

[研究助成 (C)]

コンピュータビジョンとエージェントを活用した
在宅介護支援に関する研究

Implementing In-Home Care Assistance Using Computer Vision and Agent

2207004



研究代表者

神戸大学

数理・データサイエンスセンター

特命助教

陳

思 楠

(助成受領時:

神戸大学

大学院システム情報学研究科

博士後期課程)

[研究の目的]

日本を含む世界の先進国では超高齢化が進行し、要介護者の数が増加している。介護施設・人材の慢性的な不足が起こっており、政府は従来の施設介護から在宅介護への転換を進めている。在宅介護では、住み慣れた自宅での生活を続けられる一方で家族に大きな負担がかかる。特に、重度の要介護者の場合、毎日24時間の介助が必要となる。いわゆる「老々介護」「認認介護」ともなれば、その負担は介護者・要介護者の双方に重くのしかかってくる。

この背景をもとに、こうした在宅介護の問題を、機械と人間の協調によって解決しようとする Assistive Technology の研究が世界中で進んでいる。特に、個人適応ケア支援の実施に焦点をあて、本研究では、介護者・被介護者の「意図」や「心のうち」を理解し、一般世帯で導入可能な、新たな在宅介護支援技術を開発することを目的とする。本研究の成果によって、在宅介護における介護者の負担を軽減するとともに、被介護者の状態・意図を汲んだケアを実施できる。

[研究の内容、成果]

近年、センサやスマート機器を活用して、生活行動や宅内の状況を推定する多くの提案がされている。最も有望な技術の一つは、要介護者

の「見守り」である。従来人手で行ってきた要介護者の状態観察を機械が代行し、人による介助が本当に必要なときのみ介護者に依頼する。これによって、介護者の負担を軽減し、人によるケアの質を向上することが期待できる。

しかしながら、最新の見守りシステムが、在宅介護の現場に広く浸透しているとは言えない。個人や世帯で異なる事情・状況への対応、導入や運用コストの問題等、普及に向けた様々なチャレンジがある。実際の市場においても、センサを活用した高齢者の見守りサービスや介護ロボット等が登場してきている。しかし、従来の見守り技術は外部的に観察可能な事象の観察にとどまり、介護者・要介護者の「意図」や「心のうち」の観察は難しい。したがって、対象者が何を求めているかまでは理解できない。

高齢者とバーチャル・エージェント (VA) との対話による「心のうち」を言葉に外化する「こころ」センシングの研究もある。しかし、対象者の表情や行動の変化等の非言語的な情報を考慮しないため、言葉によるコミュニケーションが取りづらい状況への対応は難し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に研究結果の全体像を表している。

- ・成果1 (A1): コンピュータビジョンによる外部的観察;
- ・成果2 (A2): エージェントによる内的状態

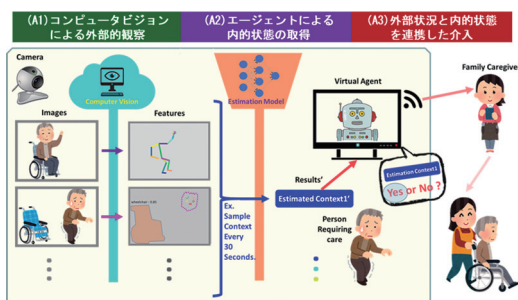


図1 研究結果の全体像

の取得；

- ・成果3 (A3)：外部状況と内的状態を連携した介入；

A1. コンピュータビジョンによる外部的観察

上記 A1 に関するもので、主に「A1-1：在宅要介護者の身体活動の品質付け手法」と「A1-2：介護者定義の屋内ロケーションセンシング手法」を提案している。

[A1-1 の研究成果の概要]

健常者の身体活動と比べ、在宅長期療養（寝たきりや歩行困難）の方は、通常、姿勢の変化を伴う低強度の緩慢な身体活動が多く見られる。既存のセンサ装置は、心拍数や歩数などのデータを検出することができるが、長期装着に頼った身体的負担が増大している。本研究では、被介護者に対して持続可能、非侵襲的かつ細粒度な在宅介護モニタリングシステムの実現に向け、被介護者の姿勢変化の質を特徴づける新たな手法を提案する。

キーアイデアとして、定点カメラデバイスと骨格センシング技術を統合し、スタンドアロンの姿勢推定モデルが出力された骨格境界ボックスの形状や距離の量の変化を、姿勢の変換、骨格の動き、距離の移動の質とみなすことである（図2）。また、提案システムを用い、評価実験を行う（図3）。時系列の質変化から、被介護者の生活習慣やリズムの改善に必要な箇所を介護者に伝え、専門家の知見やアドバイスを送る。

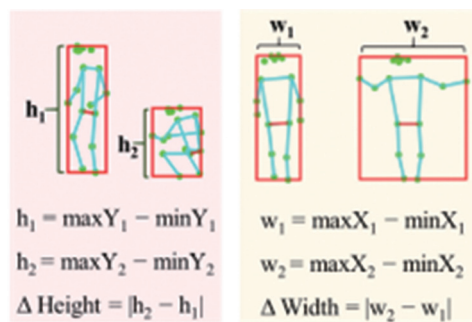


図2 身体活動の品質付けアルゴリズム

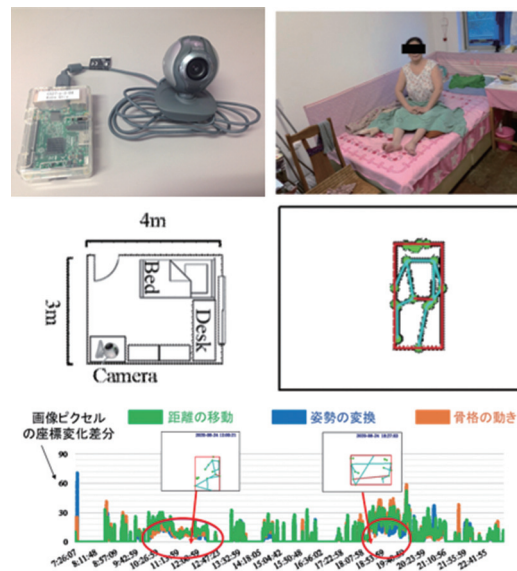
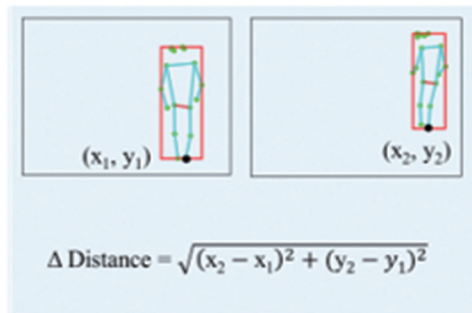


図3 提案システムを用いた評価実験の一部

[A1-2 の研究成果の概要]

本研究では、一般家庭に簡便で導入容易な屋内位置検出を実装するために、定点カメラデバイス、人間の姿勢推定技術、および HTML キャンバス要素を使用してユーザー定義の屋内位置検出を簡単に実現する新たな手法を提案する。具体的には、まずターゲット空間の画像をブラウザにリアルタイムでキャプチャし、次に

HTML5 キャンバス要素を作成して、ブラウザでライブ画像を描画する。

キーアイデアは、ユーザーがコンピューターのマウスを利用し、ライブ画像内の場所として任意の矩形の領域を定義できる場所としての境界ボックス (BBL) のコンセプトのことである (図 4)。人間の姿勢推定技術を用いて、ライブ画像内の人間の関節の座標を取得する。このようにして、システムは人間の関節の座標が定義された BBL に入るとすぐに、BBL のラベル、各身体部分 ID の検知結果、および現在の時刻を通知する。ユーザーは、これらの通知を使用して、さまざまなユーザー定義のロケーション認識サービスを開発できる。提案手法は安価なカメラデバイスとコンピュータブラウザを使用して実装することが可能である。

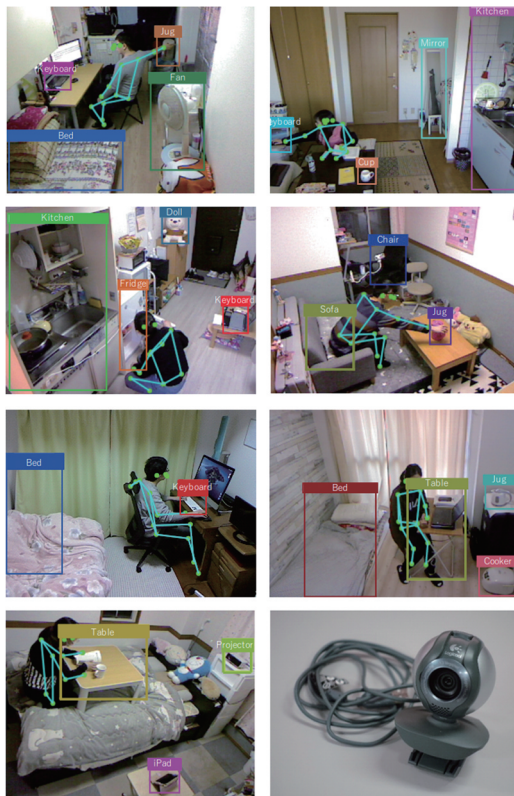


図 4 評価実験の屋内位置センシングの例

A1 の成果は、査読付きの国際論文誌 Sensors, 査読付きの国際会議 (PerFlow 2021), および国内の SC 研究会で発表している。

A2. エージェントによる内的状態の取得

上記 A2 について、主に「A2-1: 在宅介護現場向けの個人適応エージェント対話フレームワーク」と「A2-2: 在宅要介護者の対話ログ要約に基づく個人適応対話生成アルゴリズム」を開発している。

[A2-1 の研究成果の概要]

多様な対話型エージェントを用いた多くの関連サービスでは、在宅介護現場ごとにシステムの環境設定が必要とされ、対話シナリオは開発者側に強く依存し、さらに、音声対話の多言語対応は難しかった。本研究の目的は、在宅介護現場における IT の非専門家でも、柔軟性を備える対話型エージェントを簡便に利用することである。アプローチとして、エージェント対話フレームワークを提案し、ケーススタディから、それに基づくインタラクションの考察を行う。

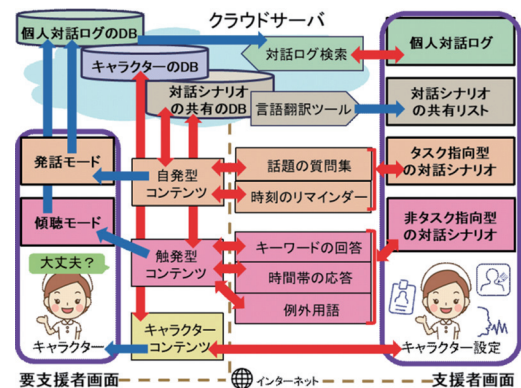


図 5 提案フレームワークの全体図

キーアイデアは、対話シナリオの設定も対話型エージェントの運用も Web サービスとして、Web ブラウザとクラウドサーバとの連携により、双方向にサービスを実現することであり、特定のソフトウェアやロボット機器を必要とせず、インターネット経由で、Web ブラウザから対話型エージェントを設定・運用する (図 5)。これによって、在宅介護者のメンタルヘルスや、在宅要介護者の服薬リマインダー、在宅介護現場の困りごとの収集・共有を、対象者とエージェントとの音声対話を通して、実現することが期待できる。

[A2-2 の研究成果の概要]

本研究では、対話システムを用いた継続的な対話の実現に向け、個人適応対話の生成手法を試作し、2つの技術的なチャレンジに着目している：(C1) 在宅高齢者の発話内容へのより深い理解。(C2) 発話内容に基づくダイナミックな応答の生成。アプローチとして、発話内容から抽出したキーワードに基づき、それに関連する過去の対話の履歴（対話ログ）を要約する。さらに、複数の要約と発話内容との感情分析の結果を比較することにより、最適な要約を返答する。具体的に、次の3つのステップが必要と考えている：(ステップ1) 発話内容のキーワード抽出と感情分析。(ステップ2) 関連対話ログの抽出と要約生成。(ステップ3) 要約の感情分析と発話内容との比較。

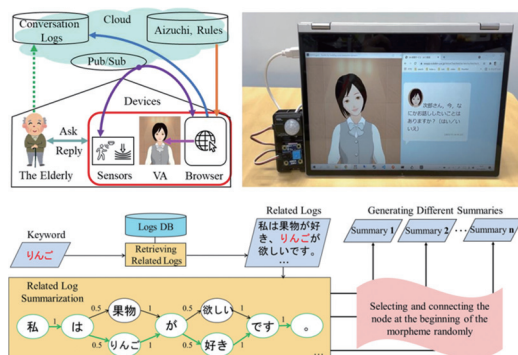


図6 音声対話システムとマルコフ連鎖

対話ログの要約では、マルコフ連鎖を用いてランダムで要約を生成する（図6）。さらに、ステップ3の比較では、ネガティブ判定による「共感モード」または「反感モード」に応じて感情付きの内容を返答する。共感モードとは、発話内容と感情的に最も近づく（スコア値の差分の最小値）要約を返答する処理であり、反感モードはその逆処理である。これによって、対話の柔軟度や擬人化・親密度の向上も期待できる。

A2の成果は、査読付きの国際会議（IAICT 2021, iiWAS 2021）および国内のHCS研究会、機械学会で発表している。

A3. 外部状況と内的状態を連携した介入

上記A3に関するもので、主に「A3-1：在宅要介護者のマルチモーダルダイアリーサービス」と「A3-2：在宅介護支援のための顔識別システム」を開発している。

[A3-1 の研究成果の概要]

超高齢社会が進む日本では、在宅高齢者の記録・分析する在宅生活データの多様性や再利用性の不足の課題が存在する。本研究の目的は、多角的な視点で対話データを記録・分析するマルチモーダルダイアリーサービスを提案することである。



図7 マルチモーダルダイアリーサービス

キーアイデアは、テキストログだけでなく、音声や画像も取得し、マルチモーダルな可視化を行うことである（図7）。提案手法では、異種データ抽出、Web API 開発、マルチモーダル日記生成、異種データ解析の主要なステップを提案し、異種データの拡張のアプローチについても行う。提案手法を用いることで、高齢者自身がより良く過去を回想することができる。これによって、在宅介護や健康管理をより正しく、個人に提供できるようになることが期待できる。

[A3-2 の研究成果の概要]

在宅介護支援システムの重要な一貫とするユーザー識別の機能はまだ実現していないため、音声対話エージェントとインタラクションを行

う相手の身分判断は難しいという問題が生じる。本研究の目的は、事前学習済みモデルと音声対話エージェントを用いた顔識別システムの開発を目的とする。



図8 音声対話システムと顔識別の統合活用

キーアイデアは、ユーザーとエージェントの音声対話による学習データの自動生成と、事前学習済みモデルを用いた顔特徴量の取得・比較である（図8）。提案手法では、ステップ1では、既存データの読み込みと特徴抽出を行う。ステップ2では、新たな学習データの取得と特徴抽出を行う。ステップ3では、既存データと学習データの特徴比較を行う。最後、ステップ4では、識別結果に基づくエージェント対話を行う。

A3の成果は、査読付きの国際会議（Balkan Com 2022, ICoSEIT 2022）、および国内のSC研究会、機械学会で発表している。

[今後の研究の方向、課題]

本研究では、コンピュータビジョンとエージェントを用いた在宅の介護者・要介護者の個人適応ケアの実施を支援するシステムを開発した。しかし、外部的観察による行動内容と、エージェント対話によるこころの外化内容の依存関係を表現できない課題が残っている、また、提案システムを用いて、実際の在宅の介護者・要介護者の内心状態において、暗黙の部分（心のうちや意図）を見守る効果を評価する必要も

ある、今後は提案システムが在宅介護者・要介護者の生活に介入するマルチモーダルサービスと連携し、世帯ごとの更なる具体的な課題を改善する予定がある。

[成果の発表、論文など]

論文誌

- [1] **Sinan Chen**, Sachio Saiki, and Masahide Nakamura, "Nonintrusive Fine-Grained Home Care Monitoring: Characterizing Quality of In-Home Postural Changes Using Bone-Based Human Sensing," *Sensors*, vol. 20, no. 20: 5894, October 2020.

国際会議

- [1] **Sinan Chen**, Sachio Saiki, and Masahide Nakamura, "Using Human Pose Estimation for User-Defined Indoor Location Sensing," In *The 2021 International Workshop on Pervasive Information Flow (PerFlow '21)*, Held in conjunction with the 19th Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2021), pp. 495-501, March 2021.
- [2] **Sinan Chen**, Masahide Nakamura, and Sachio Saiki, "Developing a Platform of Personalized Conversation Scenarios for In-Home Care Assistance," In *The 2021 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial, Intelligence, and Communication Technology (IAICT '21)*, pp. 148-153, July 2021.
- [3] **Sinan Chen** and Masahide Nakamura, "Generating Personalized Dialogues Based on Conversation Log Summarization and Sentiment Analysis," In *The 23rd International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2021)*, pp. 217-222, November 2021.
- [4] **Sinan Chen** and Masahide Nakamura, "Developing a Facial Identification System Using Pre-Trained Model and Spoken Dialogue Agent," In *Fifth International Balkan Conference on Communications and Networking (BalkanCom2022)*, pp. 62-67, August 2022.
- [5] **Sinan Chen** and Masahide Nakamura, "Study of Multi-Modal Diary Service Using Spoken Dialogue Agent for Self-Care in Elderly People," In *2022 1st International Conference on Software Engineering and Information Technology (ICoSEIT)*, pp. 22-27, November 2022.

その他、国内研究会では、論文5編を発表している。