

対話エージェントによる準自然言語から自然言語への応答変化が インタラクション継続意思に与える影響の検討

The Impact on Interaction Continuation of Shifting Agent Responses from Semi-Natural to Natural Language

馬場 光希^{1,3*} 峯岸 朋弥^{1,2} 川崎 邦将³ 石井健太郎² 大澤 正彦^{1,3}
Mitsuki Baba¹, Tomoya Minegishi^{1,2}, Kunimasa Kawasaki³, Kentaro Ishii², Masahiko Osawa¹

¹ 日本大学 文理学部

¹ College of Humanities and Sciences, Nihon University

² 専修大学 ネットワーク情報学部

² School of Network and Information, Senshu University

³ 日本大学 文理学部 次世代社会研究センター

³ Research Institute for Next Generation Society, Nihon University

Abstract: 本研究では、対話エージェントの応答が段階的に準自然言語から自然言語へと応答変化することが、ユーザのインタラクション継続意思や親和性にどのように作用するかを検討する。本論文で用いる実験デザインとして、応答変化を行うエージェントと対話が必要な「並べ替えゲーム」を設定し、実施後に継続意思や親和性を評価するアンケートを行った。実験の結果、継続意思には有意差は確認されなかったが、親和性に関しては自然言語条件と応答変化条件の間で有意差が見られ、エージェントの発話変化がユーザの印象に影響を及ぼす可能性が示唆された。

1 はじめに

近年、スマートスピーカーを代表とした対話エージェントが広く普及し、家庭やオフィスなど様々な環境で活用されるようになってきている。これらの対話エージェントは、ユーザとのインタラクションを通じて雑談を交わしたり、指示に応じてタスクを遂行したりするなど、ますます身近な存在になりつつある。

しかし、これらの対話エージェントにはいくつかの課題が存在し、特に「継続的な利用」に関する課題が指摘されている [1, 2, 3]。従来の研究では、ユーザは対話エージェントと初めて接する際には目新しさから積極的にインタラクションを行うものの、やり取りを繰り返すうちにエージェントの応答に新鮮味を感じなくなり、最終的には対話をやめてしまう傾向があることが示されている [1, 2]。また、ユーザがエージェントの能力を正確に把握できないことが原因で、期待した結果が得られなかった際に不満を感じ、利用を中断するケースがあることも報告されている [3]。このように、対話エージェントを継続的に使用することで、ユーザの対話意欲が減少することが大きな課題となっている。

この課題を理解するための概念として、「行動の予測可能性」と「適応ギャップ」が挙げられる [4, 5]。行動の予測可能性とは、エージェントの行動が過度に予測可能であると、ユーザが次に何が起こるのかを容易に想定できるようになった結果、対話が単調になり、関心が薄れやすくなることを指す。しかし一方で、完全に予測不可能な振る舞いをする、ユーザがエージェントの意図を理解しづらくなり、結果的に対話がスムーズに進まないという問題が生じる。そのため、適度な予測可能性を維持しながら、対話に変化をもたらすことが求められる [4]。また、適応ギャップとは、エージェントに対するユーザの期待 (F_{before}) と実際に知覚された機能 (F_{after}) の差を指し、これが負の値 ($F_{after} < F_{before}$) になると、ユーザの満足度が低下し、インタラクションが中断されやすくなることが示されている [5, 6]。したがって、エージェントの設計においては、適応ギャップを適切に制御し、ユーザの期待と実際の機能のバランスをとることが重要である。

これらの課題に対処するため、対話エージェントの対話形式に関する研究が進められており、その一つとして準自然言語の概念が提案されている [7, 8]。清丸ら [7] の研究では、適応ギャップの理論に基づき、対話エージェントにおける対話形式として「準自然言語」を導

*連絡先：日本大学文理学部
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40
E-mail: chmt22074@g.nihon-u.ac.jp

入することで、ユーザの期待を高め過ぎず、かつ円滑なコミュニケーションを実現できる可能性が報告されている。

そこで本研究では、この「準自然言語」の概念を基に、インタラクション中で対話エージェントの応答形式を変化させる「応答変化」を導入する手法を提案する。本研究における「応答変化」とは、対話エージェントが準自然言語を用いた応答形式から徐々に自然言語への応答形式の変化を指す。この手法により、過度にユーザの期待を高めることなく、変化をもたらすことで、関心を維持することを目指す。

本研究の目的は、対話エージェントにおいて、準自然言語から自然言語へと変化する「応答変化」を導入し、それがユーザのインタラクション継続意思と親和性に与える影響を評価することである。本研究におけるインタラクション継続意思（以下、「継続意思」とする）は、「エージェントを使い続けたいと思うか」と定義する。並びに親和性は、青柳ら [9] を参考に「コミュニケーション相手に対して感じる親しみやすさ」と定義する。実験では、2回のゲームの間に応答変化を導入し、ゲーム後に5段階評価のアンケートを用いて、継続意思と親和性に関わる指標を測定することで、応答変化の有効性を検証する。これにより、対話エージェントのインタラクションデザインにおける新たな示唆を得ることを目指す。

2 関連研究

対話エージェントの設計において、長期的なインタラクションを実現するには「行動の予測可能性」と「適応ギャップ」を考慮する必要がある。本章では、これらの要素を整理し、それを踏まえたアプローチである、準自然言語について述べる。

2.1 行動の予測可能性

平川ら [4] は、ユーザがエージェントの振る舞いに関する事前知識を持たない状態からインタラクションを通じて、どの程度その行動を予測できるようになるかを指す「行動の予測可能性」に着目した。この研究では、行動の予測可能性を調整する手法として、以下の3つの異なる行動モデルを用いて実験を行った。

有限状態行動モデル（高予測可能性） エージェントの行動が固定されたルールに従い、明確なパターンを持つ。

ランダム行動モデル（低予測可能性） エージェントの行動がランダムであり、一貫性がない。

感情行動モデル（適度な予測可能性） エージェントの行動が感情に基づく変化を持ち、完全に予測可能ではないが一定の法則性を有する。

実験の結果、予測可能性が極端に高すぎず低すぎない「感情行動モデル」が、ユーザの関心を持続させる上で最も有効であることが示された。これは、完全に予測可能な行動は新規性を欠き、一方で完全にランダムな行動はエージェントの意図を理解しにくくなるため、適度な予測可能性が求められることを示唆している。

2.2 適応ギャップ

小松ら [5] は、ユーザのインタラクションに関わる要素として「適応ギャップ (Adaptation Gap, AG)」を提唱した。適応ギャップは、ユーザがエージェントに対して期待する能力の大きさ (F_{before}) と、実際のインタラクションを通じて知覚した機能 (F_{after}) の差 ($AG = F_{\text{after}} - F_{\text{before}}$) として定義される。実験の結果、適応ギャップが負の値 ($AG < 0$, 即ち, $F_{\text{after}} < F_{\text{before}}$) となる場合、ユーザは期待を裏切られたと感じ、エージェントとのインタラクションを中断する傾向が強いことが示された。したがって、エージェントの設計においては、適応ギャップを正の値に保つ、もしくは、負の値が極力小さくなるように調整することが求められる。

また、この適応ギャップ理論をエージェントの外見に適用した事例として、福田ら [6] の研究が挙げられる。彼女らは、エージェントとのインタラクションを継続するために、過度な期待を持たせないエージェントの外見を提案し、複数のロボットとの外見評価によって期待を裏切らない外見であることを明らかにした。

2.3 準自然言語

清丸ら [7] は、人間とエージェントのコミュニケーションを継続させるために、自然言語を発話しないエージェントを用いることが提案されており、ある特定の状況では、それが有効であることを報告した。そして勝ら [8] は、これを基に「準自然言語」という概念を提案した。

準自然言語とは、非対称な言語コミュニケーションにおいて、対話エージェントが完全な自然言語ではない音声表現を用いながらも、ユーザが予測を行うことで対話が成立する言語形式である。勝ら [8] は準自然言語の具体的な実装として、自然言語の単語からアクセントと音韻数を維持し、「ド」と「ラ」のみの音で読み上げる発話形式を用いた。この形式により、エージェントは音声を発するが、完全な自然言語ではないため、ユーザは文脈や事前知識を活用しながらエージェントの意図を推測しながら会話を進めることが可能となる。

表 1: 実験条件

条件名	エージェントの発話方式
自然言語条件	エージェントの発話が常に自然言語
準自然言語条件	エージェントの発話が常に準自然言語
応答変化条件	エージェントの発話が準自然言語から自然言語へと変化

この手法の導入により、エージェントの応答が過度な期待を生まないよう調整しつつ、ユーザの理解を促すことができる。

3 準自然言語から自然言語への応答変化

本研究では、ユーザの継続意思および親和性を向上させるために、対話エージェントの応答を初期段階では「準自然言語」を用いて、インタラクションの進行に応じて徐々に自然言語へと変化させる「応答変化」の手法を導入する。応答変化の主な目的は、エージェント設計に必要な、期待の調整と変化の導入の二点である。

1. 期待の調整

エージェントが準自然言語を用いることで、ユーザに対して過度な期待感を抱かせないようにする。これにより、負の適応ギャップを防ぎ、ユーザがエージェントに対して失望するリスクを低減する。結果として、エージェントへの過剰な期待によるユーザの継続意思の低下を抑制する。

2. 変化の導入

エージェントの応答が準自然言語から自然言語へと変化することで、対話における単調さを軽減し、新たな情報を付加する要素となる。この応答変化は、ユーザに一定の予測可能性を持たせたまま変化を加える設計となっており、完全にランダムな振る舞いとは異なる。ユーザがこの変化を認識し、肯定的に評価することで、ユーザの継続意思や親和性が向上する可能性を検討する。

3.1 準自然言語から自然言語への変化のプロセス

本研究で提案する応答変化は、以下の3つの段階を経て実施される。

第1段階（準自然言語） エージェントは自然言語を使用せず、「ド」と「ラ」を用いた音声表現を準自然言語として用いる。

例: 「しりとり」→「ドララ」, 「赤」→「ドラ」

第2段階（中間言語） エージェントは準自然言語に加え、一部の自然言語表現を導入する。

例: 「赤」→「あら」

第3段階（自然言語） エージェントは完全な自然言語で対話を行う。

例: 「赤」→「あか」

4 実験

4.1 実験概要

本実験では、対話エージェントの応答がインタラクションの進行に伴い、準自然言語から自然言語へ変化する「応答変化」が、ユーザの継続意思および親和性にどのような影響を与えるかを検証する。

この影響を調査するには、エージェントの応答変化をユーザが認識しながら、自然にインタラクションが生まれる環境を構築する必要がある。そこで本研究では、エージェントと協力してタスクを遂行する「並び替えゲーム」を設計した。本タスクでは、参加者が対話エージェントと協力し、5つの果物や野菜のカードを1~5の正しい順番に並べることを目的とする。ただし、正解の並び順を知っているのはエージェントのみであり、参加者はエージェントに質問をしなければ正しい順序を導き出すことができない。この設計により、エージェントとのインタラクションが自然に生まれるようにした。

また、応答変化が継続意思と親和性に及ぼす影響を明確にするため、表1に示す3つの条件を用意し、参加者を各条件に均等に分割した。

4.2 評価指標

本実験では、評価指標として改良版 UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) を使用した [10]。改良版 UTAUT は、新規のロボット技術に関する継続意思と親和性を同時に測定できるアンケートであり、本研究に適用可能であると判断した。ただし、対話エージェントの評価に適用できるよう、一部の項目を調整して使用している。使用したアンケート項目を表2に示す。

表 2: アンケート項目

評価項目	質問内容
継続意思	今後数日間、私はエージェントを使用するつもりだと思う。 今後数日間、確実にエージェントを使用すると思う。 今後数日間、エージェントを使用する予定だと思う。
親和性	エージェントを使うのは良いアイデアだと思う。 このエージェントは生活をより面白くしてくれると思う。 エージェントを使うのは良いことだと思う。 エージェントと会話することを楽しんでいると思う。 エージェントとの活動を楽しんでいると思う。 エージェントを使うことが楽しいと思う。 エージェントには魅力を感じると思う。 エージェントは退屈だと思う。(逆転項目) エージェントを心地よい会話相手だと思う。 エージェントとのやり取りが心地よいと思う。 エージェントは私のことを理解していると思う。 エージェントは親しみやすいと思う。 エージェントと対話していると、本物の人と話しているように感じると思う。 時々、エージェントが本当に私を見ているように感じると思う。 エージェントが生き物のように思えることがあると思う。 エージェントは本物の人間ではないと思う。(逆転項目) エージェントには本当の感情があるように見えることがあると思う。

4.3 実験設定

本実験の対象者は12名(男性9名, 女性3名)であり, 全参加者は日本大学に在籍する学生である。また, すべての参加者が対話エージェントに関する事前知識を有していた。

実験は静かな環境で実施し, 外部からのノイズや干渉がないよう配慮した。実験環境の概要図を図1, 実験中の様子を図2に示す。

また, 対話エージェントの外見については, インタラクションを行う前から過度な期待を持たせない為に, 福田ら [6] が用いている, 外見が曖昧なエージェントデザインを採用した。対話エージェントの外見を図3に示す。

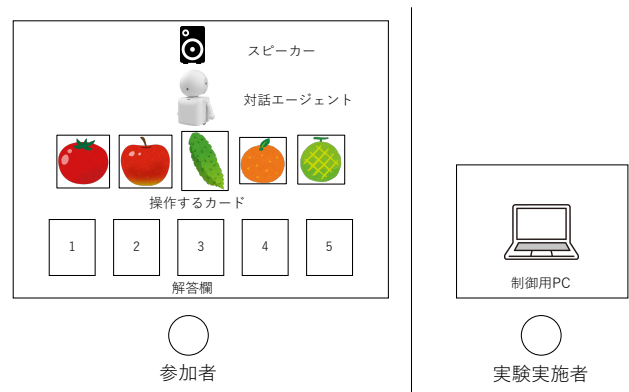


図 1: 実験環境の概要図

4.4 実験手順

本実験は以下の4つのフェーズで構成される。

1. 並び替えゲーム (1回目)
2. 応答変化フェーズ
3. 並び替えゲーム (2回目)
4. アンケート

4.4.1 並び替えゲーム (1回目)

本フェーズでは, 参加者は対話エージェントと協力し, 5つの果物や野菜のカードを1~5の正しい順番に並び替えることを目的とする。

参加者は, エージェントに対して最大5回まで質問を行うことができる。質問の種類は事前に定められており, 同じ質問を繰り返すことはできない。質問の例を表3に示す。



図 2: 実験中の様子

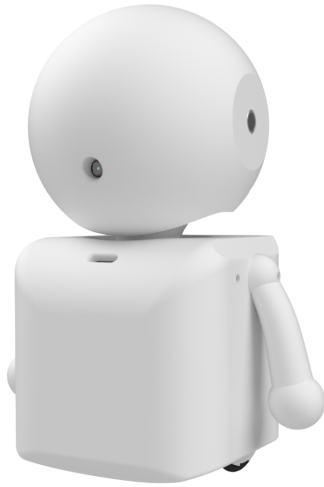


図 3: 対話エージェントの外見

エージェントの応答は、参加者の質問に対して事前に設定された各カードのカテゴリに対応した返答を行う。なお、本タスクでは、メロン、りんご、みかんを果物、トマト、ゴーヤを野菜と定義した。各カードに対応する返答内容を表 4 に示す。また、実験中は、参加者が質問できる相手をエージェントのみに限定し、実験者への質問は禁止した。参加者が 5 回の質問を終えた後、回答が終了次第、実験者が正解・不正解を提示し、応答変化フェーズへと遷移する。

4.4.2 応答変化フェーズ

本フェーズは、エージェントの応答変化が生じるフェーズであり、参加者がエージェントの発話の変化を主体的に認識できるよう設計している。1 回目の並び替えゲームが終了後、参加者には「次はエージェントの先生となって言葉を教えてあげてください」と伝え、教えられる単語の一覧表 (表 5) を示す。

参加者は、エージェントに対して表 5 の単語を色から順番に 3 回ずつ、全て教えることで、エージェント

表 3: 並び替えゲームにおける質問項目例

質問カテゴリ	質問内容
色	「1 番目の色は何ですか?」、「2 番目の色は何ですか?」
形状	「1 番目の形状は何ですか?」、「2 番目の形状は何ですか?」
味	「1 番目の味は何ですか?」、「2 番目の味は何ですか?」
種類	「1 番目のものは野菜ですか?果物ですか?」

表 4: 質問に対する返答内容

カード	色	形状	味	種類
トマト	赤	丸	酸っぱい	野菜
りんご	赤	丸	甘い	果物
メロン	緑	丸	甘い	果物
ゴーヤ	緑	細長い	苦い	野菜
みかん	オレンジ	丸	甘い	果物

の発話が準自然言語から自然言語へと変化するプロセスを観察する。例えば、「赤」という単語をエージェントに教える場合、エージェントの返答は図 4 のように変化する。

応答変化条件では、発話が徐々に変化し、最終的に自然言語へと変化する。自然言語条件および準自然言語条件では、エージェントの発話に変化はない。このように、参加者とエージェントのやり取りの中で応答が変化することで、エージェントの学習プロセスが可視化される設計となっている。

4.4.3 並び替えゲーム (2 回目)

本フェーズでは、参加者がエージェントの発話変化をどのように受け止めるかを測定することを目的とする。1 回目の並び替えゲームを再び実施するが、エージェントの発話に変化した状態での参加者の行動を測定する。各条件におけるエージェントの違いを以下に示す。

● 自然言語条件・準自然言語条件

- 応答変化フェーズを経ても、エージェントの発話は 1 回目と変化しない。
- そのため、参加者は 1 回目と同じ印象のまま並び替えゲームを行う。

表 5: 教えられる単語一覧

カテゴリ	要素
色	赤, オレンジ, 緑
形状	丸, 細長い
味	甘い, 苦い, 酸っぱい
種類	野菜, 果物

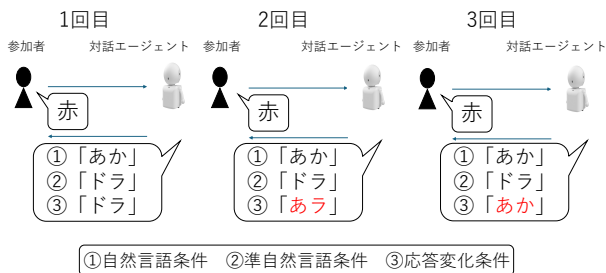


図 4: 応答変化フェーズ：エージェントの返答

● 応答変化条件

- 応答変化フェーズを経たことで、エージェントの応答が準自然言語から自然言語へと変化している。
- そのため、参加者はエージェントの発話の変化を認識した上で、再度並び替えゲームを行う。

4.4.4 アンケート

すべての実験が終了した後、参加者にアンケートに回答してもらう。参加者の回答をもとに、エージェントの応答変化がユーザの継続意思や親和性に及ぼす影響を総合的に評価する。

4.5 実験結果

本研究では、非正規分布を考慮しウィルコクソンの順位和検定を用いて分析を行った。さらに、多重比較による影響を抑えるため、ホルム法による補正を適用した。継続意思および親和性に関するアンケート結果を、図 5 に示す。

検定結果より、親和性において自然言語条件と応答変化条件の間で有意差 ($p < 0.01$) が確認された。一方で、継続意思については、いずれの条件間でも有意な差は認められなかった。

5 考察

準自然言語から自然言語への応答変化を導入することが、ユーザの継続意思と親和性にどのような影響を及ぼすかを検証した。今回の実験では、参加者数が 12 名と限られている為、統計的な分析は十分ではない可能性に留意しつつ、継続意思と親和性の結果について議論する。

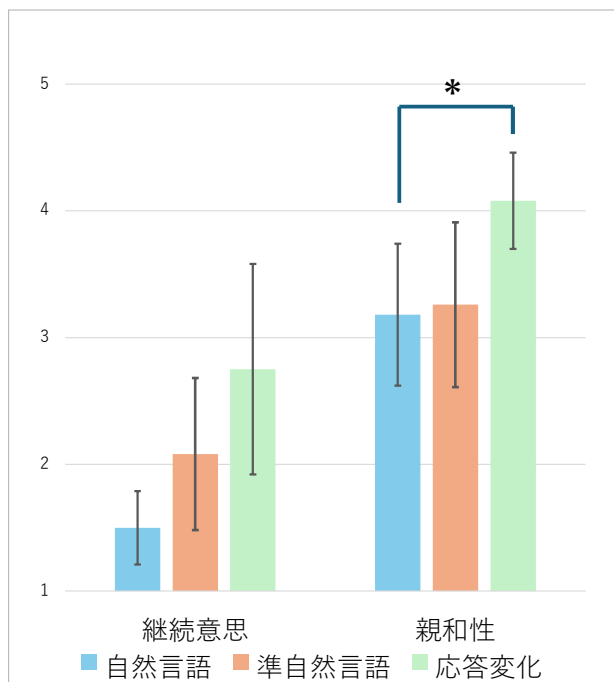


図 5: アンケート結果 (エラーバーは標準誤差であり、*は $p < 0.01$ を示す)

5.1 継続意思について

図 5 より、自然言語条件、準自然言語条件、および応答変化条件のいずれの組み合わせにおいても有意差は確認されなかった。しかし、応答変化条件が自然言語条件および準自然言語条件よりも継続意思が高くなる傾向が見られる。この要因として、以下の 2 点が考えられる。

5.1.1 タスクの単純性

実験で用いた「並び替えゲーム」は、ユーザがエージェントと協力して進める形式であったが、タスク自体が比較的単純であり、対話を継続する動機が十分に形成されなかった可能性がある。特に、タスク完了後に継続的な対話が求められる状況ではなかったため、応答変化の有無に関わらず、継続意思の違いが明確に現れなかったと考えられる。

5.1.2 エージェントの機能的制約

本実験で用いたエージェントは、既存の対話エージェントと比較して発話や機能が限定的であり、ユーザがその制約を認識したことで対話の継続意欲が低下した可能性がある。例えば、一般的なスマートスピーカーでは、対話を通じて多様な質問に回答したり、エンター

テインメントコンテンツを提供したりすることが可能である。一方で、本研究のエージェントは、単語の学習や単純な応答変化のみを行う設計であり、対話の発展性に乏しかった可能性がある。

5.2 親和性について

図 5 より、自然言語条件と応答変化条件の間で有意差 ($p < 0.01$) が確認された。一方で、自然言語条件と準自然言語条件の間では有意差は確認されなかった。この結果から、以下の 2 つの点が示唆される。

5.2.1 準自然言語条件の影響

準自然言語条件では、親和性の向上が見られなかった。これは、エージェントが一貫して準自然言語を用いたことで、ユーザがエージェントとの対話に対する興味を維持できなかった可能性がある。準自然言語がユーザのエージェントに対する親しみやすさを向上させるわけではないことが本研究の結果から示唆される。

5.2.2 応答変化が親和性を向上させる要因である可能性

準自然言語条件と自然言語条件では親和性の違いが統計的に明確でなかったにもかかわらず、自然言語条件と応答変化条件では親和性において有意な差が生じた。これは、応答変化の導入がユーザのエージェントに対する印象を向上させる要因となる可能性を示している。特に、エージェントの発話が単調ではなく変化することで、ユーザがエージェントに対してより魅力を感じやすくなった可能性がある。

6 おわりに

本研究では、対話エージェントの応答変化がユーザの継続意思および親和性に与える影響を検証するため、準自然言語から自然言語への応答変化を導入し、実験を実施した。その結果、継続意思には有意な影響が確認されなかったものの、親和性に関しては、自然言語条件と応答変化条件の間で有意な差が確認され、対話エージェントの発話変化がユーザの印象に影響を与える可能性が示唆された。今後の研究では、参加者数を増やして結果の再現性を検証するとともに、タスクの複雑性を高めることで継続意思への影響を詳しく分析する必要がある。また、本研究では対話エージェントの発話変化に焦点を当てたが、対話エージェントへのインタラクションは発話だけに限られない。

例えば、音声のトーン変化やジェスチャーの導入などの非言語的要素も、継続意思や親和性に影響を与える可能性がある。今後は、これらの要素を組み合わせた応答変化の効果についても検討し、より効果的な対話エージェントの設計指針を明らかにすることを目指す。

参考文献

- [1] 板倉菜々香, 米田凌, 與野木龍, 大本義正, 森田純哉, "対人インタラクションでの飽きと学習の関係-協力ゲーム花火を題材とした行動分析-", HAI シンポジウム, 2020.
- [2] 小川義人, 原田花歩, 菊池英明, "エージェントによるユーザ特性の把握が愛着感に与える影響", HAI シンポジウム, 2012.
- [3] 岡真奈美, 森田純哉, 大本義正, "インタラクションを持続させる個人特性-システム化と共感に注目した検討-", HAI シンポジウム, 2018.
- [4] 平川大介, 野澤孝之, 近藤敏之, "HAI の促進と持続に関する一考察", HAI シンポジウム, 2007.
- [5] 小松孝徳, 山田誠二, "適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響", 人工知能学会論文誌, vol. 24, no. 1, pp. 136-147, 2009.
- [6] 福田聡子, 澤田志織, 川崎邦将, 奥岡耕平, 大澤正彦, 長田茂美, 今井倫太, "適応ギャップ理論を拡張したインタラクションデザインの提案", HAI シンポジウム, 2019.
- [7] 清丸寛一, 大澤正彦, 今井倫太, "予測的認知を用いた非自然言語による言語的コミュニケーション", 第 6 回汎用人工知能研究会, 2017.
- [8] 勝将也, 中島綾乃, 菊池華世, 中島亮一, 大澤正彦, "「しりとり」に含まれる手がかりが「準」自然言語の意味推測に与える影響", 認知科学, vol. 30, no. 3, pp. 314-326, 2023.
- [9] 青柳西蔵, 福森聡, 山本倫也, "長期評価を通じたパートナーロボットの印象変化", ヒューマンインターフェース学会論文誌, vol. 23, no. 1, pp. 109-120, 2021.
- [10] M. Heerink, B. Kröse, V. Evers, and B. Wielinga, "Assessing Acceptance of Assistive Social Agent Technology by Older Adults: the Almere Model", Int. J. Soc. Robot., vol. 2, no. 4, pp. 361-375, 2010.