

[研究助成 (C)]

高齢者向けの身体接触を伴うカウンセリングロボットの実現

2247002

研究代表者
(助成金受領者)奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科

博士後期課程

秋 吉 拓 斗

[研究の目的]

高齢化が進む現代社会では、加齢に伴う健康状態や社会環境の変化といった老年期喪失体験による不安や孤独感が社会問題となっており、高齢者の心の健康支援が喫緊の課題である。高齢者が精神的に豊かな生活を送るには、セルフモニタリングの実践が有効である。セルフモニタリングとは、自身の状況や感情、思考を客観的に観察し振り返るプロセスのことである。これは、認知行動療法（CBT）におけるネガティブな悩みや不安の客観視にとどまらず、今後の目標や生きがいの再確認や自己効力感の醸成といったポジティブな側面も含めて多角的に内面を整理する手法として、精神的健康の維持に重要な役割を果たす。しかし、このような構造化された内省を単独で行うことは、認知的・感情的な負担が大きい。そのため、カウンセリング等の支援的な対話を通じてセルフモニタリングを伴走支援するアプローチが不可欠であるが、日常的にこれを提供する精神科医や心理士、介護士等の専門家は不足している。

近年、対話エージェントやソーシャルロボットによる支援の自動化が注目されている。しかし、既存のシステムの多くは、取得した言語情報や表情などの視覚情報に基づく対話遷移に焦点が当てられている。一方で、心の健康支援における身体接触は、人間同士のケアにおいては安全・倫理的な観点から導入が忌避されやすいものの、ストレス軽減や信頼感構築に有効であ

ることから、ロボットを活用した触れ合いの導入が期待されている。実際、成人を対象とした身体接触を伴うカウンセリングロボットの研究は進展しており、心理的支援への効果が実証されつつある。しかし、加齢に伴って触覚等の感覚特性が変化する高齢者に向けて、ロボットからの能動的な身体接触と対話を統合したシステムの設計や、その有効性の検証は未だ十分に進んでいなかった。

そこで本研究では、高齢者向けの身体接触を伴うカウンセリングロボットの実現を目的とする。その実現に向けて、本研究では大きく2つの課題を設定した。

第一の課題は、加齢に伴う滑舌の低下を考慮した自律対話システムの構築である。これに対し、CBTにおける思考整理のためのコラム法を応用したセルフモニタリングを促す支援的な対話シナリオを設計するとともに、音声認識の信頼度に応じて柔軟に応答し、対話を破綻させないシステムを構築する。

第二の課題は、高齢者が安心して触れ合えるロボットによる能動的な接触動作の実装である。高齢者が精密機器を壊してしまう不安を抱かず、心理的抵抗なく安全に触れ合える形態が不可欠であると考え、軽量・高耐久なぬいぐるみ素材の「赤ちゃん型ロボット・ひろちゃん-R」を活用する。このロボットの発話に同期して高齢者の手を握る能動的な接触動作をシステムに統合し、その効果を実験的に検証する。

これらの取り組みにより、高齢者が心理的緊

張を緩和して安全にセルフモニタリングできる環境を構築し、健康寿命の延伸と、人間と機械の調和を促進する基盤技術の創出を目指す。

[研究の内容, 成果]

本研究では、以下の2つの研究項目を実施した。

1. 高齢者向け音声対話システムの実装と評価

加齢に伴う滑舌や聴力の低下を考慮し、高齢者が容易かつ自然に利用できる自律音声対話システムを実装した(図1)。

1.1. 自律音声対話システムの実装

本システムは、図2に示すように、音声認識機能、対話管理機能、動作管理機能から構成される。音声認識機能にはGoogle CloudのSpeech-to-Text APIを活用し、ユーザの発話内容からテキストを取得するとともに、キーワードの検出と音声認識結果の信頼度(confidence値)を対話管理機能に送信する。対話管理機能では、有限状態遷移モデルを踏襲したアルゴリズムを実装し、受信した単語や認識結果の信頼度に応じて対話シナリオを参照し、発話指令をロボットに送信する。同時に、動作管理機能が対話の流れに同期した接触動作指令を送信する(詳細は研究項目2に後述)。ロボットの発話音声は、赤ちゃん型という外見に適した子供らしい音声合成ソフト(VOICEPEAK)を用い、高

齢者が聞き取りやすいトーンと速度で作成した。

1.2. 対話シナリオの設計と実装

対話の基盤として、先行研究のカウンセリング対話シナリオ[T. Akiyoshi, et al., 2021]を改良し、状況・感情・思考の整理を促す質問や共感のセリフを、高齢者が理解しやすい短文に再設計した。さらに、高齢者特有の音声入力の不十分さや認識エラーに備えた「認識信頼度に基づく対話戦略」を設計した。具体的には、音声認識結果の信頼度90%を閾値として分類し、信頼度が90%以上(高い)の場合は「○○(例:旅行)に行きたいんだね」と具体的にオウム返しを行い共感を示す。一方、信頼度が90%未満(低い)の場合は「そうなんだね」と内容に直接触れずに自然な相槌を打つ。また、感情について質問した際にキーワードが検出されない場合は、「一言で言うと嬉しかったの? ワクワクしたの?」と、ユーザが回答しやすい形式で再質問を行う機能を実装した。これにより、話題や認識状態に応じて対話の破綻を防ぎ、ユーザに違和感を与えない堅牢なシステムを実現した。

1.3. 介護施設での評価実験と改良

開発したプロトタイプを用い、複数の高齢者介護施設や病院にシステムを持ち込み、現場の高齢者や介護スタッフと交流しながら予備的な動作テストとヒアリングを反復的かつ流動的に実施した。ロボットを体験した高齢者からは、「悩み」についての対話以外にも、「これまでの

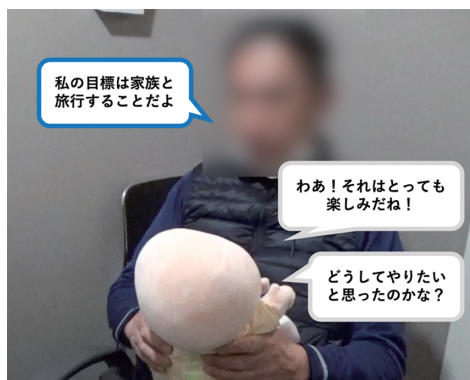


図1 カウンセリングロボットとの対話例

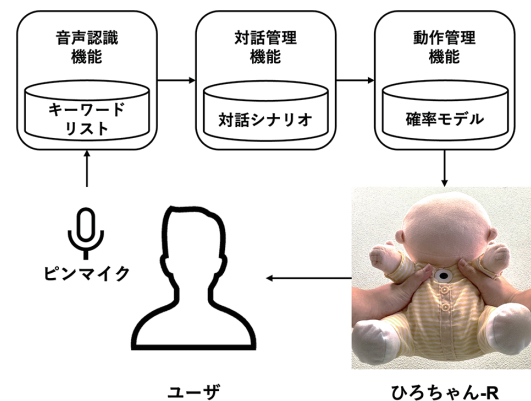


図2 システム構成図

楽しかった思い出」や「これから取り組みたいこと（今後の目標）」、「今の好きなこと」などを積極的に話したいという意見が多く寄せられた。この現場からのリアルな要求をもとに、コラム法を応用した対話シナリオを再設計した。悩みについての話題に加えて、高齢者自身が好むポジティブな3種類的话题を選択して対話可能なシステムへと改良することで、高齢者の内発的な動機付けを高め、より深いセルフモニタリングを促す実用的な基盤を構築した。

2. 能動的接触動作の実装

身体接触を、安全なロボットを介して高齢者に提供するため、対話システムに能動的接触動作を統合し、心理的効果の検証を行った。

2.1. 効果的な接触動作の頻度・タイミングの解明

図3に示すように、ロボットの腕の開閉機構を利用し、ロボットを持つ高齢者の手の指を「ぎゅっと握る」ような能動的接触動作を自律的に実行する機能を実装した。開発初期段階では、人間の抱擁に基づく確率モデル（ガンマ分布等）[T. Akiyoshi, et al., 2025]を応用したが、高齢者施設での予備テストにおいて、加齢に伴う感覚特性の変化により「既存モデルでは接触に気づきにくい」という課題が観察された。そこで、接触動作を明確に伝えつつ対話への注目も高めるため、対話フェーズに応じたハイブリッドな動作制御を設計した。具体的には、ロボットが質問や共感を行うフェーズではロボットの発話に完全に同期させて接触を実行し、高齢者の発話を傾聴するフェーズでは既存の確率モデルに従って適宜接触を実行するシステムを

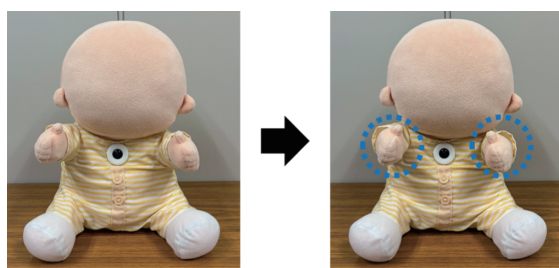


図3 腕の開閉の様子

実装した。

2.2. 能動的接触動作の評価

本研究では、ロボットの能動的な身体接触が高齢者のセルフモニタリングに与える影響を評価するために実験室実験を実施した。セルフモニタリングは情緒的・認知的に負担の大きいプロセスであるため、有意義な内省を促すには質の高い支援環境の構築が不可欠である。本研究では、ロボットの発話に同期した能動的な身体接触が、ロボットを信頼できるパートナーとして認識させる重要な非言語的手がかりになると仮定した。一般に、心理的支援の質は支援者の属性とセッション自体の主観的体験の2点から評価される。

本実験では参加者内計画を採用し、ロボットが腕を動かさず静的に保持されるだけの対比条件と、ロボットが対話に同期して能動的にユーザの手を握る動作を実行する提案条件の2条件を設定した。

評価にあたり、カウンセリング研究で確立された Counselor Rating Form (CRF-S) を用いて支援者としての特性（好意感、専門性、信頼感）を、Session Evaluation Questionnaire (SEQ) を用いて対話セッションの多角的な質（総合的な良さ、深さ、滑らかさ、肯定感、覚醒度）を測定することとし、以下の仮説を設定した。

- ・仮説1（ロボットへの印象）：提案条件は、対比条件と比較して、CRF-Sの全次元において有意に高い評価が得られる。
- ・仮説2（セッション評価）：提案条件は、対比条件と比較して、SEQの全次元において有意に高い評価が得られる。

実験は倫理委員会の承認を得て実施した。実験の参加者は、人材派遣会社を通じて募集したシルバー人材センター所属の高齢者30名（男性15名、女性15名、平均年齢72.97歳、SD 6.21）である。参加者は全員、日本語を母語とする60歳以上で、正常な聴力を持ち、言語障害のない健常者とした。提示順序による影響を排除するため、参加者をランダムに2群に分け、提

示順序をカウンターバランスした。評価指標として、CRF-Sは7段階リッカート尺度で、SEQは7段階双極形容詞尺度で測定し、対応のあるt検定(有意水準 $\alpha = 0.05$)により分析を行った。

本システムは本来、4種類的话题から選択してセルフモニタリングに取り組むことが可能であるが、本実験では変数を制御し、身体接触の効果を純粋に測定するために、対話の主題を「今後の目標」に統一した。また、条件間におけるロボットの発話内容の違いが評価に与える影響を排除するため、発話セリフは両条件で同一のものに制限した。

参加者は事前に日常生活における実際の目標を2つ準備し、到着後の説明を経て書面による同意を行った。参加者は椅子に座り、赤ちゃん型ロボット「ひろちゃん-R」を両手で保持した。練習対話の後、約3分から5分間のメインセッションを2回実施した。各セッション終了後には質問紙への回答を行い、セッション間には休憩を挟んだ。また、条件ごとに異なる目標を用いることで、対話内容の重複による影響を排除した。

図4に示すように、CRF-Sによるロボットへの印象評価の結果、提案条件は対比条件と比較して、支援者としての「信頼感」を有意に向上させることが実証された($p < 0.05$)。一方で、「好意感」や「専門性」については、両条件間に有意な差は見られなかった。これにより、仮説1は部分的に支持された。

また、図5に示すように、SEQを用いたセッ

ション評価の結果、測定した5つの次元(総合的な良さ、深さ、滑らかさ、肯定感、覚醒度)のすべてにおいて有意差は確認されず、仮説2は棄却された。しかし、「覚醒度」においては、提案条件において低下する有意傾向($p < 0.1$)が認められた。

本研究の主要な成果は、高齢者が自身の目標を整理する構造化対話において、ロボットによる能動的な身体接触が信頼できるパートナーとしての認識を有意に高めることを裏付けた点にある。好意感や専門性に変化がなかった理由として、赤ちゃん型ロボットが本来持つ高い外見的な愛らしさや幼い外見という特性が、接触行動よりも強く印象を規定していることが推察される。これは、身体接触がロボットの専門知識を補うというよりも、対話相手としての信頼感という心理的な土台を特異的に強める役割を果たしたことを意味している。さらに、対話評価において統計的な有意差は得られなかったものの、覚醒度の低下傾向が見られた点は重要である。これは、対話に合わせた身体接触が高齢者の緊張を解きほぐした可能性を示唆している。セルフモニタリングは思考や感情に負担を伴う作業であるが、能動的な身体接触によって信頼感の向上と緊張緩和の兆候が同時にもたらされることで、他者の評価を恐れることなく、安心して自身の内面を開示できる場の構築に寄与したと言える。

本研究の限界として、単一の機体や短時間の交流に留まった点が挙げられるが、得られた知

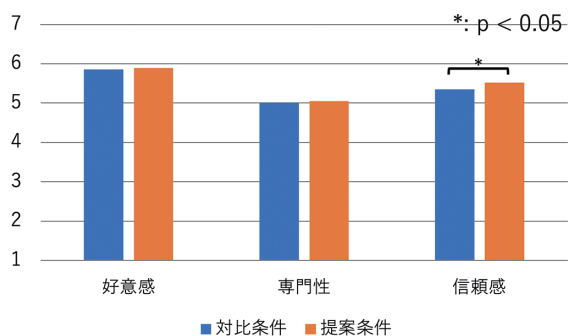


図4 CRF-Sの平均点

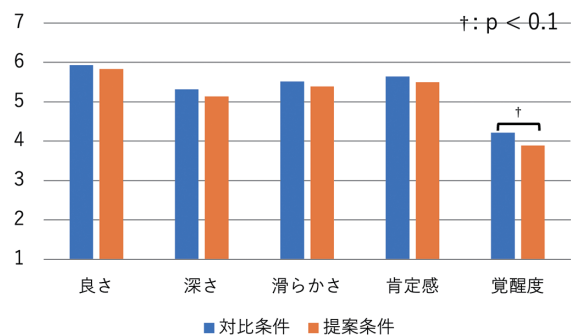


図5 SEQの平均点

見は、触覚を通じた非言語的な働きかけが高齢者の心の健康や生きがいを支えるための重要な設計指針となり得ることを示している。

本研究は、ロボットの能動的な身体接触を対話システムに統合することで、高齢者との間に良好な支援関係を築く有効な手法を提示した。身体接触による信頼感の向上とリラックス効果の兆候は、高齢者が自身の生きがいについてより率直かつ安全に内省できる環境を実現する。

本成果は、高齢化社会において人間と機械が調和し、テクノロジーが心の豊かさを支える社会の実現に資するものである。

[成果の発表, 論文など]

- [1] 秋吉拓斗, 住岡英信, 中西惇也, 加藤博一, 塩見昌裕:
“高齢者向けの触れ合い対話を伴う思考整理を支援する
ロボットの実装”, 第43回日本ロボット学会学術講演会
予稿集, 2J1-01, 2025年9月.