに長期間にわたる変化の具合などの要素も考慮しながら、今後さらに研究の余地

があると考えられる。

6. まとめ

本研究では、在宅高齢者の自宅に設置したセンサーボックスで計測した長期間の環境センシングデータを用いて、起床・就寝時間の変化を可視化・分析することで、生活習慣の変化が本人の健康や生活の質にどのような影響を与えるかについて考察した。具体的には、A1:ある1日の起床・就寝時刻の導出、A2:長期間の起床・就寝時刻の変化の可視化、A3:ライフログとの比較の手順を踏んだ。その結果、起床・就寝時刻の変化により、体調や血圧、体温などに変化が起き、健康や生活の質への影響があることが分かった。

今回は1人の在宅高齢者の10ヶ月のデータに基づいて研究・実験をおこなったが、今後はさらに期間を長期に延ばすとともに、複数の在宅高齢者へのアプローチをおこなっていくことが必要であるとする。また、起床・就寝時刻以外の要素でも何か影響を与えるものがないか調査する必要がある。

今後の展望としては、傾聴バーチャルエージェント「メイちゃん」と連携することで、対話での健康管理や、生活習慣の見直しなどを可能にすることを考えている。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP19H01138, JP20H05706, JP20H04014, JP20K11059, JP22H03699, JP19K02973, 特別研究員奨励費 22J13217, および、立石科学技術振興財団の研究助成を受けて行われている。

文献

- [1] “高齢化の現状と将来像 | 令和 3 年版高齢社会白書 (全体版) - 内閣府,” https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2021/html/zenbun/s1_1_1.html. accessed February 1, 2023.
- [2] S. Chen and M. Nakamura, “Designing an elderly virtual caregiver using dialogue agents and webrtc,” 2021 4th International Conference on Signal Processing and Information Security (ICSPIS)IEEE, pp.53–56 2021.
- [3] S. Chen, S. Saiki, and M. Nakamura, “Characterizing quality of in-home physical activities using bone-based human sensing,” IEICE Technical Report; IEICE Tech. Rep., vol.120, no.49, pp.1–6, 2020.
- [4] C. Miura, S. Saiki, M. Nakamura, and K. Yasuda, “Implementing and evaluating feedback feature of mind monitoring service for elderly people at home,” Proceedings of the

- 22nd International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services, pp.390–395, 2020.
- [5] H. Ozono, S. Chen, and M. Nakamura, “Study of microservice execution framework using spoken dialogue agents,” 22nd IEEE-ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel Distributed Computing (SNPD2021), pp.273–278, Nov. 2021. Taichung, Taiwan (Online).
- [6] S. Chen and M. Nakamura, “Generating personalized dialogues based on conversation log summarization and sentiment analysis,” The 23rd International Conference on Information Integration and Web Intelligence, pp.217–222, 2021.
- [7] K. Unigame, D. Takatsuki, S. Saiki, M. Nakamura, and K. Yasuda, “Compass4SL: a service for sharing problems and solutions for the elderly at home,” 22nd IEEE/ACIS International Fall Virtual Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/ Distributed Computing (SNPD2021), pp.62–67, Nov. 2021. Taichung, Taiwan (Online).
- [8] “python,” <https://www.python.jp/index.html>. accessed February 1, 2023.
- [9] “高齢化の国際的動向 | 令和 3 年版高齢社会白書（全体版） - 内閣府,” https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2021/html/zenbun/s1_1_2.html. accessed February 1, 2023.
- [10] “快眠と生活習慣 - 厚生労働省,” <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/heart/k-01-004.html>. accessed February 1, 2023.
- [11] 宮田延子, 大森正英, 水野敏明, 井奈波良一, 岩田弘敏, “在宅高齢者の健康度と生活習慣,” 日本公衆衛生雑誌, vol.44, no.8, p.574, 1997.