

ユーザとの信頼関係構築のためのロボット対話における ペーシング評価

中村卓矢¹ 西村 祥吾¹ 佐藤 弥² 神原 誠之¹ 萩田 紀博^{1,3}

Takuya Nakamura¹, Shogo Nishimura¹, Hiromichi Kawanami, Masayuki Kanbara¹, and Norihiro Hagita^{1,3}

¹ 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学領域 環境知能学研究室

¹ Nara Institute of Science and Technology, Information Science, Ambient Intelligence Laboratory

² 京都大学こころの未来研究センター

² Kyoto University, Kokoro Research Center,

³ 国際電気通信基礎技術研究所 知能ロボティクス研究所

³ Advanced Telecommunications Research Institute International, Intelligent Robotics and Communication Laboratories

Abstract: 本研究では、対話ロボットとのインタラクションを通してユーザとの信頼関係構築を目的として、ペーシングがユーザに与える影響を主観的・客観的に評価する。ペーシングとは、対人における信頼関係構築で用いられる、相手の話し方や状態、呼吸などのペースに合わせる技術である。そこで、このペーシング技術をロボットに適用し、ペーシングシステムとして実装した。実験では、ペーシングを適用したロボットと対話をした際の印象評価を、主観的・客観的指標を用いて行う。その結果、主観的評価においてペーシングを適用したロボットとの対話の方が適用しなかったロボットとの対話と比較して、「親しみやすいか」「対話は楽しいか」「繋がりを感じたか」「自分に同調していたか」「継続的に利用したいと思ったか」「話を聞いている感じがするか」の各項目に有意な差が見られた。また、客観的評価においてはペーシングを適用したロボットの方が適用しなかったロボットと比較して、LF/HF の被験者間平均値に有意な差が見られた。

1 はじめに

ライフスタイルの変化に伴い、年齢問わず独居世帯の数が増加している[1]。それによって、日常生活における対話が減少している。日常対話が不足すると、脳機能の低下や、生活環境の悪化によりうつ病や認知症の原因になると考えられている。そのため、このような日常対話が不足している人の発話機会を増やすための対策が重要な課題となっている。

このような課題の対策として、日常的に対話ロボットを利用してコミュニケーションを活性化させる取り組みは従来から数多く研究されてきた。神田ら[2]は、ロボットが社会的な存在として人々に受け入れられるためには人とロボットが友好的な関係を築く必要があると述べている。このように、日常的に対話ロボットを利用してもらうためには人とロボ

ットの友好的な関係が重要であると考えられる。そのため我々は、ロボットとの対話をユーザにとって好ましいものにするために、心理学や介護福祉分野で、人同士のインタラクションにおいて円滑な関係を築くために用いられている同調行動に注目した。同調行動には、相手の無意識的な行動パターンを鏡に映したように真似する技術である「ミラーリング」、相手の発言内容のキーワードを繰り返し用いる技術である「バックトラッキング」、相手の話し方や状態、呼吸などのペースに合わせる技術である「ペーシング」などがある[3][4]。その中でも今回は、「ペーシング」に着目した。これにより、相手の警戒心を解き安心感を与えることができるだけでなく、相手の自分への肯定感や重要感を満たし、信頼関係を構築することができると考えられている。し

かし、実際にペーシングの技術をロボットによって実現し、その効果を検証した研究は少ない。

この課題に対し Nishimura ら[5]は、ペーシングをロボットに適用することによって、ロボットとユーザの対話時における信頼関係構築を目指した。しかし、実際にロボットと対話をしたときに、ペーシングを適用した対話とペーシングを適用しなかった対話で被験者の評価にほとんど差が見られなかった。この原因として、ペーシングシステムによって作られた音声とそうでない音声の差が分かりづらかった、ということが挙げられている。また、ペーシングの評価が被験者の主観のみで行われている。そもそも、臨床心理学の分野においてさえ、ペーシングを客観的に評価したものは少ない。

そこで、本研究ではペーシングを適用したロボットとの対話を通して、ペーシングそのものを主観的・客観的に評価することができる枠組みの構築を行う。そして、先行研究をもとにペーシング適用時と非適用時の差が被験者の主観レベルで認識できるような実験系を構築した。

以下、本論文は2章で人と人における信頼関係構築、人とロボットにおける信頼関係構築についてそれぞれ詳述し、本研究の位置づけを述べる。3章では、今回用いるペーシングシステムの実装とその評価について述べる。4章では、実装したペーシングシステムを適用したロボットがユーザと対話した時の印象評価を行う。そして、5章で本研究のまとめと今後の展望について述べる。

2 信頼関係構築に関する関連研究

本章では、本研究に関する従来研究について紹介する。まず、人と人の信頼関係構築に関する心理学的な関連研究を紹介する。次にヒューマンロボットインタラクション分野におけるロボットと人の信頼関係構築に関する研究を紹介する。そして、最後にそれらを踏まえた本研究の位置づけを示す。

2.1 人と人における信頼関係構築

対人社会心理学の分野において、同調傾向 (congruence, convergence, symmetry) は多くの研究者によって、円滑なコミュニケーションの指標としてみなされてきた。同調傾向とは、相互作用相手との間でコミュニケーション行動が連動し、パターンが類似化していくことを指す。さらには、同調傾向はラポールをもたらしたりポジティブな対人印象をもたらしたりすることが示されてきた。このことは、同調傾向がコミュニケーションにおいて何らか

の重要な役割を果たしていることを示唆している [6]。

認知心理学においては、同調行動 (synchronous actions) は反応の4つの次元に影響を及ぼすとされている。4つの次元には、

- ・ 社会性のある行動 (prosocial behavior)
 - ・ 認知されている社会的結合 (perceived social bonding)
 - ・ 社会的認識 (social cognition)
 - ・ ポジティブな感情 (positive affect)
- がある。また、同調 (synchrony) が人に影響するメカニズムとして、
- ・ 同調が自己と他者の境界をぼやかせる
 - ・ グループとしての共通認識から社会的結合は生まれる
 - ・ 同調が人々の情緒的感性にも影響を与える
- の3つが挙げられている [7]。

このように、使用されている用語に多少の違いはあるものの、様々な心理学分野において同調行動は人と人の信頼関係構築に有効であるということが示されている。

2.2 人とロボットにおける信頼関係構築

ヒューマンロボットインタラクション分野において、人とロボットのインタラクションによる信頼関係構築に関する研究を紹介する。

小林ら[8]は、高齢者の”話し相手”になる対話インターフェイスの開発に取り組んだ。対話インターフェイスにはユーザに様々な話題を提供する「話題提示モード」とユーザの話の聴き手となる「傾聴モード」があり、ここでは「傾聴モード」における発話文生成に関する検討を行っている。この傾聴モードにおける対話戦略の1つとして反復相槌 (バックトラッキング) が用いられているが、その影響についての評価は行われていない。

Huang ら[9]は RapportAgent と呼ばれるエージェントに対し、信頼関係を構築するための3要素 (明るさ, 自然な注視, 強調) に基づいた対話エージェントを開発した。エージェントと人間の2者間の対話において、人間の発話の有無, 視線, 頷き, 笑顔等をリアルタイムに分析して自らの反応をパターン化できる。この結果, 相槌, 話者交代等の動作にいくつかの動作パターンが設定され, 信頼関係の構築に貢献していることが示された。このロボットはミラーリングによる同調的なインタラクションが実装されている。

以上から、ヒューマンロボットインタラクション分野においても、心理学的分野で対人に使用される

技術を用いることで信頼関係構築に有効であることが分かる。

2.3 ペーシングを用いた信頼関係構築

Nishimura ら[5]は、ロボットにペーシングを適用したペーシングシステムを実装し、それを適用したロボットとの対話時の印象を評価している。ここでは、人の発話から「ピッチ」と「音量」の値を推定し、その値を音声の合成に反映させることでペーシングを実現している。実験内容としてはロボットにペーシングを適用した対話と適用しなかった対話をそれぞれ5分間行い、それぞれの対話後にアンケートに答えてもらうというものである。しかし、アンケート6項目のうち5項目においてほとんど差が見られないという結果になった。この理由として、

「ペーシングを適用した対話とそうでなかった対話の差が分かりにくかった」ということが挙げられている。また、評価方法はアンケートを用いた主観的評価のみとなっており、ペーシングを行った時の人の印象を客観的に評価したものは未だ見られていない。

2.4 本研究の位置づけ

本研究では、ペーシングによるロボットとユーザの対話を行った時のユーザの信頼関係構築を目指す。さらに、ペーシングがユーザに与える影響を主観的・客観的に評価する。今回用いるペーシングシステムにおいては2.3節で述べた「ペーシングを適用した対話とそうでなかった対話の差が分かりにくかった」という問題を解決するために「発話速度」「ピッチ」「音量」の3つのパラメータを用いる。これにより、より人の声に近い音声を実現することができ、ペーシングを非適用時のロボットの音声との違いが分かりやすくなると考えた。また、今回のシステムにおいて対象とする対話の内容は事前に設定したシナリオに従うものとし、対話時間は特に指定しない。さらに、対話はユーザの発話区間を検出し、自動で進んでいく。そして、ペーシングシステムの評価を主観的・客観的に行い、本システムの妥当性を示す。

最後に、それを適用したロボットとユーザの対話を行い主観的・客観的指標を用いて印象評価し、ロボットとユーザの信頼関係構築を示すとともに、ペーシングがユーザに与える影響について評価する。

3 ロボットへのペーシングの実装

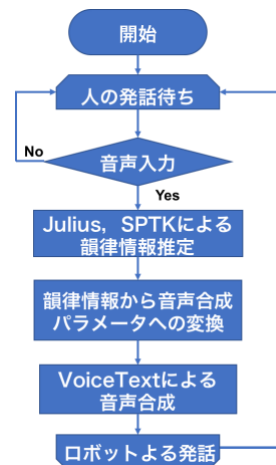


図1 ペーシングのシステムフロー

本章では、ペーシング技術のロボットへの実装について説明する。まず、ロボットにおけるペーシングシステムの実装について述べ、完成したペーシングシステムの精度を主観的・客観的に評価する。ここでのペーシングシステムの精度とは人が発話した音声を用いて、ロボットがどれくらい類似した音声を発話できるかを指す。

3.1 ペーシングシステム

本研究で用いたペーシングのシステムフローを図1に示す。本システムの構成にあたって、大語彙連続音声認識エンジンである Julius[10]、音声信号処理ツールである SPTK[11]、音声合成ソフトウェアである VoiceText[12]の3つを用いた。ペーシングを実現するための流れとしては、まずユーザの発話を Julius で認識し、発話速度を推定、SPTK を用いてピッチ、音量を推定する。これら3つの値を、今回用いる韻律情報とする。そして、それぞれの値を VoiceText 固有の音声合成パラメータの値に変換し、VoiceText を用いて音声合成を行う。次節で、実装したペーシングシステムの精度評価について述べる。

3.2 ペーシングシステムの精度評価

本節では、3.1節で構成したペーシングシステムの精度評価を行う。具体的には、人の音声とペーシングシステムを用いて生成した合成音声の類似度に関して、主観的・客観的にそれぞれ評価を行う。その評価手法に関して、評価の準備も含めた一連の流れを以下に示す。

1. 様々な韻律特徴 (fast, slow, high, low, big, small, neutral) を持った7種類の人の音声を用意する。発話内容は「あらゆる現実をすべて自分のほうへねじまげたのだ」とした。
2. 各音声から、ペーシングシステムを用いて音声合

成パラメータを取得する。発話内容は人の音声と同じものを用いた。

3. 上記の試行を5回ずつ繰り返し、各音声ごとに平均を取ったものを各音声における人の韻律情報とする。

4. 取得した人の韻律情報を音声合成パラメータとして、VoiceTextを用いてロボットの合成音声を7種類生成する。

5. 人の音声と同様に、この各合成音声からもペーシングシステムを用いて音声合成パラメータを取得する。

6. 人の音声と同様に、5回の試行の平均をロボットの韻律情報とする。

ここでは、この一連の試行から生成した7組の人の声とロボットの合成音声について主観的評価を用いて評価し、7組の人とロボットの韻律情報を用いて客観的評価を行う。

3.2.1 ペーシングシステム精度の主観的評価

ペーシングシステム精度の主観的評価においては、人の声とロボットの合成音声の類似度に関するアンケートに回答してもらう。アンケートは7組の音声のペアに対して、4つの評価項目（発話速度、ピッチ、音量、全体）を設け、それぞれ7段階のリッカート尺度（1：全く異なる-7：完全に一致している）で評価してもらう。なお、「全体」の評価項目とは、音声を聞いたときの「全体」的な印象を指す。また、アンケートの回答者は20代の男性8名である。図2はペーシングシステム精度の主観的評価の結果を示す。結果として、全ての種類の音声において発話速度のスコアが最も高く、ピッチのスコアが最も低かった。また、音量についても発話速度に比べてスコアが低い結果となった。これは、発話速度に比べてピッチと音量はわずかな差を人間の耳で判別するのが難しいからであると考えられる。また、被験者によっては、人の声と合成音声の声質の違いをピッチの違いと捉えた人もいたため、このような結果になったと考えられる。しかし、全体として見たときには、全ての項目においてこのペーシングシステムとして用いるのに十分なスコアであった。

3.2.2 ペーシングシステム精度の客観的評価

ペーシングシステムの精度の客観的評価においては、人の声とロボットの合成音声のそれぞれの韻律情報の値のコサイン類似度と相関係数を求めた。表1に精度の客観的評価の結果を示す。結果として、全てのサンプルにおいて十分に高いコサイン類似度、相関係数を示した。

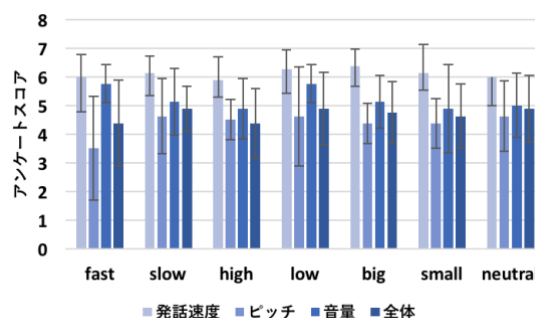


図2 ペーシングシステム精度の主観的評価グラフ

4 ペーシングを用いた対話時のロボットに対する印象評価実験

本実験では、ペーシングを適用したロボットとの対話時の印象を主観的・客観的指標を用いて評価する。評価指標として主観的評価にはアンケート、客観的評価には心拍変動解析から取得できるLF/HFを用いた。実験の概要としては、被験者にロボットと対話を行ってもらい、その際にLF/HFを測定し、対話後にアンケートに答えてもらう。対話内容は事前に準備したシナリオ対話を行ってもらい、それを、ペーシング適用時と、非適用時で行い、比較する。

4.1 対話シナリオの評価

本実験の予備実験として、感情を喚起するシナリオを用意したという主張をサポートするため、用いる対話シナリオがどのような感情を喚起するのか評価を行う。ここでは、予備実験の実験手法、実験結果について述べる。

4.1.1 実験手法

実験では、20代の男性7名にロボットと人の対話シナリオを読んでもらい、対話終了後にどのような

表1 ペーシングシステム精度の客観的評価結果

サンプル	話者	発話速度	ピッチ	音量	コサイン類似度	相関係数
fast	人	124.24	98.16	101.02	0.9999	0.9954
	ロボット	125.00	98.05	103.59		
slow	人	83.43	98.74	100.53	0.9997	0.9944
	ロボット	81.11	98.93	103.68		
high	人	98.53	123.85	102.76	0.9998	0.9799
	ロボット	97.30	123.96	106.77		
low	人	102.03	79.13	98.75	0.9999	0.9969
	ロボット	98.53	78.95	97.33		
big	人	101.58	98.78	124.22	0.9994	0.9905
	ロボット	97.71	99.06	129.51		
small	人	101.58	98.81	73.82	0.9998	0.9936
	ロボット	98.53	99.14	75.46		
neutral	人	97.71	99.33	99.97	0.9999	0.8866
	ロボット	97.71	99.03	102.18		

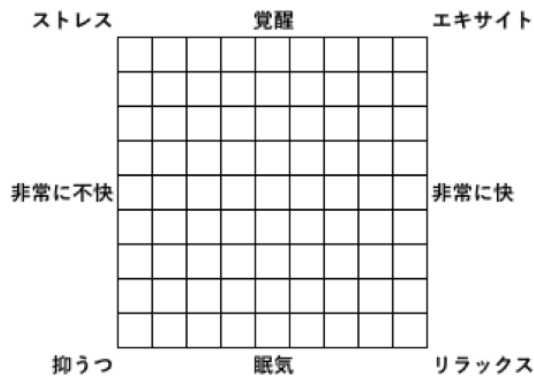


図3 アフェクト・グリッド

感情になるかアンケートによる評価を行った。対話シナリオは14種類用意した。また、アンケートとしてアフェクト・グリッド[13]と呼ばれる感情の評定に使用される評価手法を用いた。アフェクト・グリッドとは、図3に示すように感情の地図のようなものである。図の真ん中は、感情的に neutral (中性)、つまりポジティブでもなくネガティブでもなく平常的な日常の感情を表す。図の右半分は、快感情を表し、右に行くほど快となる。逆に左半分は不快感情を表す。上下は覚醒の程度を表す。ポジティブ、ネガティブとは独立に、どれだけ覚醒し活性化していると感じるかを示す。上に行くほど覚醒的となり、下の方は眠気が強いということになる。右上は、エキサイト、喜びといった感情を表す。逆に左下は、抑うつ、悲しみ、憂うつといった感情を表す。左上は、ストレス、緊張を表す。逆に右下は、静穏、リラックスを表す。実験では、各シナリオを読んだ後に対話全体として最も当てはまる感情の位置に印を記入してもらった。

4.1.2 実験結果

アフェクト・グリッドを用いた評価を図4に示す。なお、今回は覚醒-眠気の軸において真ん中をスコア0として上に行くほどプラスの評価(最高値:4)、下に行くほどマイナスの評価(最低値:-4)とした。また、非常に快-非常に不快の軸においても真ん中をスコア0として右に行くほどプラスの評価(最高値:4)、左に行くほどマイナスの評価(最低値:-4)とした。この結果より、用意した14種類の対話シナリオのうち12種類において、覚醒-眠気の軸においてプラスの評価を示した。また、この12種類のシナリオにおいては、非常に快-非常に不快の軸においてもプラスの評価を示した。なお、今回の実験で用いるLF/HFを用いた評価では、人の覚醒の程度を測ることができる。さらに、一部のアンケート項目における評価から、人が感じる快感情の程度を見ることが

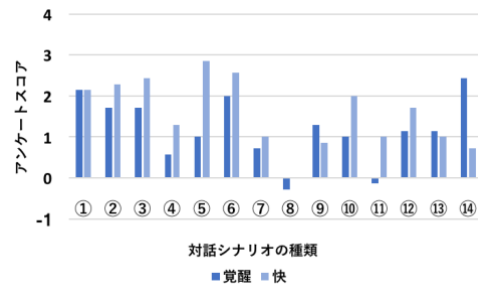


図4 対話シナリオの評価結果



図5 ロボットとの対話の様子

できる。そこで、覚醒度と快感情を喚起する対話シナリオを用いた時に、ペーシングを用いた対話によってユーザの覚醒度と快感情がそれぞれどのように変化するか調査する。そのため、本実験では選定した12種類の対話シナリオを用いて、人とロボットの対話を行うこととする。

4.2 印象評価実験

本実験では、4.1節で選定した対話シナリオを用いて、被験者に実際にロボットと対話してもらいその際の印象をアンケートとLF/HFを用いて評価した。ロボットとの対話の様子を図5に示す。ここでは、実験手法について詳しく述べた上で、実験結果、考察について述べる。

4.2.1 実験手法

実験では、20代の男性8名に4.1節で選定した12種類の対話シナリオを用いてロボットと対話してもらった。12種類の対話を3種類ずつ、4つのまとまりに分割し、1つのまとまりを1回の対話とする。それぞれの対話に対して、ペーシングを適用した対話と適用していない対話を行ってもらうため、被験者には全部で8回の対話を行ってもらうことになる。対話の順番として、カウンターバランスを取るために被験者8人のうち半分の4人の被験者には、ペーシング適用→ペーシング非適用→非適用→適用→適用→...の順番で対話を行い、残りの4人に被験者にはその逆の、ペーシング非適用→ペーシング適用→

口： こんにちは！
 被： こんにちは！
 口： 好きな食べ物は何ですか？
 被： 私、ラーメンがすごい好きなんですよ。
 口： 私もラーメンは大好きです！何ラーメンが好きなんですか？
 被： 醤油ラーメンが好きです。
 口： 私も醤油ラーメンはよく食べに行きますよ！
 被： え、今度一緒に食べに行きませんか？
 口： 本当ですか！私も誰かと行きたいと思っていたところなんですよ！
 被： 実は、美味しいお店を知ってるんですよ（内緒話みたいに）。
 口： どこにあるんですか？教えてください。
 被： 大阪にあるんで、今度紹介しますね！
 口： ありがとうございます！楽しみにしています！
 被： はい、私も楽しみです！

口=ロボット，被=被験者

図6 会話文に対する読み方の指示例

適用→非適用→非適用→... の順番で対話を行った。また、シナリオには、図6に示すように、テンションをあげて読むところは赤字でテンションを下げて読むところは青字で示されており、その他の文章に関しても感情を込めて読むように指示した。ペーシング非適用時のロボットの音声合成パラメータの決定は、各被験者の平均的な各音声合成パラメータに対して逆の値を取るようにした。その手法を図7に示す。例えば、図に示すように、ロボットのある音声合成パラメータについて、ペーシング適用時の場合、図の赤い丸のような推移をする発話をしたとする。この時、ペーシング非適用時の場合は図の青い丸に示すように被験者内平均との差について、絶対値が同じで正負が逆になるような値を取るようにした。被験者内の平均的な音声合成パラメータを取得するためには、被験者に実験本番の対話を行ってもらった。「対話の練習」と称しロボットと対話を行ってもらった。この時の、対話内容は4.1節において、実験のためのシナリオとして選ばなかった2シナリオを合わせたものとした。この際、対話相手としてペーシングを適用したロボットを用いた。この対話から取得した被験者の各音声合成パラメータの平均を取り、それを被験者の平均的な音声合成パラメータとした。

アンケートによる主観的評価

ユーザがロボットと対話をした時の印象についての主観的評価として、アンケートによる評価を行った。アンケートの内容は先行研究を参考に、信頼関

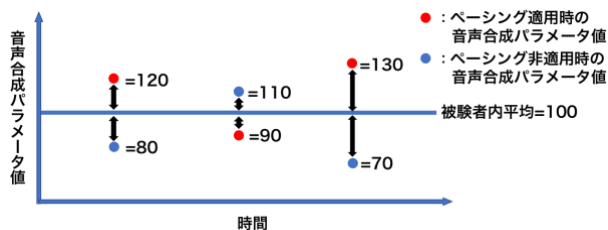


図7 ペーシング非適用時のパラメータの決定手法

係構築に関する質問を複数行い、ペーシング適用時と非適用時、各条件での評価値を比較する。表2にアンケート項目を示す。質問1に関しては、柿井[14]による関連研究において、人同士の信頼関係構築を示す質問として利用されていたものを用いた。質問2, 3, 4に関してはTarrら[15]によるダンスにおける同調が社会的結合に与える影響について調査した研究において利用していた質問を利用した。質問5に関しては、ロボットへの信頼性は継続利用に繋がるため[16]、項目の1つとした。質問6, 7に関しては今回試験的に用いた。質問1-6に関しては、7段階のリッカート尺度(1:全くそう思わない-7:非常にそう思う)で質問を行った。質問7に関しては、同一対話シナリオにおける2回のうち、どちらのロボットが好きであったか選択してもらった。そのため、1回目の対話では回答せず、2回目の対話後のみ回答してもらった。

LF/HFによる主観的評価

ユーザがロボットと対話をした時の印象についての客観的評価の1つとして心拍変動解析から得られるLF/HFを用いた。心電図のR波とR波の間隔(R-R間隔)を周波数解析することで、自律神経系指標の2つのパワースペクトル成分を抽出できる[17]。その中でも、パワースペクトルの低周波成分の領域(LF:0.05-0.15Hz)、高周波成分の領域(HF:0.15-0.40Hz)の強度の積分値を用いる。HF成分は、副交感神経が活性化している場合にのみ現れる。LF成分は、交

表2 ロボットの印象についてのアンケート項目

- | |
|--|
| ①ロボットは親しみやすかったですか？ |
| ②ロボットと話していて楽しかったですか？ |
| ③ロボットはあなたの話を聞いている感じがしましたか？ |
| ④ロボットを継続的に利用したいと感じましたか？ |
| ⑤ロボットとどれくらい繋がりを感しましたか？ |
| ⑥ロボットはどれくらい自分に同調してましたか？ |
| ⑦2回の対話のうちどちらのロボットが好きでしたか？
(2回目の対話後のみ回答) |

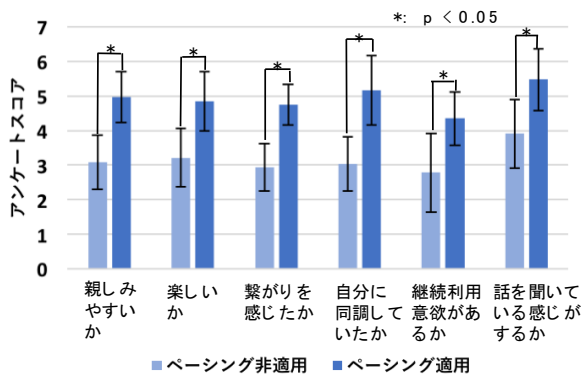


図8 アンケートによる主観的評価結果

感神経が活性化している場合と副交感神経が活性化している場合の両方に現れる。そのため、交感神経の活動指標を求めるためには、一般的に LF と HF の比をとり、LF/HF を交感神経の活動として取り扱っている。人が活性状態にあるときには交感神経の活性により、LF/HF の値が上昇し、不活性状態にあるときには副交感神経の活性により、HF の値が上昇する。なお、今回用いる対話シナリオは 4.1 節で行った評価より、覚醒度を高めることが分かっている。そのため、そこで、覚醒度を高める対話シナリオを用いた時に、ペーシングを用いた対話によってユーザの覚醒度がどのように変化するのか調査する。

4.2.2 実験結果

被験者には、ペーシングを適用したロボットと適用していないロボットそれぞれと対話を行ってもらった。その際の印象について、アンケートによる主観的評価結果と LF/HF による客観的評価結果を示す。

アンケートによる主観的評価結果

アンケートによる主観的評価結果を図 8 に示す。結果として、各項目においてペーシングを適用した対話時の方が評価値が高く、有意水準 5% で有意差が見られた。また、質問 7 においても全てのシナリオにおいてペーシングを適用したロボットの方が好きという意見を得た。また、シナリオ間での平均値においてもペーシングを適用したロボットの方が好きという意見が多く、有意水準 5% で有意差が見られた ($p = 0.0032 < 0.05$)。

LF/HF による主観的評価結果

図 9 に客観的評価結果を示す。結果として、ペーシング適用時の方がペーシング非適用時に比べて被験者間における LF/HF の平均値が高く、有意水準 5% で有意差が見られた。

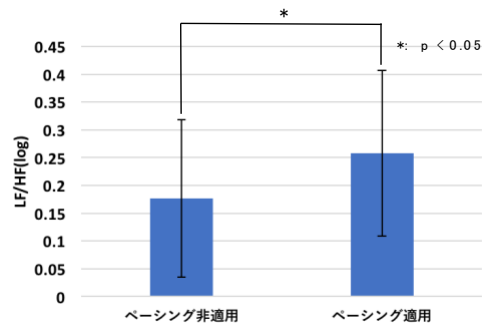


図9 LF/HF による客観的評価結果

4.3 考察

アンケート (質問 1-6) による主観的評価の結果より、ペーシングを適用したロボットとの対話の方が適用しなかったロボットと比較して、「親しみやすいか」「対話は楽しいか」「繋がりを感じたか」「自分に同調していたか」「継続的に利用したいと思ったか」「話を聞いている感じがするか」の各項目において有意差が見られた。これらの評価項目は関連研究などで信頼関係構築などを示すための評価項目として利用されていたものである。また、「2回の対話 (ペーシング適用時、非適用時) のうちどちらのロボットが好きか」という質問への回答より、ペーシングを適用したロボットの方がペーシング非適用のロボットに比べて好感を持たれることが分かった。よって、これらの印象評価結果よりペーシングを適用した対話が信頼関係構築に貢献することが示された。

次に、LF/HF を用いた客観的評価の結果より、ペーシングを適用したロボットとの対話ではペーシング非適用時の対話に比べて、LF/HF の値においても有意差が見られた。この結果より、ペーシングを適用したとロボットとの対話では非適用時の対話に比べて、覚醒度が増幅していることが分かる。また、アンケート項目である「対話は楽しいか」という項目における評価より、ペーシングを適用した対話では非適用時に比べて「楽しい」といった印象を受けることが分かる。これは、ラッセルの円環モデルより、「快」感情を喚起することが分かる。これらより、ペーシングを適用した対話では非適用時に比べてアフェクト・グリッドにおける「快」と「覚醒」においてプラスの値を示す領域の感情を喚起することが分かる。今回使用した対話シナリオは、事前に 4.1 節で行った評価より、「快」と「覚醒」がプラスの値を示すことが分かっている。これらの結果より、ペーシングを適用した対話の方が、非適用時の対話に比べて、対話シナリオが喚起するであろう感情を増幅させていることが分かる。また、実験の際のアンケートへの自由記述において、

・ ロボットの声色も高くなったり楽しんでくれている気がした。

といった意見も見受けられた。これは、被験者が想像しているロボットの感情と被験者自身の感情が類似しており、共感を引き起こしているのではないかと考えられる。さらに、

・ ロボットも乗ってきてくれると話聞いて同じ感情を共有しているように感じた。

・ こちらの調子に合わせてロボットも同じ感情を共有して話しているように感じた。

・ ロボットが話手の言うことをただ聞くだけでなく、感情まで理解しようとしてくれているように感じた。

といった意見からも被験者がロボットに対して共感を示していることが分かる。長岡ら[6]によると信頼関係は共感的態度で接することで構築されるとされており、これらの結果からもペーシングを適用した対話が信頼関係構築に貢献することが示された。

5 おわりに

本研究では、ロボットとユーザの信頼関係構築を目指して、対話ロボットにペーシングを適用したペーシングシステムを実装し、それを適用したロボットとの対話における印象を主観的・客観的指標を用いて評価した。また、実装したペーシングシステムが、実際に使用するにあたって妥当であるか検証を行うために、人の音声とそれをもとに作成した合成音声のペアを7種類用意し、その類似度を主観的・客観的に評価した。主観的評価ではアンケートによる7段階評価、客観的評価ではコサイン類似度、相関係数を用いた評価を行った。その結果、主観的評価において、各音声において4以上のスコアとなった。また、客観的評価においても各音声において、コサイン類似度、相関係数においてほぼ0.9以上の値を示した。そのため、本研究ではこのペーシングシステムを用いて実験を行った。

本実験を行う前に、まず、予備実験としてロボットとユーザが行う対話シナリオがどのような感情を喚起するのか、アフェクト・グリッドを用いて評価を行った。この結果、今回の実験では覚醒度と快感情を喚起する対話シナリオを用いることにした。

そして、実際に被験者にロボットと対話を行ってもらい、対話中のLF/HFの値を取得し、対話後に信頼関係構築に関するアンケート調査を行った。アンケートの結果、「親しみやすいか」「対話は楽しいか」

「繋がりを感じたか」「自分に同調していたか」「継続的に利用したいと思ったか」「話を聞いている感じがするか」の各項目において、ペーシングを適用し

たロボットとの会話を行った時の方が高い評価値を示し、有意な差も認められた。これらの項目は、関連研究において信頼関係構築などを示すために用いられていたものである。この結果より、ペーシングを用いたロボットとの対話は、信頼関係構築に貢献することが示された。

LF/HFを用いた評価においては、ペーシングを適用したロボットとの対話時の方がLF/HFが高い値を示し、有意な差も認められた。この結果は、ペーシング非適用時の対話に比べて覚醒度が増幅していることを示している。また、主観的評価の結果よりペーシングを適用した対話では非適用時に比べて、被験者が「楽しい」といった「快」感情を喚起するような印象を受けることが分かった。これは、予備実験で示した対話シナリオが喚起するであろう覚醒度と快感情を増幅させており、ペーシングによって対話シナリオが喚起するであろう感情が増幅することが示された。

さらに、アンケートにおける自由記述と上記の結果より、ロボットに対して共感を示す被験者が見られた。共感は信頼関係に繋がると言われており、この結果からもペーシングを適用した対話が信頼関係の構築に貢献することが示された。今回の実験による結果から、主観・客観的評価を用いた印象評価よりペーシングを用いたロボットとの対話が信頼関係構築に貢献することが示された。また、ペーシングの効果として人の感情を増幅させるという効果も示された。

今後は、今回用いることができなかった、快感情を測ることができるような客観的指標を用いて、今回の結果と組み合わせることで、さらに強力な根拠のもとに信頼関係構築を示すことができるのではないかと考えられる。また、今回とは別の感情の条件においても、ペーシングによって感情の増幅を引き起こすことができるのか網羅的に調べる必要がある。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 18H03274 および、国立研究開発法人科学技術振興機構研究成果展開事業 世界に誇る地域発・実証拠点(リサーチコンプレックス) 推進プログラムの助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 内閣府, “高齢者の生活環境,” in 平成 28 年版高齢社会白書, 2016.
- [2] 神田崇行, 佐藤留美, 才脇直樹, 石黒浩, “対話 型ロ

- ボットによる小学校での長期相互作用の試み, ”ヒューマンインターフェース学会論文誌, vol.7, no.1, pp.27-37, 2005.
- [3] 永野浩二, “人間の存在(presense) を体験する授業の試み,” 追手門学院大学, 教育研究所紀要, no. 30, pp. 25-40, 2012.
- [4] 加藤雄士, “プロセス・モデルのコーチングに関する一考察: 日本における「ニューコード NLP コーチング」の可能性について,” 産研論集, no. 44, pp. 67-78, 2017.
- [5] S. Nishimura, H. Kawanami, M. Kanbara, and N. Hagita, "Empathetic speech synthesis applied to a chat robot to obtain the users confidence," Presented by poster in Late Breaking Results Poster Sessions, 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Singapore, 2017.
- [6] 長岡千賀, “対人コミュニケーションにおける非言語行動の 2 者相互影響に関する研究,” 対人社会心理学研究, vol. 6, pp. 101-112, 2006.
- [7] R. Mogan, R. Fischer, and J. A. Bulbulia, "To be in synchrony or not? A meta-analysis of synchrony's effects on behavior, perception, cognition and affect," Journal of Experimental Social Psychology, vol. 72, pp. 13-20, 2017.
- [8] 小林優佳, 山本大介, 土井美和子, "高齢者対話インターフェースユーザの聞き手になる音声対話インターフェース," 情報処理学会-シンポジウム論文集, vol.109, no.224, pp.799-802, 2011.
- [9] L. Huang, L. P. Morency, and J. Gratch, “Virtual Rapport 2.0,” International Workshop on Intelligent Virtual Agents, pp.68-79, 2011.
- [1 0] A. Lee and T. Kawahara, "Recent development of open-source speech recognition engine julius," APSIPA, pp.131-137, 2009.
- [1 1] SPTK working group, "Examples for Using Speech Signal Processing Toolkit Ver. 3.9," 2015.
- [1 2] HOYA 株式会社, "VoiceText Web API," <http://voicetext.jp/products/vt-webapi/>
- [1 3] J. A. Russell, A. Weiss, and G. A. Mendelsohn, "Affect grid: a single-item scale of pleasure and arousal.," Journal of personality and social psychology, vol. 57, no. 3, p. 493, 1989.
- [1 4] 柿井俊昭, "双方向型 TV を用いたマルチメディア・カウンセリングの基礎的研究," 心理学研究, vol. 68, no. 1, pp. 9-16, 1997.
- [1 5] B. Tarr, J. Launay, Dunbar, and R. IM. Dunbar, "Silent disco: dancing in synchrony leads to elevated pain thresholds and social closeness," Evolution and Human Behavior, vol. 37, no. 5, pp. 243-349, 2016.
- [1 6] 中川佳弥子, 篠沢一彦, 松村礼央, 石黒浩, and 萩田紀博, "ヘルスケアロボットへのパーソナリティ付与による説得効果," 第9 回情報科学技術フォーラム講演論文集(FIT2010), pp. 89-92, 2010.
- [1 7] 松本佳昭, 森信彰, 三田尻涼江鐘偉, "心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究," ライフサポート, vol. 22, no. 3, pp. 105-111, 2010.