様　式　C－１９、F－１９－１、Z－１９　（共通）

科研費 KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５ 年　 ６ 月 ２０ 日現在

機関番号：３７１２８
研究種目：挑戦的研究（萌芽）
研究期間：2020～2022
課題番号：２０Ｋ２１７３９

研究課題名（和文）IoTによる先進的な介護者サポートシステムの開発

研究課題名（英文）Development of an advanced caregiver support system using IoT.

研究代表者
村井　孝子（Murai, Takako）

純真学園大学・看護学科・准教授

研究者番号：５０７３３５１５

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　4,800,000円

研究成果の概要（和文）：現在日本は先進国の中でも最も高い高齢化率であり，介護を受ける高齢者の増加により介護を行う側の負担が重くなってきている．この負担減の1つの案として，人が行う必要が無いところは情報技術を応用することが考えられる．そこで我々は，非接触環境センサとIoTを利用して，介護される人の生活環境情報取得やその予測，更には行動認識を行うシステムの開発を行っている．このシステムを実際にいくつかの介護施設に設置し，環境センサが取得したデータを数値解析することで，自律的にその環境に居る人がどのような行動を取っているかを認識でき，また，それらデータが今後どのような値を取るかの予測することが可能となった．

研究成果の学術的意義や社会的意義
　非接触型の小型環境センサを用いて、対象者の生活環境を認識することで、起床、睡眠などの生活パターンをモニタでき、危険な環境状態（高温、多湿）や対象者の異常状態（動いていないなど通常とは異なる生活動作）を遠隔地においても迅速に検知することを実現する。これらを組み合わせたリモートかつリアルタイムなサポートシステムにより、見守りを行う介護者の負担を大きく軽減させることにつながる。

研究成果の概要（英文）：Currently, Japan has one of the highest aging rates in the developed countries, and the burden on the caregivers is becoming heavier as the number of elder who need care increases. One of the ways to reduce this burden is to apply information technology where it is not necessary for human to do so. Therefore, we develop a system that uses non-contact environmental sensors and IoT to acquire and predict information about the living environments of the persons being cared for, as well as to recognize their behavior. This system is actually installed in several care homes and the system can autonomously recognize what kind of behavior the elderly residents requiring long-term care in the environment is taking, and also predict what values the data will take in the future by numerically analyzing the data obtained by the environmental sensors.

研究分野：基礎看護学

キーワード：非接触　介護　IoT　自律

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

1. 研究開始当初の背景

国内における 65 歳以上の認知症の人は、2025 年には 65 歳以上の約 5 人に 1 人が認知症になると予測されている[内閣府, 2017]。また、高齢者には基礎疾患をもつ者も多く、さらに認知症に伴う状態変化や BPSD（行動・心理症状）への対応に加え、体調管理や熱中症予防などの療養生活における環境調整を必要とすることも多い。通所訪問系サービスや居住系サービスの分野では慢性的に介護者が不足しており[厚生労働省, 2017]、在宅で介護を行う家族の介護負担感やそれに伴う健康不安も深刻化している[佐伯ら, 2008]。このような介護の現状においては介護者の負担の軽減が喫緊の課題である。一方、情報科学の分野では、IoT 機器の開発が爆発的に広がっており、そこで集められた データを元に機械学習を行う研究が行われている。本課題では、映像に特化した映像 IoT が認知症の人の介護や見守りをより円滑に行うことにも応用可能であることに気付き、さらに環境センサを導入することで、認知症の人の異常の早期発見や事故防止につなげるためのシステムを開発でき、地域医療現場の負担軽減を実現できると考えた。

2. 研究の目的

地域医療において認知症の人や要介護者（対象者）を介護者が見守る際にサポートをするシステムを新規に開発し、介護者の負担軽減を実現することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 環境センサによる介護者サポートシステムの開発

小型環境センサで得られる室温、湿度、騒音、明るさ、大気圧情報から、要介護者の生活環境が適切な状態であるか調査する。環境情報から熱中症などの危険度が分かれば、介護者へのアラートやその家庭へのオンデマンド対応が可能となる。そこで、対象者の生活パターンを把握するために、2 週間～1 ヶ月程度の環境データ（室温、湿度、騒音、明るさ、大気圧情報）を収集する。データ取得に際しては、対象者の在室している時間の長い居室に小型の環境センサを設置する。センサから取得されたデータを利用し、その結果を対象者の行動アンケート調査と比較することで、精度良く「通常の生活」と「そうでない生活」を判断（アラートを出す）する。また、本研究では環境センサのデータはサーバに集約され解析される。行動推定の結果をわかりやすく伝える Web アプリも併せて作成する。

(2) 介護者サポートシステムの実証実験

構築したシステムの実証実験を行い、(a) アラートの精度検証、(b) 対象者の増加に対するシステムの堅牢性のチェックをおこなう。また、要介護者の環境把握によって介護者がどのような負担軽減がなされたかをインタビューにより分析し、システムにフィードバックする。

4. 研究成果

(1) 環境センサによる介護者サポートシステムの開発

要介護者の居室（日常的に生活を主としている場）に環境センサと通信モジュールを装着した IoT 機器を設置し、室温や湿度、騒音、照度、大気圧情報を収集した。得られたデータは Bluetooth LE 経由でエッジコンピュータに 5 分間隔で送

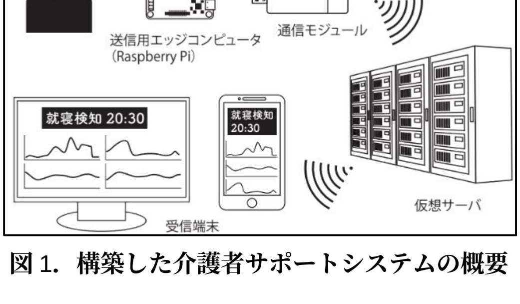

図 1. 構築した介護者サポートシステムの概要

信、整形と暗号化された後に外部サーバに転送できるようにした。サーバでは日毎の CSV ファイルとして格納し、同時に要介護者の行動認識が自動で実行されるようにした。

データから指定された行動が検知された場合、介護者や介護施設の受信端末に結果が通知されるようにした（図 1）。またデータを基に、RNN（再帰型ニューラルネットワーク）を利用した最高・最低気温の予測を通知する機能を実装した。

(2) 非接触型機器による要介護者の行動推定

室温や湿度、騒音や照度は、要介護者の家電製品の使用や生活音に不随して変化するため、要介護者の行動や安否確認ができる。本研究では特に騒音と照度の変化に着目し、要介護者の起床（照明の点灯による照度の上昇、生活音による騒音の上昇）、就寝（消灯による照度の下降、就寝による生活音の消失）、居室の不在（一定期間の騒音レベルの低下）を行動推定の基本とした。

要介護者の居室に非接触型の環境センサおよび通信モジュール、エッジコンピュータを設置し、2 週間以上室温や湿度、騒音や照度等の環境データを取得した。対象者の居室内での行動時に発生する生活音が騒音レベル、就寝や起床時に行う電灯の使用が照度レベルの変化として確認できることを確認した（図 2）。

また設置期間中、要介護者および介護者である家族や施設職員へヒヤリングを行い、居室の在不在、就寝や起床時間を中心として、生活状況の把握を行った。このヒヤリングでは、環境データの解析、行動推定をする研究者とは別の研究者が行い、解析が恣意的にならないように努めた。

要介護者の住環境によって、閾値の調整は必要であったが、ある要介護者の 20 日間の環境測定データからの自動判定の精度は、起床が 90%、就寝が 45%、外出が 80%であった。また要介護者は日毎、週ごとの行動パターンが一定である傾向にあったため、おおむね 2 週間程度の環境データ収集により行動推定することが可能であることがわかった。

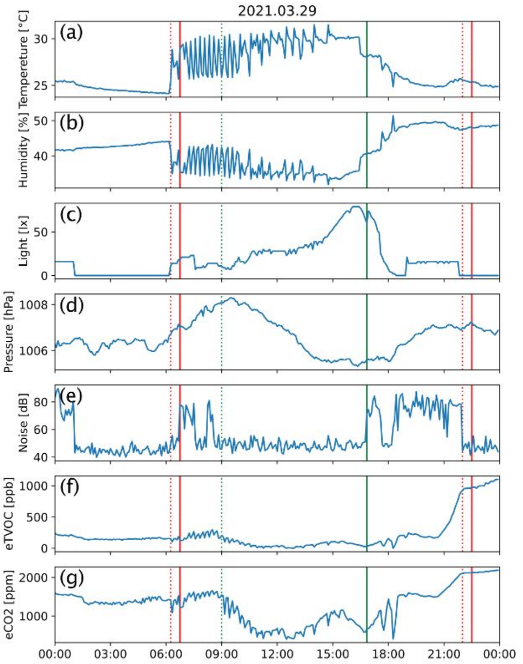

図 2. 環境センサによる測定結果例。この例では、要介護者の起床・就寝時間（赤線部分）および居室の在不在（緑線部分）が環境データから予測された。推定した行動は、要介護者および介護者からのヒヤリング内容と照合し、精度の確認を進めた。

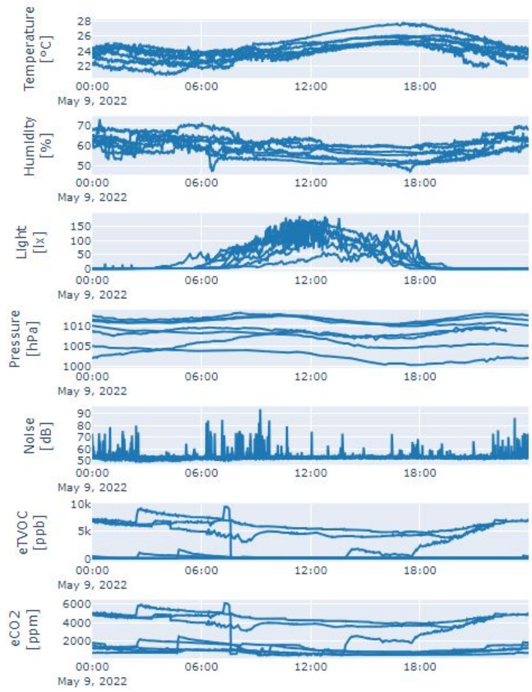

図 3. 環境センサから取得されたある 1 週間のマルチプロット。ここでは、0 時以降に複数回照度レベルが上昇しており、夜間排泄のためトイレに行き、電気を点灯していることがわかる。

(3) オーダーメイド型の行動推定と介護者への通知システムの実装

本研究における機器設置協力者は 9 名であったが、要介護者の認知機能の程度や生活状況に

より、介護を行う家族や施設職員のニーズは徘徊、昼夜逆転状況の把握、排泄検知、居室での生活状況把握など、さまざまであった。そのうち、最も介護者の負担が大きかった対象者は、「夜間の便器外への排泄があり、寝衣が汚染した状態でベッドに戻るため、夜間もしくは早朝のトイレや寝室の清掃が大きな負担となっている」状況であった。

排泄行為はプライバシー情報が最も多く含まれるものであるため、映像を用いない本システムを使用し、介護者への排泄通知システムを実装した。

要介護者が夜間使用するトイレに環境センサを設置、排泄行為に付随して変化する照度（点灯や消灯）、騒音（流水音、ドアの開閉音）をモニタした。

図 3 は、ある 1 週間の要介護者宅のトイレの環境データである。日毎の環境データおよびある一定期間の環境データから、要介護者の夜間の排泄行動時間を推定した。

次に未使用時のトイレの照度、騒音レベルを測定し、使用時の閾値をそれぞれ 10lx、65dB に設定をし、双方の閾値を超えた際に「トイレを使用した」と推定し、トイレ使用の通知が可能かを検討した。実際にトイレ使用を検知した例を図 4 に示す。今回対象とした要介護者は、夜間電気を使用せずに排泄をしていることがあると推定された。介護者である家族からのヒヤリング内容と照合し、この日は照明を使用せず排泄したことが確認できた。そのため検知の条件としている騒音レベルの増加に重みを加え、一般的な照明スイッチの使用による行動推定と比較しても、要介護者その人の状況に合わせた行動推定や行動検知が可能となった。

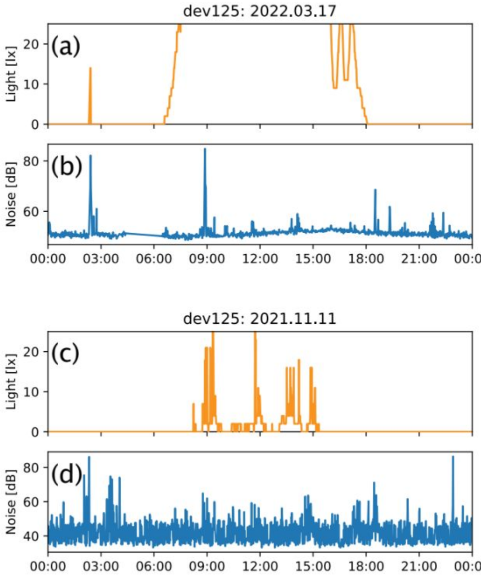

図 4. トイレに設置した環境センサによる(a)(c)照度、(b)(d)騒音レベル。(a)(b)ではトイレ使用時に照度・騒音レベルいずれも上昇しており、トイレの電気をつけて排泄していることが予測、(c)(d)では騒音レベルは上昇するが照度レベルは上昇しないため、電気を使用せず排泄していると予測できた。

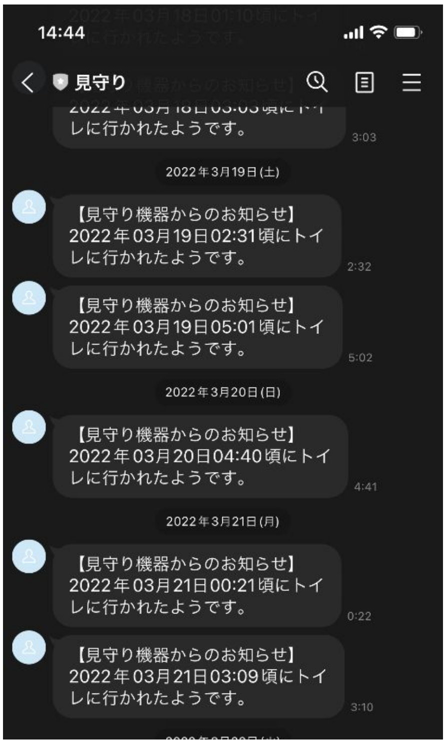

図 5. 介護者のスマートフォンに通知された通知

これらの推定結果を、図 5 の通り介護者の受信端末に通知を行い、介護記録と照合しながらその精度を確認した。また Python により web アプリも作成した。特に深夜の通知と実際の行動の照合については、介護者自身も睡眠中であることから、その精度を厳密に測ることは困難であった。また通知を受ける介護者への負担を考慮し、トイレ行動を検知しても、前の通知から 60 分が経過していない場合は再通知しないように設定した。システムを運用した後、介護者からヒヤリングを行ったところ、介護者自身の睡眠時には通知はわからないが、夜間の排泄回数や時間がわかることで、就寝前の水分摂取量の調整や就寝前のトイレ誘導のタイミングを検討しやすくなったとの回答が得られた。

このように、要介護者に対して非接触型の環境センサを用いて環境データを測定し、その閾値や条件を対象者に合わせて調整することで、オーダーメイド型の行動推定および通知が可能となった。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計2件（うち査読付論文　1件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　1件）

１．著者名 深沢圭一郎、鈴木臣、村井孝子	４．巻 2022-IS-159
２．論文標題 非接触センサとIoTを用いた自律的遠隔見守りシステムの研究開発	５．発行年 2022年
３．雑誌名 情報処理学会 研究報告情報システムと社会環境	６．最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 鈴木臣、深沢圭一郎、村井孝子	４．巻 32（1）
２．論文標題 IoTによる室内環境変化のリモートセンシング	５．発行年 2023年
３．雑誌名 愛知大学情報メディアセンター紀要	６．最初と最後の頁 47-55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

〔学会発表〕　計6件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

１．発表者名 村井孝子、深沢圭一郎、鈴木臣
２．発表標題 環境センサを用いた要介護者療養環境および行動の認識・予測手法の検討
３．学会等名 第9回 看護理工学学会学術集会
４．発表年 2021年

１．発表者名 深沢圭一郎、鈴木臣、村井孝子
２．発表標題 非接触センサとIoTを用いた自律的遠隔見守りシステムの研究開発
３．学会等名 情報処理学会第159回情報システムと社会環境研究発表会
４．発表年 2021年

1．発表者名 Takako Murai, Keiichiro Fukazawa, Shin Suzuki
2．発表標題 A Study on Predictive Detection of Excretion in Elderly requiring Care Using Video Internet of Things
3．学会等名 25th East Asian Forum of Nursing Scholars Conference
4．発表年 2021年

1．発表者名 鈴木臣、深沢圭一郎、村井孝子
2．発表標題 見守りシステムに利用される環境センサの地球物理学的情報計測への応用
3．学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022
4．発表年 2022年

1．発表者名 Shin Suzuki, Keiichiro Fukazawa, Takako Murai
2．発表標題 Geoscientific application of IoT-based elderly person care system
3．学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2022
4．発表年 2022年

1．発表者名 鈴木臣、深沢圭一郎、村井孝子
2．発表標題 室内環境測定に基づく居住者の行動推定システム
3．学会等名 情報処理学会IoT行動変容学研究グループ第3回研究会
4．発表年 2023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	深沢　圭一郎 (Fukazawa Keiichiro) (50377868)	京都大学・学術情報メディアセンター・准教授 (14301)	
研究分担者	鈴木　臣 (Suzuki Shin) (60397479)	愛知大学・地域政策学部・教授 (33901)	

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