

発話課題における対話ロボットの傾聴機能の影響評価

朝康博^{†1} 沼田崇志^{†1} 伴真秀^{†1} 築地新建太^{†1}
的場浩介^{†1} 大石諸兄^{†1} 佐藤大樹^{†2}

概要：ヒトと対話ロボットが継続的にコミュニケーションをとるためには、対話ロボットに傾聴機能を持たせ、ヒトの自発的発話を促すことが重要である。そこで本稿では、ヒト同士のコミュニケーションの傾聴行為である表情模倣、共同注意、相槌の機能を実装した対話ロボットを開発し、高齢者による評価実験を行った。その結果、傾聴機能の有無によって被験者の発話量に違いは見られなかった。しかし、傾聴機能有り条件で発話量が増加した被験者に着目したところ、笑顔時間、笑顔度、対話ロボットによる笑顔模倣回数が増加しており、表情模倣の有効性を確認できた。今後、本実験結果を踏まえ、発話量と笑顔指標の関係を考慮して傾聴機能を改善する予定である。

1. はじめに

近年、アマゾンの Alexa やソフトバンクの Pepper 等、言語あるいは非言語でのヒトとのインタラクションを通じてサービス提供を行う対話ロボット(対話インターフェース)が発売され注目を集めている。このような対話ロボットは、人工知能(AI)やバーチャルリアリティ(VR)の発展と共に急速に拡大することが予想されている[1]。これらの対話ロボットの理想形態は「信頼関係のあるヒトのようなロボット」であり、継続的にコミュニケーションをとりつつ、相手と常に寄り添うことが求められる。しかし、現状の対話ロボットでは、ユーザ入力(要求)を正確に把握し、特定のサービスにおいて適切な応答を返すという機能のみが追求されている場合が多い。このようなコミュニケーションの正確性は、音声認識、音声合成、機械学習などの技術によって性能が日々向上しているが、コミュニケーションの継続性に関する技術は未熟な状況である。前述のとおり、コミュニケーションを継続するためには、お互いの信頼関係が築かれている必要がある。心理学の分野では、信頼関係構築に向けた「カウンセリングの基本的態度(自己一致、受容的態度、共感的理解)」の重要性が示されており、コミュニケーション・スキルとして教育、介護、医療などで研究が進められている[2][3][4]。すなわち、相手と共感していることを適切な言葉や態度(アイコンタクト、相槌、表情など)で伝える傾聴スキルが重要となる。このような傾聴機能を持つ対話ロボットの研究は、相槌などの音声応答に関するものがほとんどである[5][6][7]。相槌では、相手の話を積極的に聴いていることは伝えられるが、感情表現に乏しいため、相手に共感していることを伝える(相手の感情を理解していることを伝える)ことは困難である。そこで本稿では、感情表現を備えた対話ロボットによって、相手と共感する傾聴機能を開発し、相手との継続的なコミュニ

ケーションにおける影響評価について報告する。

2. 対話ロボットの概要

2.1 対話ロボットのシステム構成

対話ロボットの外観を図1、システム構成を図2に示す。本システムは対話ロボット、外部カメラおよびマイクと制御PCが接続された構成となっており、対話ロボットの内蔵カメラ、外部カメラおよびマイクからの入力信号(画像および音声)に基づいて制御PCが対話ロボットの応答(画像、音声)を生成し、対話ロボットの内蔵スピーカおよびプロジェクタによって出力する。対話ロボットの応答は表情模倣、共同注意、相槌の三つの傾聴行動である。本システムは、ヒトと対話ロボットが1対1で対面して会話する環境を想定しており、対話ロボットの内蔵カメラあるいは



図1 対話ロボットの外観

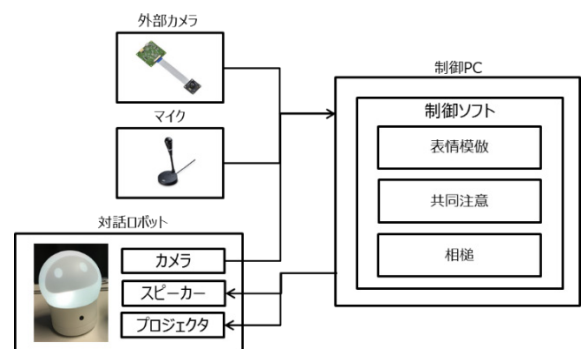


図2 システム構成

^{†1} (株)日立製作所

^{†2} 芝浦工業大学

外部カメラから得られるヒトの表情に応じて表情模倣を行い、両カメラから得られるヒトの顔の向きに応じて共同注意を行う。そして、外部マイクから得られる音声信号開始/終了イベントに応じて相槌を行う。尚、制御 PC に対話シナリオを実装することでルールベースでの対話も可能だが、本稿では対話機能は未使用である。

2.2 対話ロボットの処理フロー

対話ロボットの制御ソフトについて、図 3 のフローチャートに沿って説明する。まず、対話ロボット内蔵カメラおよび外部カメラからヒトの顔情報を取得する。両カメラはオムロン製の HVC-P2 (B5T-007001-020) を使用し、画像の取得だけでなくヒトの顔の位置、顔の向き（上下 ± 20 度、左右 ± 30 度）の検出、表情（真顔、喜び、驚き、怒り、悲しみ）の推定が可能である[8]。本システムでは、内蔵と外部の 2 台のカメラのうち、顔の向きがより正面である方（左右角度が小さい方）の顔情報を有効とした。また、表情推定値は各表情の帰属度(0~100)が出力される（値が大きいほど帰属度が高い）。次に、外部マイクから音声入力を取得する。既存の音声認識ソフト (Intel Realsense SDK 2016 R2) を用いることで、音声入力の開始時間、終了時間の取得が可能である。続いて、表情模倣を行うか否かを判定し、対話ロボットの出力表情を確定する。先に取得した各表情の推定値の最大値が閾値よりも大きい場合は、その表情と同じ感情の表情を出力表情とする（表情模倣をする）。最大値が閾値よりも小さい場合は、真顔を出力表情とする（表情模倣をしない）。次に、対話ロボットの顔の表示位置を確定することで共同注意を行うか否かを判定する。内蔵カメラと外部カメラのどちらの顔情報を用いるかによって対話ロボットの顔位置の原点を変えており、内蔵カメラの場合は対話者の顔位置によって原点を設定し、外部カメラの場合は共同注意の対象物の位置によって原点を設定している。すなわち、内蔵カメラの顔情報を用いる場合は対話ロボットはアイコンタクトを行い、外部カメラの顔情報を用いる場合は共同注意を行う。続いて、相槌を行うか否かを確定する。相槌は「聞いている」「理解」「同意」「否定」などを表現できる傾聴行為であり、多くの先行研究が存在する[9][10][11][12]。本システムでは、相槌の表現精度（ヒトと同じように相槌をうてる）には拘らず、相槌機能を有することに重点を置き、単純な実装とした。具体的には、相槌音声を 7 種類作成し、次の 2 種類のタイミングでランダムに一つの相槌音声を再生する。ここで、相槌音声は「うん」「うんうん」の二つの発話を韻律を変えて 7 種類作成した。

- 前回の相槌から 5 秒以上経過し、かつ発話終了イベントを取得したタイミング
- 前回の相槌から 5 秒以上経過し、かつ発話開始イベントから数秒以上経過したタイミング（経験的に数秒=3~5 秒のランダム値とした）



図 3 制御ソフトのフローチャート

こうして確定した表情、顔の位置、相槌に基づき応答出力を生成し対話ロボットのプロジェクタおよびスピーカを用いて出力を行う。対話ロボットの出力表情を図 4 に示す。



図 4 対話ロボットの出力表情

各出力表情は動きのある 3D アニメーションとなっており、感情を表す音声と共に再生される（例えば、喜びの場合は笑い声とともに再生される）。表情模倣時の様子を図 5、共同注意時の様子を図 6 に示す。

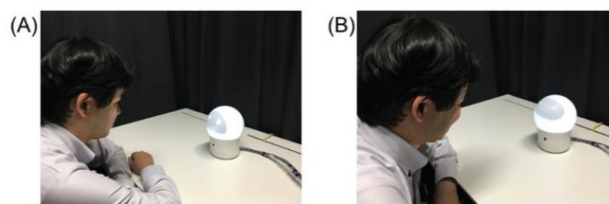


図 5 表情模倣時の様子 ((A)真顔, (B)喜び)

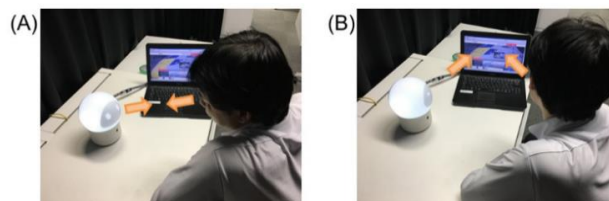


図 6 共同注意時の様子 ((A)目を合わせる, (B)同じ物（ノート PC）を見る)

3. 実験方法

3.1 実験プロトコル

対話ロボットの傾聴機能の効果を評価するため、被験者に発話課題を行った。発話課題は、ディスプレイに提示された写真から思い出話を連想し、その思い出話を対話ロボットに発話で伝える課題である。発話課題では、被験者、対話ロボット、ディスプレイが三角形をなす配置（図 7）とし、対話ロボットに向けて思い出話を伝えるように指示した。また、時々ディスプレイを見るようにも指示した。発話課題は 1 名の被験者に対して 2 回実施し、時間は 1 回につき 3 分として、3 分経過するまで対話ロボットに向けて話を伝えるように指示した。被験者に提示する写真は図 8 に示す花見または花火の写真である。



図 7 発話課題の環境



図 8 発話課題での提示写真 ((A)花見, (B)花火)

対話ロボットの傾聴機能の効果を評価するため、2 回の課題のうち 1 回は傾聴機能を実装した対話ロボット（傾聴機能あり条件）、もう 1 回は傾聴機能を実装していない対話ロボット（傾聴機能なし条件）を用いた。傾聴機能の有無は、被験者に知らせない Single Blind 法を採用した。ただし、対話ロボットに 2 種類の色（緑、黄）のラベルを付与し、対話ロボットが 2 種類存在することは説明した。対話ロボットの傾聴機能としては、2.1 で述べた表情模倣、共同注視、相槌という 3 種類の動作を設定し、表情模倣については、笑顔の表情のみを模倣するようにした。また、共同注視については、被験者がディスプレイに視線を向けた場合、対話ロボットもディスプレイへと視線を移動する動作を出力し、被験者が対話ロボットに視線を向けた場合は、対話ロボットも被験者に視線を向ける動作（アイコンタクト）を出力するように設定した。尚、傾聴機能を実装しない対話ロボットでは、ランダムに表情模倣、共同注視、相槌のモーションを出力するようにした。写真の提示順序と傾聴機能の有無および対話ロボットの色ラベルの関係はランダムとして、カウンターバランスを調整した。

3.2 計測条件

健常高齢男性 24 名および女性 23 名の計 47 名（平均年齢 69.5 ± 2.6 歳）を被験者とした。本実験では、発話課題実験において、被験者の表情や発話に応じた対話ロボットの動作を出力するとともに、対話ロボットの傾聴機能の効果を評価するため、ロボットの動作、主観評価、音声信号、表情信号を計測した。対話ロボットの動作として、笑顔、視線の変更、相槌を出力した際にその出力ログを PC に記録した。主観評価として、発話に関する 3 項目（発話カテゴリ）、傾聴に関する 2 項目（傾聴カテゴリ）、共感に関する 5 項目（共感カテゴリ）の計 10 項目を設定し、発話課題終了後に記入を課した（表 1）。主観評価は VAS（Visual Analog Scale）を用いて行った。VAS とは、左端を 0、右端を 100 とする水平線に対して、現在の心理状態を表すように垂線を描いてもらう評価手法であり、心理学や臨床医学の分野で広く用いられている[13][14][15]。本実験では、たとえば「話しやすかった」などの設問に対して、左端に「全くそう思わない」、右端に「強くそう思う」と表記し、自身の状態に相当する位置に垂線を描くように指示した。音声信号は、被験者と対話ロボットの間にマイク（サンワサプライ製 指向性マイク MM-MCU03BK）を設置し計測した（図 7）。本実験では、被験者の顔情報の喜びの程度を笑顔の指標（笑顔度）として設定し、笑顔度が他の表情の帰属度を超えた場合、笑顔を向けたと判定した。

表 1 主観評価の項目

カテゴリ	項目	質問
発話	話しやすさ	話しやすかった
	発話欲求	もっと話をしたかった
	話す楽しさ	このロボットに話をするのは楽しかった
傾聴	被傾聴感	このロボットは、話を聞いていると感じた
	被関心感	このロボットは、自分の話に関心を持っていると感じた
共感	好ましさ	このロボットは好ましい
	恐怖	このロボットを恐いと感じた
	受容感	このロボットを自宅に迎え入れたい
	信頼感	このロボットは信頼できると思った
	共感	このロボットは、自分に共感しているように感じた

4. 解析方法

4.1 対話ロボットの傾聴機能とその効果の評価指標定義

本発話課題実験にて計測したロボットの動作、主観評価、音声信号、表情信号を用いて、以下のように対話ロボットの傾聴機能の評価指標を定義した。尚、発話課題中に笑顔を見せる時間が短かったり、ディスプレイに視線を向けなかったりしたことで、対話ロボットによる笑顔の模倣または共同注視が成立しなかった被験者が 23 名見られた。そのため、これら 23 名のデータを除去し、対話ロボットの傾聴機能を構成する 4 種類の動作が全て出力された被験者 24 名のみを対象として解析を行った。

● 対話ロボットの動作

対話ロボットの出力ログから、発話課題中对話ロボットが笑顔を出力した回数（笑顔模倣回数）、笑顔を出力して

いた時間（笑顔模倣時間），被験者からディスプレイに視線を変更した回数（共同注視回数），相槌を出力した回数（相槌回数）を算出し，これら 4 項目を対話ロボットの動作として評価した．

● 主観評価

VAS の各項目の垂線の位置から，VAS のスコアを算出した．尚，本実験では左端に「全くそう思わない」，右端に「強くそう思う」と表記したため，水平線の中央を 0，左端-50，右端 50 としてスコアを算出した．

● 音声信号

被験者の音声信号データから，発話した文字を書き起こした．そして，発話文字をすべて平仮名で表記し，その発話文字数を算出し発話量として評価した．

● 表情信号

オムロン製カメラから取得した表情推定データから，発話課題中の喜びの程度の平均値を笑顔度，笑顔に向けたと判定した回数を笑顔回数，笑顔を向けていた時間を笑顔時間とした．これら 3 項目を笑顔の評価指標（笑顔指標）として評価した．

4.2 対話ロボットの傾聴機能とその効果の評価

前項で定義した評価指標を用いて，対話ロボットの傾聴機能とその効果を評価した．これらの評価は，傾聴機能の有無による比較，および発話文字数の違いによる傾聴機能の影響評価という 2 種類の解析により行った．それぞれの解析手法について，以下に記述する．

● 傾聴機能の有無による比較

傾聴機能あり条件と傾聴機能なし条件において，発話課題中の対話ロボットの動作 3 項目，主観評価 3 カテゴリ 10 項目，発話量，笑顔指標 3 項目を比較した．これらの比較は，対応のある t 検定により実施した．尚，有意水準（p 値）は 0.05 とした．

● 発話文字数の違いによる傾聴機能の影響評価

発話文字数による傾聴機能の影響の違いを評価した．具体的には，グループ解析および相関解析という 2 通りの解析により評価を行った．

グループ解析については，傾聴機能なし条件に比べて，傾聴機能あり条件で発話文字数が増加した被験者グループ（発話増加グループ）と発話文字数が減少した被験者グループ（発話減少グループ）に分けて，これら二つのグループにおける傾聴機能あり条件の対話ロボットの挙動，主観評価，笑顔指標を比較した．これにより，対話ロボットの傾聴機能による発話促進の成功に関する指標を抽出した．これらの比較は，Student の t 検定により実施した．尚，有意水準（p 値）は 0.05 とした．

相関解析については，傾聴機能なし条件の発話文字数と，傾聴機能あり条件と傾聴機能なし条件における主観評価，発話量，笑顔指標の差の関係を評価した．これらの関係評価は，相関解析により相関係数を算出することで行った．

具体的には，相関係数としてピアソンの積率相関係数を算出した．ピアソンの積率相関係数 r は，全被験者の主観評価，発話量，笑顔の指標のデータから 2 項目を選択し，それぞれ x_i, y_i ，データ数を n とすると，以下の式で表せる．

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2)}} \quad (1)$$

$\bar{x}, \bar{y}$ はそれぞれのデータの相加平均である．以上の解析手法により，傾聴機能なし条件における発話文字数と他の指標の関係を評価した．

5. 実験結果

5.1 傾聴機能の有無による比較

まず，傾聴機能の有無により，対話ロボットの動作を比較した結果を述べる．対話ロボットの笑顔回数，視線移動回数および相槌回数を比較した結果，傾聴機能無し条件に比べて，傾聴機能あり条件の方が，有意に笑顔模倣回数，相槌回数，共同注視回数が多く，笑顔模倣時間が長いという結果が得られた（表 2）（全て $p < 0.01$ ）．

表 2 対話ロボットの動作の比較

指標	傾聴機能あり条件	傾聴機能なし条件	有意水準
笑顔模倣回数	6.3 ± 4.9	-	p < 0.01
笑顔模倣時間	48.8 ± 44.6	-	
共同注意回数	8.5 ± 7.6	-	
相槌回数	18.7 ± 4.8	7.0 ± 0.2	

次に，主観評価を比較した結果，発話カテゴリの「話す楽しさ」において，傾聴機能なし条件に比べて，傾聴機能あり条件の方が有意に強く感じたという結果が得られた（図 9）（ $p < 0.05$ ）．その他の主観評価については，傾聴機能の有無による有意な違いは見られなかった．また，発話量および被験者の笑顔回数，笑顔時間，笑顔度を比較した結果，いずれも傾聴機能の有無による有意な違いは見られなかった．

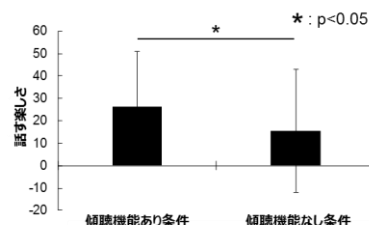


図 9 傾聴機能の有無における主観評価項目「話す楽しさ」の比較結果

5.2 発話文字数の違いによる傾聴機能の影響評価

まず，グループ解析として，発話増加グループ（8 名）と発話減少グループ（16 名）を作成し，グループ間の対話ロボットの動作，被験者の主観評価および笑顔指標を比較し

た結果を述べる．対話ロボットの動作を比較した結果，発話減少グループに比べて，発話増加グループの方が有意に対話ロボットの笑顔回数が多く ($p<0.01$)，笑顔時間が長い ($p<0.05$) という結果が得られた (図 10)．また，主観評価の項目および笑顔指標を比較した結果，発話減少グループに比べて，発話増加グループの方が，有意に「好ましき」を強く感じた ($p<0.05$) とともに，笑顔時間が長く ($p<0.01$)，笑顔度が高い ($p<0.05$) という結果が得られた (図 11)．その他の対話ロボットの動作，主観評価および笑顔指標において，発話増加グループと発話減少グループの間に有意な差は見られなかった．

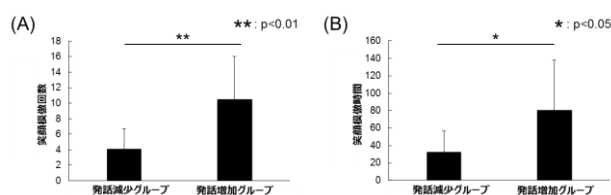


図 10 発話文字数の違いにおける対話ロボットの動作の比較結果 ((A)笑顔回数, (B)笑顔時間)

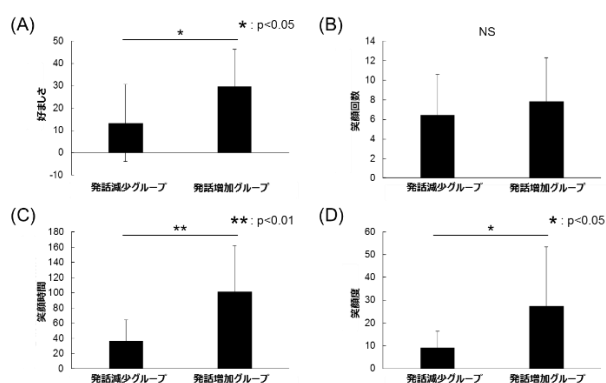


図 11 発話文字数の違いにおける主観評価，笑顔指標の比較結果 ((A)好ましき, (B)笑顔回数, (C)笑顔時間, (D)笑顔度)

次に，相関解析として，傾聴機能なし条件の発話文字数と，傾聴機能あり条件と傾聴機能なし条件における対話ロボットの動作，主観評価および笑顔指標の差の相関解析結果を述べる．対話ロボットの動作との相関を評価した結果，傾聴機能なし条件の発話文字数と対話ロボットの相槌回数に有意な正の相関 ($p<0.05$) が見られた．また，笑顔指標との相関を評価した結果，傾聴機能なし条件の発話文字数と被験者の笑顔回数に有意な負の相関 ($p<0.05$) が見られた (図 12)．その他の対話ロボットの動作，主観評価および笑顔指標において，発話文字数との間に有意な相関関係は見られなかった．

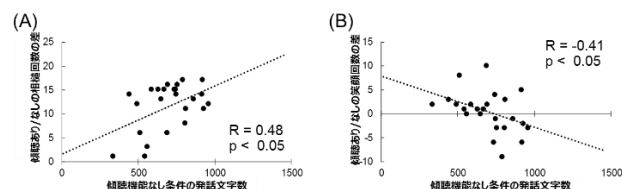


図 12 相関解析の結果 ((A)発話文字数と相槌回数の差, (B)発話文字数と笑顔回数の差)

6. 考察

6.1 傾聴機能の有無による比較

傾聴機能の有無による対話ロボットの動作を比較した結果，傾聴機能なし条件に比べて傾聴機能あり条件の方が，有意に笑顔回数，相槌回数，視線移動回数が多いという結果が得られた (表 2)．そのため，傾聴機能の有無による比較は，対話ロボットの動作のタイミングに加えて，動作の回数の影響を反映していたことを確認した．また，傾聴機能の有無による主観評価を比較した結果，「話す楽しさ」において，傾聴機能あり条件の方が強く感じたという結果が得られた (図 9)．このことから，開発した対話ロボットの傾聴機能により，話す楽しさを誘起する効果がある可能性を確認できた．一方，主観評価の傾聴カテゴリや共感カテゴリでは，傾聴機能の有無による違いが見られなかった．本対話ロボットでは，傾聴機能として非言語的な動作のみを実装していたため，傾聴や共感を誘起する効果が弱かった可能性が考えられる．今後，適切なタイミングで相槌を入れるなどの発話タイミングや発話回数の検討により，傾聴機能を強化することが有用である可能性が考えられる．加えて，発話量，笑顔の評価指標についても，傾聴機能の有無による違いが見られなかった．このうち，発話量については，傾聴機能なし条件も 700 文字程度の発話が見られており，発話がある程度継続していたことを踏まえると，傾聴機能により発話速度を向上させる影響は小さかったため，発話量の違いが見られなかった可能性が考えられる．従って，傾聴機能による発話量への影響を詳細に評価するためには，発話時間を 3 分間に限定せず，被験者に任意の時間で発話する課題を課すことが有用であると考えられる．笑顔の評価指標については，傾聴により被験者の笑顔を引き出す効果は弱い可能性に加えて，幸福感などのポジティブな感情に直結する写真を提示しなかったため，嬉しい思い出を想起しなかった可能性が考えられる．今後，被験者のポジティブな感情を誘起しやすい写真やストーリーを提示することで，傾聴機能による笑顔度や笑顔回数への影響が見られる可能性が考えられる．

6.2 発話文字数の違いによる傾聴機能の影響評価

グループ解析として，発話増加グループと発話減少グループにおける対話ロボットの動作，被験者の主観評価および笑顔指標を比較したところ，対話ロボットの笑顔模倣回

数が多く、笑顔模倣時間が長かったこと（図 10）、発話増加グループの方が主観評価の共感カテゴリの「好ましき」を強く感じたこと、および被験者の笑顔時間が長く、笑顔度が高かったことが分かった（図 11）。これらの結果から、対話ロボットの傾聴機能により発話文字数の増加に成功した場合、主観的な共感を誘起させる効果がある可能性が示された。そのため、傾聴機能の評価指標として発話量を評価することは有用である可能性が考えられる。また、発話文字数の増加とともに笑顔時間および笑顔度の向上が見られたことから、対話ロボットの傾聴機能により発話の促進と笑顔の促進が両立したことで、「好ましき」が向上した可能性が考えられる。そのため、対話ロボットの傾聴機能を効果的に開発するためには、発話量と笑顔指標の組み合わせにより傾聴機能の評価することが望ましいと考えられる。

相関解析として、傾聴機能なし条件の発話文字数と、傾聴機能あり条件と傾聴機能なし条件における対話ロボットの動作、主観評価および笑顔指標の差の相関関係を評価したところ、発話文字数と対話ロボットの相槌回数に有意な正の相関、被験者の笑顔回数に有意な負の相関が見られた（図 12）。これらの結果より、対話ロボットの傾聴機能は、発話文字数が多い被験者に対して、相槌により発話を促進する効果と、笑顔を抑制する効果という 2 種類の効果があると考えられる。前述のように、対話ロボットの傾聴機能による発話の促進と笑顔の促進の両立により共感を誘起できると考えると、これら 2 種類の効果が相反的に作用した被験者が多かったことで、傾聴機能の有無による発話量や主観評価の共感カテゴリの「共感」「信頼感」などに違いが見られなかった可能性が考えられる。

以上より、対話ロボットの傾聴機能により「話す楽しさ」は強く感じられ、相槌により発話が促進される一方、笑顔を抑制してしまうため、共感を十分に誘起できなかった可能性が示された。今後、対話ロボットの傾聴機能により、単に相槌で発話を促進するだけでなく、「共感」「信頼感」を強く誘起するためには、対話ロボットによる模倣の種類や頻度を制御することで、発話と笑顔をともに促進することが有効である可能性が考えられる。

7. おわりに

本稿では、ヒトと対話ロボットの継続的なコミュニケーションの実現に向けて、傾聴機能（表情模倣、共同注意、相槌）を有する対話ロボットを開発し、傾聴機能の効果について高齢者による発話課題実験を行った。その結果、被験者の発話促進に対しては笑顔指標が重要であり、表情模倣が寄与する可能性があることを確認できた。ただし、発話量が増え被験者の笑顔回数が抑制される人も相当数存在しており、今回の傾聴機能だけでは不十分であることが伺える。今回の実験結果を踏まえ、発話量と笑顔指標の関係性を考慮して傾聴機能のブラッシュアップを図る予定であ

る。

参考文献

- [1] 米 Gartner 公開リポート, 2016.
<https://www.gartner.com/newsroom/id/3464317>, (参照 2018-12-14).
- [2] Rogers, C. R.. The necessary and sufficient conditions of therapeutic personality change. *Journal of Consulting Psychology*. 1957, 21(2), pp.95-103.
- [3] メイナード. 会話分析. くろしお出版. 1993.
- [4] 稲森. 医学教育におけるコミュニケーション・スキル学習に関する研究. *人間福祉学研究*. 2010. 第 3 巻第 1 号.
- [5] 下岡, 徳久, 吉村. 音声対話ロボットのための傾聴システムの開発. *人工知能学会研究会資料, SLUD, 言語・音声理解と対話処理研究会*. 2010. Vol.58, pp.61-66.
- [6] 横山, 山本, 小林, 土井. 高齢者向け対話インターフェース: 雑談継続を目的とした話題提示・傾聴の切替式対話法. *情報処理学会研究報告, SLP, 音声言語情報処理*. 2010. Vol.80, No.4, pp.1-6.
- [7] K Kurashige, E Sakurai, R Knauf, S Tsuruta, Y Sakurai, E Damiani. Context Respectful Counseling Agent integrated with Robot nodding for Dialog Promotion. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. 2017. pp.1540-1545
- [8] オムロン HVC-P2 コマンド仕様書.
http://omronfs.omron.com/ja_JP/ecb/products/pdf/B5T-007001_CommandSpecifications_JP_A.pdf, (参照 2018-12-14).
- [9] 岡登, 加藤, 山本, 板橋. 韻律情報を用いた相槌の挿入. *情報処理学会論文誌*. 1999. Vol.40, No.2, pp.469-478.
- [10] H Koiso, Y Horiuchi, S Tutiya, A Ichikawa, and Y Den. An Analysis of turn-taking and backchannels based on prosodic and syntactic features in Japanese map task dialogs. *Language and Speech*. 1998. Vol.41, No.3, pp.295-321.
- [11] N Kitaoka, M Takeuchi, R Nishimura, and S Nakagawa. Response timing detection using prosodic and linguistic information for human-friendly spoken dialog system. *J. Japanese Society for Artificial Intelligence*. 2005. Vol.20, pp.220-228.
- [12] Y Kamiya, T Ohno, and S Matsubara. Coherent backchannel feedback tagging of in-car spoken dialogue corpus. In *Proc. SIGdial*. 2010. pp.205-208.
- [13] T Akerstedt, and M Gillberg. Subjective and objective sleepiness in the active individual. *International Journal of Neuroscience*. 1990. 52, pp.29-37.
- [14] DH Zald, and JV Pardo. Emotion, olfaction, and the human amygdala: Amygdala activation during aversive olfactory stimulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1997. 94, pp.4119-4124.
- [15] GW Torrance, D Feeny, and W Furlong. Visual Analog Scales: Do they have a role in the measurement of preferences for health states?. *Medical Decision Making*. 2001. 21, pp.329-334.