

リアルタイムで室内環境を反映した会話を行う リザーバーセンシングシステムの開発 ー リザーバーシステムの対話型エージェントへの活用可能性の検討 ー

1. 背景

近年、家具や室内など周辺環境に配置されたアンビエントセンサー等を活用したスマートハウス技術への意識が高まっている[1]。人が居住する環境を電子化することによって、居住者の活動を記録して遠方に住む家族に共有したり、電力消費量のマネジメントを行うことなどが可能になっている。また、場合によっては居住者に行動変容を促すなどの情報推薦を行うケースもある。

しかしながら、上記で活用されるシステムは、スマートフォンなどのアプリ画面で表示されるグラフやテキスト表示がほとんどであり、あくまでもユーザーが能動的に情報を取得し、行動を変容させることが求められる。実際に Fogg らの研究[2]では、テキストやグラフのみでは十分な介入ができないことが報告されている。一方で、Bickmore らの研究[3]では慢性疾患を持つ患者を対象に会話型エージェントを用いた介入の効果が報告されている。ただし、何らかの動作をトリガーとした一過性の会話は 10-15 分程度の実験では介入の効果が得られたとしても、その後も同じように介入することは難しい。

2. 目的

提案者らの研究では、世界的にも例を見ない 9 ヶ月間の長期介入研究をコミュニケーションロボット Papero-i (NEC 社) [3]を用いて実施したが、会話内容を日毎に変えたとしても、次第に使用頻度が落ちていくことが確認された。

介入終了後に、研究参加者を集めたグループディスカッションを実施し、意見を集めたところ、「会話の内容がこちらの状況を把握したものではないため会話のモチベーションがあがらない」「適時適切な受け答えができない」といった意見が挙げられた。これは ChatGPT の API を活用した会話型エージェントでも同様であり、システム応答性の高い最新の対話エージェントである Cotomo (2024/2/21 リリース) [5]を用いても超えられていない課題である。しかし、リザーバーコンピューティングは、主に出力層でのみ学習が行われるため、大規模なデータセットに対しても高速に学習を行うことができる。この特性を活かし、リアルタイムまたはリソース制限のある環境での応用が可能となると考えている。

本プロジェクトの目的は、高齢者を含む様々なユーザーに適応可能な対話型エージェントシステムを開発することである。対話型エージェントは音声特性のリアルタイム調整により、話速・音量・周波数を適応的に調整し、高齢者にとって聞き取りや

すい対話を実現する。また、認知特性に配慮した対話構成を取り入れることで、傾聴・質問・情報提供を組み合わせた自然な会話の流れを作り、対話の継続性を向上させる。さらに、センサーを活用し、室温や時間帯に応じた発話を生成することで、生活環境に適応した対話システムを実現することを目指す。

プロジェクトの目標として、以下の3つを設定する。

[1]. 家庭内での居住者の活動状況のモニタリング

温湿度、照度、電流、赤外線といった複数のセンサを包含したマルチセンサを開発し、自宅内のコンセントに設置したセンサーから居住者の活動情報を収集し、「ユーザーが今どういう状態であるか」を推定するシステムを開発する。

[2]. エージェントのインタラクションシステムの開発

スマートスピーカーなどのような受動的なシステムではなく、リアルタイムで室内環境を反映した会話を行うリザーバー・エージェント・インタラクション・システムを開発する。

[3]. 実証実験の実施

開発した技術は、社会実装されて始めて意味があると提案者は考える。そのため、開発したシステムの応用・実用化にあたっては、協力の許可を得られている有料老人ホームやサービス付き高齢者向け住宅などに導入を行い、ユーザーや施設管理者からのフィードバックを得ることを最終目標とする。提案者らはユーザー研究をよく実施しているため、実験計画書および倫理審査請求書類についても問題なく進めることができる。

3. ソフトウェア開発内容

本プロジェクトでは、高齢者の会話支援を目的としたAI対話システムを開発した。本システムは、高齢者の聴覚・認知特性に最適化された対話を実現するため、複数の技術要素を統合した設計となっている。システムの全体構成を以下の図に示す(図1)。

本システムは、クラウド環境とローカルアプリケーションを組み合わせたハイブリッド構成を採用している。ユーザーの音声はローカルアプリケーションで処理され、Amazon API Gateway を経由してAWS クラウドに送信される。クラウド側では、AWS Lambda および Amazon ECS を活用し、音声データの解析と適応処理を実施する。解析結果は Amazon Simple Storage Service (S3) に格納され、管理画面 (Next.js 14 を用いた AWS Amplify ベース) を通じてモニタリングが可能となっている。

本システムの Echo State Network (ESN) は音声の高低・音量調整をリアルタイムに行い、適切な話速 (mora 単位) への調整を可能にする。また、音声から推定された感情ラベルをプロンプトに挿入し、LLM (Amazon Bedrock や Azure GPT) を通じ

て対話の自然さを向上させる。これにより、従来の固定的な音声合成と比較して、話者に応じたダイナミックな発話が可能となる。

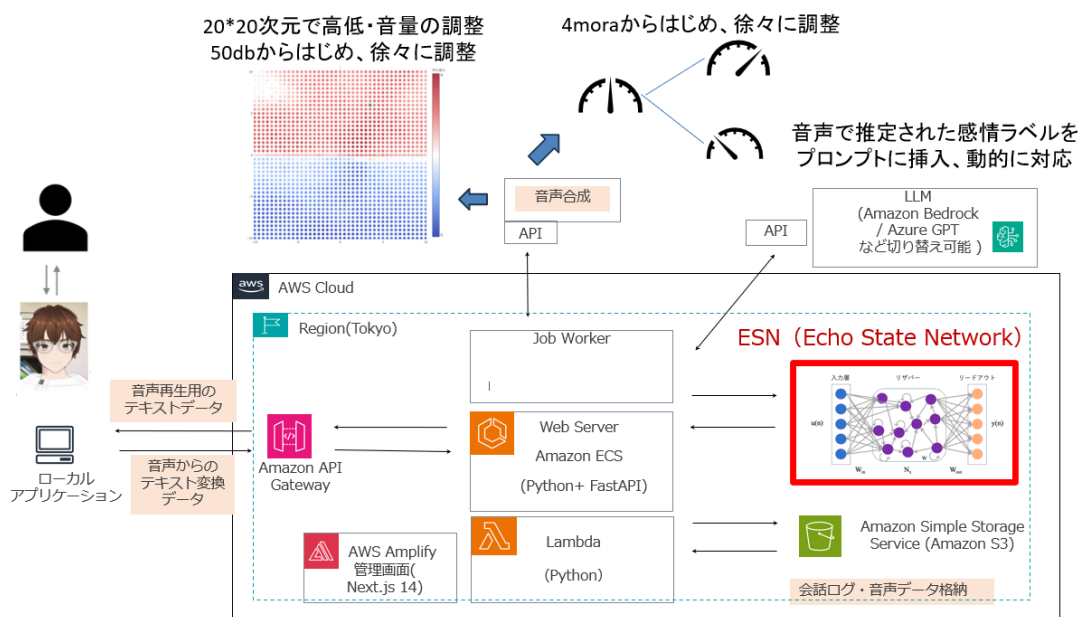


図1 構築したシステムの図解

システムの音声処理では、まず音声データが収集され、音声再生用のテキストデータとして変換される。その後、話者の声特性に応じた音声合成 API を介して調整が行われ、適切な発話内容が生成される。この際、ESN による音声特性の適応が適用され、50dB を基準に音量を調整しながら、高低・話速の最適化を行う。また、発話速度は 4 mora/s からスタートし、徐々に調整されることで、より自然な会話の実現される。

さらに、環境適応型対話機能を搭載し、温度・照度・湿度などのセンサーデータを活用することで、利用者の状況に応じた対話が行われる基盤を整備できた。例えば、室温が高い場合には「水分補給を忘れずに」といった発話が生成されるなど、健康管理をサポートする役割も果たすなどの活用も期待でき、今後の展開に向けてのさらなる開発の検討を進める。

(1) 解決する課題

高齢者等の聴力低下や認知機能に配慮した音声の適応技術、対話設計を行うことで、生成 AI による音声コミュニケーションの課題を解決した。

(2) 動作環境

クラウド環境：AWS Lambda, Amazon Bedrock, Azure GPT

アプリケーション：Python (FastAPI) を使用。

ハードウェア：環境センサー（温度・湿度・照度・人感）と連携可

4. 新規性・優位性

本プロジェクトでは、リアルタイムでの音声調整機能を搭載し、従来の AI 対話システムと比較して、話速や音量を動的に調整できる点が新規性として挙げられる。一般的な対話 AI では、固定された音声合成を用いることが多いが、本システムでは、話者の聴力特性に応じた適切な音声を生成することが可能である。また、高齢者の認知特性を考慮し、応答の遅延を許容しながら自然な会話を誘導する設計を取り入れた。さらに、センサーと連携することで、季節や時間帯に応じた発話を実現し、より人間に寄り添った対話を提供する。これにより、既存の対話型エージェントよりも高齢者フレンドリーで、長期的な利用に適したシステムとなっている。

5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

本プロジェクトの成果により、継続的な会話を提供することで、高齢者の社会的孤立の軽減が期待される。また、日常的な対話の中で認知機能の変化をモニタリングできるため、医療機関との連携により認知症の早期診断や予防に貢献する可能性がある。

本システムの普及により、対話 AI 市場において高齢者向けの新たな分野が開拓され、医療・福祉業界との連携を強化することで、関連技術の発展が促進される。特に、認知症支援システムや遠隔医療と統合することで、スマートヘルスケア分野の成長を加速させることが期待される。対話型 AI 市場は今後 4 年間で 7000 億円規模に成長する見込みがあり、本プロジェクトの技術がその市場の一部を担うことが期待される。

- [1]. 大槻知明, et al. "知的環境とセンサネットワーク---アンビエントセンサネットワーク---." *電子情報通信学会誌* 96.7 (2013): 495-500.
- [2]. Fogg, Brian J., and J. Hreha. "Persuasive technology." (2002): 124. Publisher : Morgan Kaufmann (paperback) ISBN-10 : 1558606432
- [3]. Bickmore, Timothy W., et al. "Taking the Time to Care: Empowering Low Health Literacy Patients with Conversational Agents." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, 2009, pp. 1265–1274.
- [4]. あんしんクラウド® for PaPeRo I, <https://xn--l8jzb9jb9g6b7kuj.com/papero-i/> (Accessed 26th February)
- [5]. 音声会話型おしゃべり AI アプリ Cotomo(コトモ) <https://cotomo.ai/>

6. 氏名（所属）

五十嵐 俊治（東京都立産業技術大学院大学 AI UX デザイン研究所 所長）