

令和元年5月29日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00118

研究課題名(和文) 超高齢化社会における能動的な介護予防支援プラットフォームの開発

研究課題名(英文) Development of an active care prevention support platform in order to cope with the coming super-ageing society

研究代表者

高橋 秀幸 (Takahashi, Hideyuki)

東北大学・電気通信研究所・助教

研究者番号：40509072

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者と介護者を取り巻く「人・モノ・データ」の有機的な連携によって、高齢者の日常生活における体験や創造活動を体験記憶の補助として活用するための能動的な情報資源(Active Information Resource(AIR))の生成、情報資源と記憶モデルを適用した認知症予防支援環境の構築、センサ、アクチュエータ、移動型ロボットの即興的な連携による高齢者の異常検出および生活補助、必要なデータの収集や分析・加工による遠隔介護者への情報提供支援環境を構築するための介護予防支援プラットフォームの開発および各種機能の試作を行い、本提案プラットフォームの有効性と実用可能性について検証することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高齢者の心身の機能低下予防に関する医療・福祉の諸問題が喫緊の課題となっている。本研究では、社会的な問題を解決するために、認知症発症の予防、徘徊防止、遠隔介護などの支援を想定した介護予防支援システムの実現に向けて、高齢者および介護者の状況に応じたサービスの提供が可能な知的情報処理基盤技術の研究開発を行った。具体的には、システムの柔軟な拡張性や再利用性に対応し、様々なIoT機器の連携が可能なプラットフォームの開発を行った。また、能動的な体験記憶や創造活動などの想起補助、高齢者の異常時検出と遠隔介護者への情報提供支援などに関する各種機能の試作および効果、今後の課題について整理することができた。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to realize development of an active care prevention support platform with organically coordinating various available resources surrounding elderly persons and caregivers. To realize the platform, various life experiences management function for supporting human memory recall based on Active Information Resource (AIR), anomaly detection function and life support function in cooperation with sensors, actuators, mobile robots, and information provisioning function for caregivers by collecting and analyzing various data were proposed and designed. Some prototype systems based on the proposed platform were implemented to verifying and evaluating the proposed platform and function. Resultantly, the effectiveness and feasibility of the proposed method were confirmed.

研究分野：マルチエージェント

キーワード：情報システム スマートセンサ情報システム 情報通信工学 エージェント

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

5人に1人が75歳以上の高齢者となる日本の「2025年問題」をはじめ、世界の先進国においても超高齢化社会にむけた高齢者の心身の機能低下予防に関する医療・福祉の諸問題が喫緊の課題となっている。日本においては、加齢による心身機能の衰えによる認知症発症を予防するための生活習慣改善に関する様々な情報がインターネットを通して手軽に入手することが可能となった。また、情報通信システムの分野では、IoT（Internet of Things）などを背景に、センサや発信器による認知症徘徊防止システム、認知症患者向けの家電制御および生活支援システム、認知症予防のためのコンテンツ配信による在宅運動教室・学習教室およびコミュニケーション支援システム、映像・センサを用いた遠隔見守り支援システム、地域住民の要支援・要介護などを管理する地域包括支援システムなどの研究開発が行われており、高齢化社会に向けた取組として期待されている。しかし、現状の高齢者介護（予防）支援システムでは、高齢者および認知症高齢者の安全・安心な日常生活の自立を包括的に支援することは難しく、今後の独居高齢者および要介護者向け施設の入所待機者数の増加に伴う遠隔の介護者（家族）の精神的かつ身体的負担の増大が懸念される。また、事前に設計されたシステムとして動作するため、IoT時代の日々新たな機能を有するセンサ、機器、ロボット、制御・管理ソフトウェア、データ解析・分析手法との連携への対応といったシステムの拡張性、再利用性が欠如している。さらに、高齢者にとっては、常に監視されているようなシステム導入への嫌悪感、介護者にとっては、認知症の兆候、食事摂取や薬の服用、排泄・徘徊など日常生活における異常（緊急）時に必要な情報がすぐに入手出来ないといった様々な課題がある。

一方、国内外の高齢者介護や見守りに関する研究では、電力・水道・ガスなどの使用状況からプライバシーを考慮した遠隔介護支援に関する研究がある。また、IoTに関して、見守りや介護支援を目的としたセンシングやロボット技術、地域コミュニティの研究開発が盛んであり、高齢者を支援する技術が多く発表されている。ビッグデータ、機械学習に係る研究をはじめとしてセンサ情報を収集・分析し、高齢者支援に役立てる試みに期待が高まっている。

2. 研究の目的

超高齢化社会においては、認知症発症の予防、徘徊防止、遠隔介護が可能な介護予防支援システムを高齢者および介護者の状況に応じて安全に提供するための新たな情報処理基盤技術が必要である。本研究では、IoT環境における人・モノ・データの有機的な連携による能動的な体験記憶の想起補助や創造活動支援による認知症予防、センサ、アクチュエータ、移動型ロボットの連携による生活補助、高齢者の異常時検出と遠隔介護者への情報提供支援により、高齢者の介護予防と介護者の身体的・精神的負担軽減を支援する介護予防システムを実現するための理論的な枠組みと知的情報処理基盤、すなわち介護予防支援プラットフォームの開発を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、高齢者と介護者を取り巻く「人・モノ・データ」の有機的な連携によって、高齢者の日常生活における体験や創造活動を体験記憶の補助として活用するための能動的に動作する情報資源の自動生成、情報資源と記憶モデルを適用した認知症予防支援環境を構築する。次に、緊急度を考慮したセンサ、アクチュエータ、移動型ロボットの即興的な連携による高齢者の異常検出および生活補助、必要なデータの収集や分析・加工による遠隔介護者への情報提供支援環境を構築する。具体的には、以下の開発項目(1)～(6)について開発を行った。

(1) 既存関連技術の調査・分析

独居高齢者の介護予防、介護支援ロボット、日常生活の状態を検出するセンシング関連技術の調査・分析により、解決すべき技術課題を明確にする。

(2) 介護予防支援プラットフォームの開発

(1)の調査・分析結果を整理し、IoT環境上で介護予防支援システムが要介護者および介護者に提供する機能と介護予防支援プラットフォームの設計を行う。

(3) 能動的な認知機能向上支援技術の開発

(2)で設計した介護予防支援プラットフォームに基づき、高齢者の日常生活のライフログに基づく情報資源の生成・蓄積・管理機構、創造活動における情報資源の生成技術と活性化機構、能動的な情報資源の連携による体験記憶の想起支援技術の開発を行う。また、高齢者の生体情報、環境情報などを収集するセンサなどのIoT機器をマルチエージェントが管理し、適宜、集約や処理・分析するための運用・管理機能を開発する。

(4) 介護予防支援サービス提供技術の開発

(2)、(3)で開発したプラットフォーム、認知機能向上支援技術に基づき、状況に応じた高齢者の記憶想起補助、利用可能なIoT関連機器（ロボットを含む）、ソフトウェア、データベース、クラウドサービスなどの情報を組み合わせた異常時検出や徘徊防止支援、遠隔介護者へ情報を提供する状況適応型のサービス提供技術の開発を行う。

(5) 介護予防支援システム向けユーザインタフェースの設計と開発

(4)の状況適応型のサービス提供技術によって提供されるシステムに関して、必要な情報について緊急度を考慮した形で視覚的に提供するインタフェース技術およびIoT機器の制御機能の開発を行う。

(6) 試作システムの実装と評価

(1)～(6)を統合し、介護予防支援向けの試作システムの設計および実装を行い、定性的および定量的な観点から評価を行う。

4. 研究成果

研究方法に基づき研究開発を行った結果、以下の主な研究成果を得ることができた。

(1) 介護予防支援プラットフォームの開発

人・モノ・データの有機的な連携によって能動的に認知機能向上を支援し、異常（緊急）時には、利用者を取り巻く IoT 環境による即興的な生活支援・情報の提供を行うことを目指したエージェント型介護予防支援プラットフォームの開発を行った。本研究では、高齢者の日常生活や創造活動に関する体験記憶の補助として様々な情報資源を利活用する。高齢者の状況や要求に応じて情報資源が能動的に動作することで、情報資源が自ら体験記憶に関する情報を提供する。そこで、その情報資源が能動的に動作するための仕組みとして、能動的情報資源の自動生成機構（生成された能動的情報資源を Active Information Resource (AIR)と呼ぶ）、そして、AIR 同士の自律的な連携によって情報資源の利活用を支援するといった AIR の活性化機構、仕様やプロトコルの異なる様々な IoT 機器同士が相互接続、データ処理、連携をエージェントレベルで実現するための開発テンプレートおよび動作管理機構、状況に応じてエージェントが推論を行い、高齢者および介護者を支援する協調・連携機構を統合的に扱うことが可能な情報処理基盤となる介護予防支援プラットフォームの設計および開発を行うことができた。

(2) 能動的な認知機能向上支援技術の開発

利用者の日々の生活における認知機能の維持や向上を目指して、利用者が直接あるいは間接的に記録した時間、場所、内容などに関する様々な情報を能動的情報資源として生成（AIR 化）するための自動生成機構、AIR 同士が関連度の計算や情報の更新などの管理を自律的に行い、必要に応じて AIR 同士が連携することで、日時や場所などの関連性に基づき過去の利用者の行動や体験などの想起を支援する AIR の活性化機構を開発することができた。さらに、例えば、携帯端末やパソコンなどを活用した創造活動において、過去に利活用および製作した情報資源の想起支援や目当てのファイルを探すことに多くの時間を費やすことを防ぐために、情報資源の体系的な整理を自律的に行い、利用者の負担を軽減する仕組みとして、情報資源の体系的な整理を支援する AIR の獲得支援機能を開発することができた。

(3) 介護予防支援サービス提供技術の開発

状況に応じた高齢者への記憶想起補助として、過去の行動に関する情報資源の連携によって、記憶想起のヒントとなるキーワードやイベントなどに関する情報を利用者が探索する際に、関連性のある情報を提示し、記憶想起を支援する能動型の記憶想起補助機能、利用者の携帯端末やパソコンなどの端末を使用していた際の操作を記録し、操作の因果関係から記憶想起の補助に繋がるような作業を関連付けて管理する受動型の記憶想起補助機能の開発を行った。利用者自身が入力する情報と利用者が入力し難い、あるいは利用者に手間が発生する情報を組み合わせることで、日常生活における探し物支援、薬の飲み忘れ防止、趣味などを介した社会参加などを促すための支援が可能となる。また、高齢者の状況と外部環境から想定される因果関係を知識ベースとしたルールベース推論によって対象者の行動を判断し、判断したシナリオに合わせて、利用可能な IoT 機器、ソフトウェア、データベース、外部 Web サービスの情報を即興的に組み合わせることで、異常時の検出、徘徊防止支援、遠隔介護者へ情報を提供するための状況適応型のサービス構成技術の開発を行うことができた。

(4) 介護予防支援システム向けユーザインタフェースの設計と開発

利用者の記憶想起を支援するために、小型ロボットを用いた簡易な対話型入力・出力インタフェース、各情報資源の時間、類似性などの観点から利用者の記憶想起を多角的に視覚化することで情報を提供するインタラクティブな可視化インタフェースを開発した。また、IoT 機器の連携による異常時検出時などに高齢者および介護者に呼びかけ等を行うための機能として、チャットボットを用いた通知インタフェース、メール送信機能を開発した。さらに、照明器具において明るさや色などを変更することが可能な IoT 機器を IoT 機器同士で制御し、照明器具の明るさや色を制御し、緊急性を視覚的に伝えるためのインタフェースの開発を行った。これらのインタフェースを用いることで、これまで介護者が担当していた呼びかけ、見守りなどの一部を IoT 機器が担当することで、介護者の負担軽減を行うことが可能である。

(5) 試作システムの実装と評価

能動的な介護予防支援システムの設計・実装および評価実験として、これまで設計・開発を行った機構および機能を統合し、実験および評価用の試作システムの実装を行なった。試作システムとして、具体的には、カレンダーのスケジュール、写真やテキストなどのファイル、メール、Web 上の動画や Web ページ等を用いた日常生活の記憶想起支援システム、執筆活動における創造活動時に、情報資源の自律的な体系的整理を支援する創造活動支援システム、様々な IoT 機器と Web サービス等の連携によって、高齢者の状況と周囲の状況から物忘れ防止や徘徊防止、日常の生活見守りを中心とした生活支援システム、自律移動型ロボットを含めた IoT 機器群が協調・連携することで、各機能を組み合わせて本来の用途とは異なった形で、屋内における難聴者などへの身体的な支援や補助、外出先での買い物などの行動を支援するシステムなどを実装した。そして、試作システムの動作検証および定性的・定量的評価によって、本提案

プラットフォームの有用性および実現可能性を確認することができた。また、事前に想定されたデータや機器のみを利用して提供する高齢者介護予防支援システムとは異なり、本提案プラットフォームに基づく支援システムの試作を通して、本提案手法による拡張性や再利用性への対応といった効果を確認することができた。

開発した介護予防支援プラットフォーム、認知機能向上支援技術、介護予防支援サービス提供技術、試作システムなどの一部の成果を国内外の学会で発表し、Best Paper Award, Student Paper Award, 情報処理学会東北支部奨励賞, 学生奨励賞を受賞することができた。また、本学の一般公開やオープンキャンパスなどを通して本研究課題の成果を紹介することができた。

今後の介護予防および超高齢化社会に向けて、本研究では、短期的な情報から支援を行う機能が中心であったが、今後、長期的に情報を収集・蓄積、分析することで、心身機能の異常や変化、認知症などの予兆などを検出し、高齢者を支援するより高度な介護予防支援の仕組みや介護施設などに導入が可能な試作システムの開発も継続して取り組む予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Goutam Chakraborty, Takuya Kamiyama, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "An Efficient Anomaly Detection in Quasi-Periodic Time Series Data – A Case Study with ECG," *Time Series Analysis and Forecasting*, pp.147-157, Oct. 2018. (査読有) DOI:10.1007/978-3-319-96944-2

Takumi Kato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "Multiagent-based Autonomic and Resilient Service Provisioning Architecture for the Internet of Things," *International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.17, No.6, pp.36-58, June 2017. (査読有) http://paper.ijcsns.org/07_book/201706/20170606.pdf
Lana Sinapayen, Keisuke Nakamura, Kazuhiro Nakadai, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "Swarm of Micro-Quadcopters for Consensus-based Sound Source Localization," *Advanced Robotics*, Vol.31, No.12, pp.624-633, Apr. 2017. (査読有) DOI: 10.1080/01691864.2017.1310632

〔学会発表〕(計16件)

Hiroki Tsuchida, Hideyuki Takahashi, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Design of Shopper Support Function by Cooperation of Agent-based IoT Devices," *Proc. of the 2019 IEEE 1st Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2019)*, pp.175-176, Mar. 2019.

高橋秀幸, 河間勇氣, 木下哲男, "創造活動における能動的情報資源の獲得支援機能の検討," *情報処理学会第81回全国大会講演論文集*, Mar. 2019.

Goutam Chakraborty, Emiko Ikeda, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, Cedric Bornand "Proposal of a Cheap Pulse Wave Velocity (PWV) Meter Using Photoplethysmography," *Proc. of 2018 12th International Conference on Sensing Technology (ICST2018)*, pp.293-298, Dec. 2018.

Christian Fleiner, 高橋秀幸, 木下哲男, "An Agent-based Smart Home System for Hearing Impaired People," *平成30年度電気関係学会東北支部連合大会*, p.1F16, Sep. 2018.

若張直紀, 片山健太, 横山真悟, 高橋秀幸, 木下哲男, "IoT環境における利用者の状況に基づく生活支援システムの検討," *情報処理学会第80回全国大会講演論文集*, 3ZD-05, pp.4-681-4-682, Mar. 2018.

Shingo Yokoyama, Ryota Fukutani, Takumi Kato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "MATCH: MultiAgent-based Tactful Cooperation Scheme for Heterogeneous IoT Devices," *Proc. of the 6th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2017)*, pp.150-151, Oct. 2017.

Takumi Kato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "Multiagent-based Autonomic Service Organization Scheme for the Internet of Things," *Proc. of the Sixth International Conference On Advances in Computing, Control and Networking (ACCN 2017)*, pp.109-113, Feb. 2017.

Kaho Takahashi, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "Various Life Experiences Management Function for Episodic Memory Recall Support System," *Proc. of the 5th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2016)*, pp.515-516, Oct. 2016.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.k.riec.tohoku.ac.jp/>

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、研究者個人に帰属されます。