

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：32629

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560291

研究課題名(和文) 認知症高齢者の状態把握を行う聞き手エージェントの研究開発

研究課題名(英文) Listener Agent that Monitors Mental/Health Conditions of the Elderly with Dementia

研究代表者

中野 有紀子(Nakano, Yukiko)

成蹊大学・理工学部・教授

研究者番号：40422505

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、認知症高齢者の会話相手となり、会話を通して患者の健康状態や認知的能力の把握を行う会話エージェントの研究開発を目標とし、以下の主要な成果を達成した。

(1) 3年間の研究期間において、アニメーションの会話エージェントとロボットの2種類のシステムを開発した。(2) アニメーションエージェントは介護施設に約1ヶ月常設させていただき、実際に入所者の認知症高齢者に使用していただいた。(3) 音声、発話内容、顔画像から認知症患者がエージェントとの会話に積極的であるか、否定的な言葉が頻出していなかったかを自動的に判定する技術を開発した。

研究成果の概要(英文)：This research developed conversational agents that can monitor the mental and health conditions of the elderly with Dementia through the conversation with the agent. The main outcomes of this research are as follows; (1) We developed two types of listener agents: animation agent and robot. (2) The animation agent was used at a care house for one month. (3) We proposed a prediction model, which uses speech and visual features, for assessing conversational activity of the elderly during interacting with a listener agent.

研究分野：会話エージェント

キーワード：傾聴エージェント 認知症高齢者 会話活動評価

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会の中で、認知症高齢者の数が年々増加傾向にある。厚生労働省の調査によると、65歳以上の認知症高齢者の数は462万人(平成24年)、高齢者の約15%、全国のMCI(正常でもない、認知症でもない状態の者)の数は約400万人(平成24年)と推計されている。また日常生活自立度以上の高齢者数は2010年には280万人であった。この数が2025年には470万人と推定され、介護や見守りが必要な高齢者がますます増える傾向にある。

しかしながら、介護士数は不足している状況にあり、このような状況を改善するために、認知的障害を持つ高齢者の支援を目的とした情報技術の研究・開発が活発に行われている。その1つとして、患者の状態を把握、記録し、必要に応じて介護者や家族に通知を行う見守りサービスは、今後さらに増加が予測される一人暮らしの認知症高齢者やその家族に向けたサービスとして必要性が高まると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、認知症高齢者の会話相手となり、会話を通して患者の健康状態や認知的能力の把握を行う会話エージェントの研究開発に取り組んだ。具体的には、(1)音声、顔画像から認知症患者が会話に積極的であるか、否定的な言葉が頻出していかなかったか、今日の行動を正しく記憶しているか等を判定する患者の状態把握技術の提案、(2)この機構を搭載したエージェントシステムの開発、(3)長期的な評価実験の実施による提案技術の有用性の検証をめざし、研究を実施した。

3. 研究の方法

3.1 傾聴エージェントの開発

図1に開発した傾聴エージェントのモジュール構成を示す。発話検知部が、音声入力を検知すると、韻律情報として声の高さ(ピッチ)を取得する。動作決定部では、韻律情報に基づいて、エージェントの話しタイミング

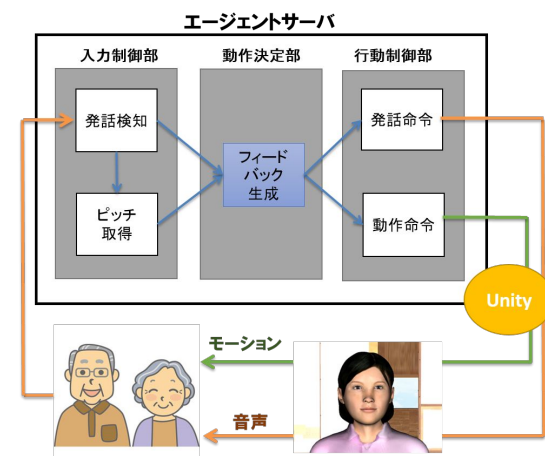


図1 傾聴エージェントのシステム構成

を決定し、エージェントアニメーションを生成する。エージェントアニメーションにはゲームエンジン Unity を使用した。

対話エージェントは、入力制御部、動作決定部、行動制御部等から構成される複雑なシステムであり、システム実行時に適切な順序やタイミングで各モジュールを起動する必要がある。しかし、介護の現場では、システムの起動は介護者に行ってもらわなければならないため、誰もが簡単に操作できることが要求された。そこで、ワンクリックで簡単に起動できるシステムを開発した。

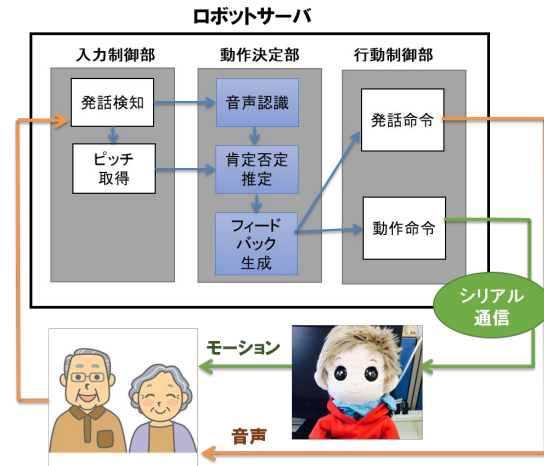


図2 傾聴ロボットのシステム構成

3.2 傾聴ロボットの開発

傾聴ロボットでは、モーション命令をシリアル通信でサーバからロボットに送信することで、ロボットを動作させた。ロボットの首・腕・台座のモーション定義には RobovieMaker を利用した。また、音声出力は、予め音声合成器を用いて生成した音声ファイルをプログラム内で再生・制御することにより行った。音声合成エンジンは、NICT(情報通信研究機構)によって開発された会話調音声合成を利用した。

傾聴ロボットでは、ユーザの返答の音声認識・言語理解を行い、質問に対する肯定/否定を推定している。我々はすでに、非言語情報(ポーズ、ピッチレンジ)と言語情報に基づき高齢者の発話が肯定文か否定文かを推定するモデルを提案しており、このモデルを利用し、利用者の発話音声からリアルタイムに肯定/否定を判定する機構を実装した。

さらに、その判定結果より、質問する話題への興味の有無を判断し、話題の展開/スキップを決定した。エージェントの質問に対して、高齢者の発話が肯定文であった場合は、その話題に対して興味を持っているとみなし、エージェントの直前の発話と同じトピックカテゴリーの話題を展開し、否定文であった場合は、別のトピックカテゴリーに遷移するシステムを実装した。図2に傾聴ロボットのシステム構成を示す。

本機構の実装に向け肯定 / 否定判定モデルの性能評価を行った。予備実験で収集された発話データ 264 発話のうち音声認識に成功したのは 126 発話であった。音声認識に成功した発話のみを用いて肯定 / 否定判定の精度評価を行った結果を表 1 に示す。

表 1 Yes/No 判定モデルの評価結果

	Precision	Recall	F-measure
no	0.923	0.952	0.937
yes	0.802	0.928	0.860

no 判定の精度は高いが、音声認識が間違った結果を返した場合に肯定文と判定することが多かった。そこで、音声認識の結果に名詞と動詞 / 助動詞が含まれているときのみモデルを使用することにした。その結果、Yes 判定の適合率は 90.9%、再現率は 92.8%、そして F-measure も 91.8% となる結果を得た。

3.3 状態把握手法の開発

本研究で会話活動評価推定モデルの構築のために用いた対話データは、計 11 名（男性 8 名、女性 3 名、平均年齢：74.2 歳）分の傾聴エージェントと認知症高齢者との対話データである。MMSE（認知機能検査）の平均スコアは 22.2 点であり、軽度の認知症であった。各被験者にエージェントから 30 問の質問を行ったが、データ欠損等の理由により計 236 の質問・応答ペアを分析対象データとした。

3.3.1 会話活動の評価

心理学研究において提案された対人コミュニケーションに関する評価指標を参考に、会話活動評価用の質問紙を作成した。質問紙は、話す姿勢・表情・姿勢に関する 20 の質問からなる。作成した質問紙と各ユーザのエージェントとの対話の様子を収めたビデオを用いて、外部評価者による会話活動の評価を行った。評価者は大学生 15 名（男性 11 名、女性 4 名）、回答者の平均年齢は 20.8 歳（19~22）であった。各質問に対して 5 段階のリッカート尺度を用いて、全評価者 15 名の結果の平均値をそのユーザの会話活動評価値とした。評価値の平均は 64.5 点（最大値 87.4、最小値 52.6）であった。

3.3.2 会話活動評価値予測モデル

モデル構築に用いた発話の韻律情報に関する予測パラメータは以下の 4 つである。

- I. ピッチ：ユーザの発話区間のピッチ（声の高さ）の平均
- II. 発話長：ユーザの発話開始時間から発話終了時間までの時間
- III. 抑揚：ユーザの発話区間におけるピッチの最高値と最低値の差
- IV. 反応時間：エージェントの発話終了からユーザが発話を開始するまでの時間

視覚情報としてモデルの構築に用いた予測パラメータは以下 2 つである。

- I. フレームごとの頭部移動量
- II. 頭部移動量の離散フーリエ解析の結果

4 種類の韻律情報（ピッチ、発話長、抑揚、反応時間）の説明変数に加え、頭部移動情報（頭部移動量、頭部移動量の離散フーリエ解析の結果）を説明変数に用い、3.3.1 節で評価者によるビデオ観察によって得られた会話活動評価値を予測する重回帰モデルを作成した。

ユーザの韻律情報はユーザがエージェントの問いかけに対して応答している区間を分析対象とした。一方、ユーザの頭部動作はエージェント発話中にユーザが聞き手として振舞っている時間の動きと、エージェントの問いかけに対して応答する、つまり発話者として振舞っている時間に分けることができるが、本研究では、エージェントの質問開始からユーザの応答終了時間までを分析区間とした。

エージェント発話開始から、それに対するユーザ応答発話の終了までのフレームを 768 のデータ点として正規化し、離散フーリエ解析を行った。離散フーリエ解析の結果である 385 点のうち 0Hz を除く 384 点を 4 点ずつ統合することで、約 0.125 Hz 刻みに 96 の周波数帯に等分割し、各周波数帯 F1~F96 における頻度を求めた結果を説明変数として利用した。したがって説明変数 F1 は 0.032 Hz、0.064 Hz、0.096 Hz、0.128 Hz の頻度の和となっている。

ステップワイズ法を用いた重回帰分析の結果、モデルの自由度調整済決定係数 R^2 は 0.469（重相関係数 R は 0.699）となった。標準化係数ベータについてはピッチがもっとも高く、モデルへの影響度が最も大きいことが示された。次に縦方向の頭部移動量を示す特徴量 y 、さらに F5（0.513~0.64 Hz 付近）をはじめとする、6 種類の周波数帯が有意な予測パラメータであることがわかった。

4. 研究成果

4.1 会話活動評価値予測モデルの評価

3.3.2 節で作成した会話活動評価値予測モデルの有用性の評価を、モデル作成に使われていない未知のデータを使って行った。今回評価に使ったデータは 2 種類の方法で取得している。その方法について以下に説明する。

4.1.1 データ収集

傾聴エージェントとの会話の収集のために、24 種類の話（音楽、動物、学生時代など）を設定、各話に 5 回分の発話を 1 セットとした発話セットを複数作成した。これらの発話セットをランダムに選択することによりエージェントから問いかけの発話を決定した。このシステムを介護施設に約 1 ヶ月常設し、介護施設の方にシステムを起動してもらうことにより会話データを収集した。

次に、傾聴ロボットとの会話データ収集では、実験スタッフがロボットを操作することにより、介護施設で認知症高齢者の方に使用していただいた。ロボットもエージェントと同じく、高齢者の発話の韻律情報の特徴に応じて頷き・相槌などを行う。傾聴エージェントとの対話終了後に生成されるログファイル(xml形式)には、ロボットの発話終了時間やユーザの発話開始/終了時間、音声認識結果などが保存されており、加えて対話時の各発話の音声ファイル(wav形式)、動画ファイル(flv形式)が保存された。

また、ロボットの問いかけ発話についてもエージェントと同じく、300個の質問を用意し、24種類的话题を設定した。ただし、傾聴ロボットでは、ロボットの質問に対するユーザの応答が肯定か否定を推定する機構が実装されていたため、肯定の場合は同じ話題に関する質問、否定の場合は別の話題を選び質問できる機能を追加した。

4.1.2 評価結果

モデル作成時と同じ方法で韻律情報および頭部移動情報のパラメータを抽出し、3節で作成したモデルに適用した。次に、これにより得られた会話活動評価値の推定値を平均値により“よい”、“悪い”の2クラスに分類した。3.3.1節で収集した人による評価結果についても同じく平均値により“よい”、“悪い”に分類した。この結果と推定値を用いた分類結果とを比較し、正解率を算出した。データの欠損等があったセッションを除き、65の質問・応答ペアから得られたデータを用いて、よい・悪いの判定を行った結果、人による評価に基づくよい・悪いの分類結果との一致率は約78%であった。

4.2 考察

評価用のデータは、主に2つの点でモデル作成時のデータと異なっていた。1つ目はモデル作成時のデータ収集では、ユーザ全員に固定の30個の質問を行うという会話活動であったが、評価時のデータ収集では、エージェントシステムでは、10個程度の質問をランダムに行い、ロボットではユーザの反応に応じて10個程度の質問を行った。2つ目は、会話を行う相手として傾聴エージェントだけでなく、ロボットを使ったデータも含まれている点である。本研究の結果は、データ収集時のこのような差異を含みつつ約78%の正解率が得られたことを示している。このことから、作成したモデルに使用されているパラメータは、会話の内容やインタフェースが異なっても有用であると言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. 中野有紀子, 馬場直哉, 黄宏軒, 林佑樹: 非言語情報に基づく受話者推定機構を用いた多人数会話システム, 人工知能学会論文誌

特集号『知的対話システム』, Vol.29, No.1, pp.69-79, 2014. DOI 10.1527/tjsai.29.69 (査読有)

〔学会発表〕(計11件)

1. Toshiaki Yamanaka, Yutaka Takase, and Yukiko I. Nakano. Assessing the Communication Attitude of the Elderly using Prosodic Information and Head Motions. In Proceedings of the 11th Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts (HRI'16 Extended Abstracts), New Zealand Christchurch, 2016.

2. Naoko SAITO, Shogo OKADA, Katsumi NITTA, Yukiko I. NAKANO, and Yuki HAYASHI: "Estimating User's Attitude in Multimodal Conversational System for Elderly People with Dementia", Turn-Taking and Coordination in Human-Machine Interaction: Papers from the 2015 AAAI Spring Symposium, pp.100-103, Palo Alto, CA, USA. (Mar. 2015)

3. Emmanuel Ayedoun, Yuki Hayashi, and Kazuhisa Seta, A Conversational Agent to Encourage Willingness To Communicate in the Context of English as a Foreign Language, 19th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2015), Singapore, 2015年9月7日.

4. Emmanuel Ayedoun, Yuki Hayashi, and Kazuhisa Seta, HCI Approach to Enhancing Willingness to Communicate in EFL Context, 11th International Conference on Knowledge Management (ICKM2015), Osaka, 2015年11月4日.

5. Kazufumi Tsukada, Yutaka Takase, and Yukiko I. Nakano. 2015. Selecting Popular Topics for Elderly People in Conversation-based Companion Agents. In Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts (HRI'15 Extended Abstracts), Portland, Oregon, USA. DOI=10.1145/2701973.2702015

6. 山中俊貴, 高瀬 裕, 中野有紀子: 発話の韻律情報と頭部移動情報に基づく高齢者の会話活動評価値の予測, HCG シンポジウム, 富山国際会議場 (富山県・富山市), 2015/12/17.

7. 塚田一史, 高瀬 裕, 中野有紀子: 高齢者が好む話題の選択と遷移を行う会話エージェント情報処理学会第77回全国大会, 5R-01, 京都大学吉田キャンパス (京都府・京都市), 2015年3月19日.

8.塚田 一史,山内 崇資,林 佑樹,中野 有紀子:ユーザ応答の言語・非言語情報に応じた語りかけエージェントによる対話制御,第28回人工知能学会全国大会,2M5-0S-20b-1,ひめぎんホール(愛媛県・松山市),2014年5月13日.

9.野中 裕子,高橋 明秀,林 佑樹,中野 有紀子:発話中の非言語情報に基づく認知症高齢者の状態把握,第28回人工知能学会全国大会,2H3-NFC-04a-3,ひめぎんホール(愛媛県・松山市),2014年5月13日.

10.齋藤直子,岡田将吾,新田克己,林佑樹,中野 有紀子:音声対話エージェントを利用した認知症患者の状態把握支援の試み,第28回人工知能学会全国大会,2M4-0S-20a-3,ひめぎんホール(愛媛県・松山市),2014年5月13日

11.齋藤直子,林佑樹,中野有紀子:認知症患者の状態把握支援のための発話内容認識手法,第27回人工知能学会全国大会,2G1-4.富山国際会議場(富山県・富山市),2013年6月5日.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

<http://iui.ci.seikei.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

中野 有紀子 (NAKANO Yuki ko)

成蹊大学・理工学部・情報科学科・教授
研究者番号: 40422505

(2)研究分担者

林 佑樹 (HAYASHI Yuki)

大阪府立大学・現代システム科学域・知識
情報システム学類・助教
研究者番号: 40633524