

ロボットはどうやってユーザとの対話を終わらせるべきか： 終了の予告タイミングからの検討

牧野 倫太郎^{1,a)} 松村 耕平¹ 高橋 治輝¹

概要：なんらかのサービスを提供する1台のロボットが効率よく人に対応するためには、ひとりの人間との対話に長々と時間を使うのではなく、適度なタイミングで対応する相手を切り替えていくことが必要である。この切り替えのための方法の一つとして、ロボットの側から会話を主体的に終了する仕組みが考えられる。しかし、ロボットが一方的に会話を終了するとき、人は不快に感じることもあるかもしれない。本研究では、ロボットから会話を終了する目的で終了の予告を行うとき、どのようなタイミングで告知をすれば良いのかについてクラウドソーシングによって調査した。結果、会話終了の事前予告が、予告を行わない場合と比較して、ロボットからの会話終了において良い印象を与えることが示された。また、予告のタイミングに関して、会話の早い段階で予告することが好ましいことが明らかになった。

RINTARO MAKINO^{1,a)} KOHEI MATSUMURA¹ HARUKI TAKAHASHI¹

1. はじめに

1.1 研究背景

人材不足の解消に向けて、案内や店員など人間とのインタラクションを行うコミュニケーションロボットの活用が注目されている。2022年にOpen AI社がChatGPTを発表し、大規模言語モデル(LLM)が急速に発達している。ロボットに大規模言語モデルが搭載され、人間と円滑なコミュニケーションを行うことができれば、コミュニケーションロボットの活躍の場がさらに拡大していくことが想像できる。

Kandaら[1]はショッピングモールでのロボットの活用を検討し、経路案内や商品情報の提供などのサービスを模索している。こうした公共空間でロボットを使った実験では、ロボット周辺に人だかりができることが観察されている。すなわち、公共の場において会話によるサービスを提供するロボットにおいて、待ち行列が生じる可能性が考えられる。解決策としてロボットを増やすことも考えられるが、ロボットは設置場所やコストなどの制約から、ロボットの数を無制限に増やすことは難しい現実がある。この人だかりにはロボットを使いたくて並んでいる人もいれば、

ただロボットに興味があり群がっている人もいる。後者の人たちは潜在的なユーザであり、現状はこういう人たちへの対応はできていない。

現在のロボットの設計指針には個々のユーザへの丁寧な対応が定められており、そのためにロボットから会話を自発的に終了することは少ない。このことから、1人のユーザに対応する時間が長引き、周囲の人々に待ち時間が生じることがある。このような状況では、待ち時間によってユーザの利用意欲が低下する、多数の人々に適切なサービス提供ができない、などの問題が生じる。

1台のロボットがより多くの人に対応するためには、ロボット自身がタスクを効率化するためのセルフタイムマネジメントを行い、会話を主体的に終了することが必要である。すなわち、ロボットにはひとりの人間との対話に長々と時間を使うのではなく、適度なタイミングで対応する相手を切り替えていくことが求められる。この切り替えのための方法の一つとして、ロボットの側から会話を主体的に終了する仕組みが考えられる。

これまでロボットとの会話終了に関する研究[2],[3]は存在するが、ユーザが会話を終了しやすいようにタイミングを調整したり促進したりすることが焦点とされ、ロボットからの自発的な会話終了についての研究は少ない。

本研究は、公共の場においてユーザとの対話によってサービスを提供するロボットを対象とし、ロボットが自発

¹ 立命館大学
Ritsumeikan University

^{a)} is0578ps@ed.ritsumei.ac.jp

的に会話を終了する手法について取り扱う。ロボットが自発的に会話を終了しようとするとき、人は不快に感じることもある。一方的に「あなたとの会話は終わりです。」と言われたり、唐突に「バイバイ。」と言われたりすれば、そのロボットに対して良い感情を抱かないことは容易に想像できる。しかし、事前に「他にも話をしたい人がいるみたいだから、質問は3つまでね。」と事前に言われれば、ユーザは会話に制限があることが事前に予測可能となり、不快感を覚えないかもしれない。本研究では、ロボットから会話を終了する目的で終了の予告を行うとき、どのようなタイミングで告知をすれば良いのかについて調査する。より具体的には、まず、(1) そもそもユーザは予告なく会話を打ち切られた場合にユーザは不快に感じるのかを調査する。次に、(2) 会話の終了を予告するタイミングを会話開始直後、会話の途中、直前の3つに分け、これらのうちどちらがユーザにとって好ましいのかをクラウドソーシングによる調査によって明らかにする。

2. 事前調査

2.1 概要

ロボットから会話を終了する一番愚直な方法として、強制的に会話を打ち切ってしまう方法があるが、この方法によって印象が悪化するかは定かではない。また、ロボットから会話を終了する際にどのような要因が印象に影響するのも明確でない。そのため、ロボットから会話を途中で終了させた場合、ユーザがどのような反応を示すかを検証するために、事前実験を行った。この実験では、アンケートと動画によるユーザの行動観察を通じて評価する。

2.2 手法

事前調査では、20代の学生7名(男性5名、女性2名)を対象に対面での実験を行う。

この実験では、会話ロボットが観光案内ロボットとして機能し、被験者からの京都の観光案内に関する質問にロボットが答える形で進行する。このとき、制限時間が経過するとロボットが応答を停止することで会話を打ち切る。

ロボットはVstone社のヒューマノイドロボットSotaを使用する。ロボットはWizard of Oz法により著者のひとりによって制御される。ロボットの身体動作は、会話終了の合図とさとりられないような最低限のジェスチャーのみとする。ロボットと対話する参加者が会話終了のタイミングを正確に把握できているかをアンケートと動画撮影により検証し、ロボットの印象をアンケートによって検証する。

実験の手順は以下の通りである。

- (1) Sotaからの自己紹介
- (2) 実験前アンケートによる印象評価
- (3) 京都の観光案内に関するパンフレットを渡して会話の選択肢を限定

- (4) Sotaからの会話開始で実験スタート
- (5) 2分経過後に会話終了(発言途中での停止は行わず)
- (6) 実験後アンケートによる印象評価

このとき対話者がロボットと会話を続けるモチベーションがなければ、会話終了についての印象が悪化せず、事後評価に影響を与える可能性がある。そのため、会話の内容は、おすすめの観光地について、観光地への行き方、など、3分以上対話を継続できるような項目を用意した。これらの項目は実験用紙として印刷して実験中は参加者に提示する。

2.3 評価

実験前後のアンケートは、ユーザのロボットに対する印象を評価するためにGodspeedの質問項目に基づいて設計する。Godspeed[4]は、HRIにおける5つの重要な概念、Anthropomorphism(擬人化)、Animacy(生命性)、Likeability(好ましさ)、Perceived Intelligence(知性の知覚)、Perceived Safety(安全性の知覚)に関連する形容詞の対を用いた質問を5段階のリッカート尺度で評価するアンケートである。高齢者向けの対話型ペットロボットの開発[5]など、実際のロボットの評価に活用されている。

Godspeedによるアンケートは実験の事前・事後の2回行い、これらの比較から評価する。

実験後のアンケートにはGodspeedによる評価に加えて以下の項目が含まれる。

- (1) 5段階のリッカート尺度(分かりにくい:1, 分かりやすい:5)「ロボットとの会話を終わるタイミングは分かりやすかったですか」
- (2) 自由記述「会話後のロボットの印象について、あなたの意見を自由にかいてください」

実験の様子はビデオカメラによって撮影する。この録画から、会話終了後のユーザの反応と会話終了のタイミングを正確に認識しているかを確認する。

2.4 結果

参加者7名のうち2名が実験用紙に記載された内容よりも少ない質問しか行わず、ロボットからの会話終了前に退席した。そのため、残り5名についての分析を行う。

実験前後のGodspeedアンケート結果を図1に示す。各グラフの値は、それぞれの指標についての平均値を示している。

会話終了のタイミングのわかりやすさに関する質問項目の結果を図2に示す。

実施後の自由記述コメントから、会話終了に関する言及があった被験者のコメントには、「会話をしようとしたところ突然反応しなくなったため、ロボットの故障や発声がハッキリしていなかったのか試すことがあった。」というものや「会話の終了が時間をおかないと分からなかったで

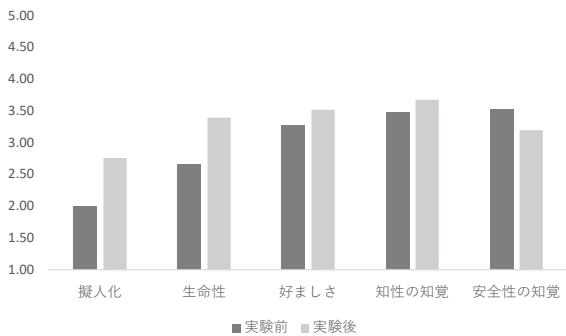


図 1: Godspeed アンケートの結果

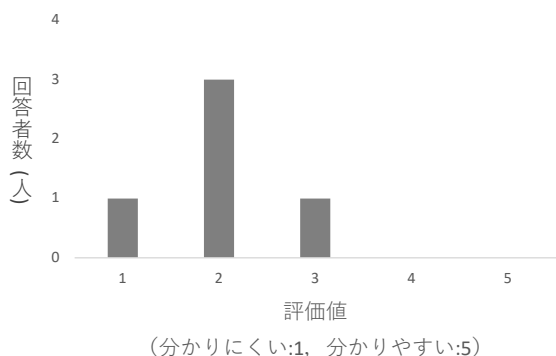


図 2: 会話終了タイミングのわかりやすさ

す。質問に対する回答は想像よりしっかりしていました。」という意見があった。

5名のうち1名は、3分の制限時間が経過してロボットが動作を停止しても、退席せず滞在していた。この1名は退席しなかった理由として「実験が終了していないと感じた」と報告した。退席した残りの4名について会話終了後の経過時間についての動画分析を行った。その結果、退席した4名は会話終了後それぞれ19秒、47秒、59秒、90秒、平均して53秒後に退席した。

2.5 考察

Godspeed アンケートの結果から、安全性の知覚の項目だけが実験前後で評価が低下していることがわかる。このことから、ロボットの会話終了時にユーザに与える印象の要因の一つは、安全性の知覚である可能性が考えられる。被験者のコメントやアンケート結果、退席時間から、会話終了のタイミングがわかりにくいことが、安全性の知覚が下がった原因として推測される。

これらの結果から、ロボットからの会話終了時に予告がなく、突然終了されることがユーザの印象悪化につながっていることが確認された。

人間とロボットのインタラクションにおける安全性の認知に関する先行研究 [6] においては、ロボットの行動が予測可能であることが「安全性の知覚」を向上させるために重

表 1: 実験条件

	条件
C1	会話開始時点で、終了のタイミングを予告する。 「3つまで質問できるよ」
C2	会話の途中で、終了のタイミングを予告する。 「あと1つで質問終わりね」
C3	予告せずに会話を終了する。

要な要素とされている。この先行研究より、対話ロボットにおいて会話終了を快適にするための方法として、事前にユーザに会話の終了について予告することが考えられる。本研究では、提案手法として会話終了の予告を行い、どのタイミングが最適な予告のタイミングであり、ユーザの印象に最も良い影響を与えるかを検証する。

3. 実験

3.1 概要

事前調査の考察から、会話終了の予告が印象悪化を軽減する可能性が示された。本実験では予告の有無がロボットの印象に与える影響を検証する。また、先行研究において予測可能であることが印象に影響を与える可能性が示唆されたことから、会話終了の早い段階での予告を行い、より予測しやすいことが安心感を高める可能性が考えられた。以上の項目を検証するために、以下の仮説を設定する。

仮説 1 会話終了の印象について、予告がある方がユーザに好まれる。

仮説 2 会話終了のタイミングについて、事前の予告が早い方がユーザに好まれる。

ロボットの印象とユーザ体験を評価するために、ユーザとロボットの対話を再現した動画を制作し、オンラインで被験者に視聴してもらう。事前調査において途中退席があったことやユーザごとに実験条件を統一することが難しいことから、実験はビデオ評価により実施する。ビデオ評価はHRIにおいては一般的で、その結果は対面による実験と整合することが報告されている [7]。

ビデオで提示する条件は表1の3パターンである。仮説1をC1,C2とC3を比較することにより検証し、仮説2をC1とC2を比較することにより検証する。

C1は事前に会話の回数を指定することで、終了の予告を行う条件である。終了タイミングに対する自由度は低いものの、ユーザは事前に質問の回数や順序を検討できるため、印象の低下は回避できると考えられる。なお、今回の実験では質問数を3回とする。

C2は会話中に残りの質問の回数を提示するものである。この方法はロボットが周囲の様子(待ち行列)の状態を把握して残りの質問数を動的に変更して、会話を終了に向かわせることができる。一方で、残された数以上の質問をしようとしているユーザにとっては悪い印象を与えるかも



図 3: 動画の様子

しれない。今回の実験においては残り 1 つのタイミング時に予告を行うことにする。

C3 は予備実験と同様に予告なしで会話を打ち切り条件である。ロボットはユーザの聞きたい内容に関係なく会話を終了させることができる。

予備実験の結果を踏まえて会話の最後に挨拶を入れることによって、終了のタイミングを明確に伝えるようにした。全ての条件において、会話の最後で「これで案内を終わります。バイバイ。」とロボットが話し、会話を終了する。

3.2 ビデオシナリオ

ロボットとの対話シナリオは、事前調査と同様の京都の観光案内所を行う設定で制作した。動画の様子を図 3 に示す。観光案内所を模した背景画像の中央に、事前調査で用いたものと同様のロボット Sota が配置される。対話の内容は字幕として動画下部に表示する。会話終了タイミングについて、ユーザの利用意図を表すため、ユーザの聞きたいことをリストとして動画の左上部に提示する。図 3 においては、既に聞いた 2 つの質問がグレイアウトされ、現時点でロボットに聞いている質問が赤でハイライトされていることがわかる。

3.3 評価

本実験では、参加者に動画を視聴してもらい、ロボットの印象とユーザ体験をアンケートで評価する。3 つの条件中、ユーザが好ましいと感じる条件の順位を調査するために、Thurstone の一対比較法 [8], [9] を用いる。参加者は 2 つの動画を比較し、評価を行う。すなわち、参加者は C1 と C2, C1 と C3, C2 と C3 の組み合わせのうちいずれか 1 つの組み合わせについて、評価する。なお、動画の視聴について順序効果を考慮するため、それぞれの組み合わせについて視聴順を入れ替えた 6 つの条件を準備した。Thurstone の一対比較法では、2 つの条件について「良い」とする順位をつけ、刺激（観測値）に尺度値を与えることで、条件間の差を数量化する。

評価項目は表 2 に示す通りである。Godspeed の「安全性の知覚」を除く評価項目については、表 2 の Q1~Q2 の

表記を使用する。調査において、不適切な回答を排除するため、自由記述欄に特定の数字を指示して記入させる。Q1 は会話終了のわかりやすさを評価する質問であり、Q2~Q4 はロボットやユーザ体験の印象を聞く質問である。Q2 は Q3 と Q4 の内容を逆転させた質問である。

3.4 結果

クラウドソーシングにより 508 件の回答が集まった。自由記述欄の不適切な回答や動画再生時間に満たない所要時間の回答を排除した。その上で、回答時間について信頼区間を 95% として、有効回答を精査した。その結果、有効回答は 297 件であり、有効回答率は 58% となった。Thurstone の一対比較法を用いるために、全 6 条件の有効回答を回答日時が早い順に 40 名、合計 240 名の回答について解析した。

今回の評価では、尺度値が最小のものを原点にして分かりやすく図示するため、図 4 に示すように数直線上に配置した。右側に行くほど、各質問項目を肯定する意見が多かったことを示す。

Q1 の結果から、会話の途中で予告が最も理解しやすく、予告がない場合は会話終了が理解しにくいことが分かった。Q2~Q4 の結果からは、ロボットの印象とユーザ体験において、会話の開始時に予告することが最も良い印象を与えることが示された。

図 4 で示される比率が実測値と一致しているかを確認するために、尺度値から求められる期待値との一致度をカイ二乗検定で検証した。帰無仮説は「実測値と期待値は一致する」であり、対立仮説は「実測値と期待値は一致しない」である。各質問項目におけるカイ二乗値を表 3 に示した。

危険率 $p=0.05$, 自由度 $df=1$ の場合、カイ二乗値は 3.841 である。各質問項目におけるカイ二乗値はこの値を下回っているため、帰無仮説は棄却されない。したがって、統計的に有意な差がなく、期待値として示される比率が実測値と一致しないわけではないことが示された。

3.5 考察

仮説 1 と仮説 2 の両方が支持される結果となった。ただし、Q1 と Q2~Q4 の順位は一致しないことから、会話終了の明確さとユーザの印象は一致しない側面が浮かび上がった。Godspeed の「安全性の知覚」の項目では、有意な差が見られなかった。このことから、予告することによる印象向上の効果は比較的小さい可能性が考えられる。ただし、今回の評価ではロボットの印象を測るために Godspeed を使用したが、Godspeed は一般的にペットロボットなど単一のロボットの評価に利用されており [5], 同一ロボットの条件の変化を判別するのは難しい可能性が考えられる。そのため、予告による印象向上の効果については、検証の余地がある。

表 2: アンケートの質問内容

質問内容	
Godspeed の「安全性の知覚」項目	
Q1	あなた自身はどちらの方が、会話が終わるタイミングがわかりやすかったと思いますか。
Q2	あなた自身は自身が会話をしているとして、どちらの方が不満に感じますか。
Q3	あなた自身はどちらの方が、ロボットが役に立つと思いますか。ロボットの印象
Q4	あなた自身はどちらの方が、ロボットの対応が良かったと感じますか。ロボットの印象

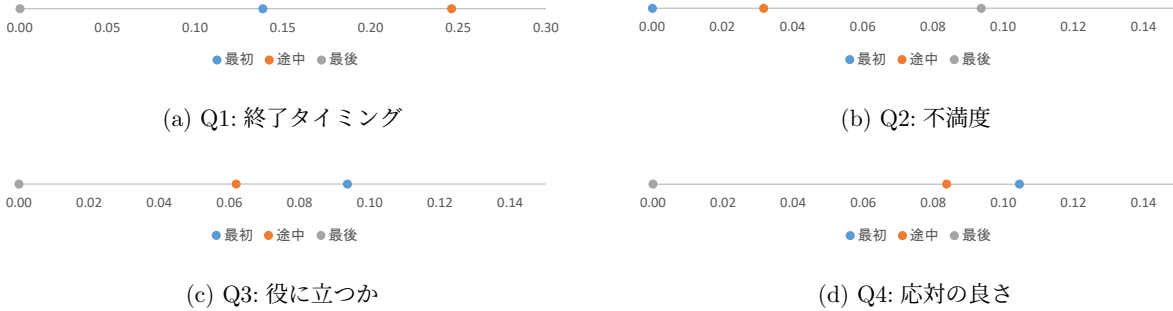


図 4: 質問項目 Q1~Q4 の結果

表 3: 各質問項目のカイ二乗値

質問項目	Q1	Q2	Q3	Q4
カイ二乗値	2.909	0.151	0.151	0.269

4. 議論

本研究は、会話終了に焦点を当て、ユーザが快適に感じる会話終了の方法を探索した。事前実験から得られた結果は、ユーザにとって会話終了時に最も重要な要素は「安全性の知覚」であることを示唆している。そのため、ユーザの安心感を考慮した手法として、会話終了の予告方法を採用し、そのタイミングを実験的に検証した。

研究結果によれば、会話終了の予告は予告を行わない場合と比較して、ユーザからの好意的な反応を引き出すことが明らかになった。さらに、その予告を行うタイミングについて、会話の早い段階での予告が望ましいことが示された。この早期の予告によって、ユーザはロボットとのコミュニケーションをよりスムーズに感じることができ、会話の終了が不意に訪れることへの不安を軽減できるという結果が得られた。

実際にロボットを公共の場で運用する場合には、会話の初めに会話の回数を指定することで、ロボットに対する印象は最も良くなる。しかし、事前に回数を指定しなければならぬことは、対応を柔軟に行う上で障害となりうる。会話の途中で予告を行う方法であれば周囲の様子（待ち行列）を考慮しながら会話を終了に向かわせることが可能である。一方で、初めに予告した場合と比較するとロボットの印象は悪くなってしまいます。これらの結果を踏まえて、ロボットの運用に応じた予告をすることが重要だと考える。

5. 今後の展望

本研究では、会話終了方法の検討に焦点を当ててきたが、実際の公共空間での運用におけるロボットの評価にはまだ至っていない。今後の研究では、実際のフィールドでの運用を通じて、ロボットが自発的にタイムマネジメントをし、ユーザ体験に与える影響をより詳細に調査する。

また、本研究ではユーザの快適な会話終了を実現するために、安全性の知覚に焦点を当てたが、ロボットの印象には多くの要因が関与している。例えば、Salemら [10] が報告したように、ロボットのコミュニケーション能力を高めるためにジェスチャーが重要であることが示されている。そのため、今後の研究では、予告方法がロボットの他の印象要素とどのように関連しているかを検証し、会話終了の予告が他のロボットの印象に及ぼす影響を詳細に調査する予定である。

参考文献

- [1] Kanda, T., Shiomi, M., Miyashita, Z., Ishiguro, H. and Hagita, N.: A Communication Robot in a Shopping Mall, *IEEE Transactions on Robotics* (2010).
- [2] Isaka, T., Aoki, R., Ohshima, N. and Mukawa, N.: Study of Socially Appropriate Robot Behaviors in Human-Robot Conversation Closure, *Proceedings of the 30th Australian Conference on Computer-Human Interaction* (2018).
- [3] Bohus, D. and Horvitz, E.: Managing Human-Robot Engagement with Forecasts and... Um... Hesitations, *Proceedings of the 16th International Conference on Multimodal Interaction* (2014).
- [4] Christoph, B., Dana, K., Elizabeth, C. and Zoghbi, S.: Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Per-

- ceived Safety of Robots., *Int J of Soc Robotics 1* (2009).
- [5] Tan, Y. K., Wong, A., Wong, A., Dung, T. A., Tay, A., Kumar, D. L., Dat, T. H., Ng, W. Z., Yan, R. and Tay, B.: Evaluation of the Pet Robot CuDDler Using Godspeed Questionnaire, *Inclusive Society: Health and Wellbeing in the Community, and Care at Home* (Biswas, J., Kobayashi, H., Wong, L., Abdulrazak, B. and Mokhtari, M., eds.), Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, pp. 102–109 (2013).
- [6] Akalin, N., Kristoffersson, A. and Loutfi, A.: Investigating the Multidisciplinary Perspective of Perceived Safety in Human-Robot Interaction, *ArXiv*, Vol. abs/2106.05854 (online), available from (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:235390748>) (2021).
- [7] Woods, S., Walters, M., Koay, K. L. and Dautenhahn, K.: Comparing human robot interaction scenarios using live and video based methods: towards a novel methodological approach, *9th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, 2006.*, pp. 750–755 (online), DOI: 10.1109/AMC.2006.1631754 (2006).
- [8] Thurstone, L. L.: A law of comparative judgment., *Psychological Review* (1927).
- [9] 佐藤 信: 統計の官能検査法, 日科技連出版社 (1985).
- [10] Salem, M., Rohlfing, K., Kopp, S. and Joubin, F.: A friendly gesture: Investigating the effect of multimodal robot behavior in human-robot interaction, *2011 RO-MAN*, pp. 247–252 (online), DOI: 10.1109/RO-MAN.2011.6005285 (2011).