

乗り移り表現を行うオンスクリーンエージェント使用継続意思向上のためのユーザインタフェース要素の検討

Exploring User Interface Elements to Enhance Continued Engagement with On-Screen Multi Body Agent

峯岸朋弥^{1,3} 川崎邦将² 大澤正彦^{2,3} 石井健太郎¹

Tomoya Minegishi¹ Kunimasa Kawasaki² Masahiko Osawa³ and Kentaro Ishii¹

¹ 専修大学 ネットワーク情報学部

¹ School of Network and Information, Senshu University

² 日本大学 文理学部 次世代社会研究センター

² Research Institute for Next Generation Society, College of Humanities and Sciences, Nihon University

³ 日本大学 文理学部 情報科学科

³ College of Humanities and Sciences, Nihon University

Abstract: エージェントの乗り移り表現は、ユーザのエージェントに対する信頼をさまざまなデバイスで保持できることが示されている。これによってユーザによるエージェント使用継続の意思が向上し、さまざまなインタラクションが継続される。本研究では、乗り移り表現を行うオンスクリーンエージェントの使用継続意思を高める要素として、外見提示と発話応答機能の変化の影響を検討する。外見提示と発話応答機能を切り替え可能なオンスクリーンエージェントを用意し、各条件で対話タスクとアンケートを実施する。

1 序論

情報機器の発達に伴い、現実世界に人と同様の身体を持つソーシャルロボットや、音声によりアシスタントを行うスマートスピーカといったように、人と情報を自然言語によるインタラクションを通じてやり取りするシステムが開発されている。なお、以下、情報を人との自然言語を発話することによるインタラクションを通じてやり取りするシステムのことをエージェントとする。こうしたエージェントは、ユーザとのコミュニケーションの目的に合わせて設計された機器で動作する。例えば、ソーシャルロボットは人と同様の身体を持つため物理的なインタラクションを重視した設計であり、またスマートスピーカは、音声インタフェースを通じた対話を提供することを重視した設計である。よってエージェントが動作機器そのものに依存してしまう欠点がある。この欠点を克服するため、画面に表示されることにより仮想的な身体を持つオンスクリーンエージェントが、様々な場所、情報機器、環境を乗り移る ITACO システムがある[1, 2]。ITACO システムの乗り移り表現により、移動先でもユーザと親近感や愛着といっ



図 1 オンスクリーンエージェント動作の様子

た関係性を継続し保持できる。ITACO システムにおいて、オンスクリーンエージェントの外見提示を行うことは、乗り移り表現を行うための重要な要素である。また音声による発話は、オンスクリーンエージェントがユーザとのインタラクションを行うための重要な要素である。しかしながら現在までに、ITACO システムによる乗り移り表現の要素のうちどれがユーザによる長期的な使用継続意思や親近感に影響を与えているか明らかにされていない。

本研究では、特に外見提示と発話応答機能に焦点を当て、これらがユーザの使用継続意思に与える影

響を検証する。外見提示およびユーザからの発話への応答機能を切り替え可能なオンスクリーンエージェントを開発し(図1), 体験した参加者によるアンケート回答を分析する。この分析により, エージェントの乗り移り表現においてどの要素がユーザによる長期的な使用意思及び親近感に影響を与えるか検証する。

2 関連研究

ITACO システムは乗り移り表現を行うエージェント(マイグレートエージェント)の一つとして注目されている。本章はマイグレーションエージェントの印象及び使用継続意思について調査された研究について述べる。

2.1 乗り移り表現の印象調査

乗り移り表現を行うオンスクリーンエージェントの効果について Luria ら[3]は, 画面内の仮想的な身体を持つエージェントが複数の環境に配置された画面へ移動する様子を提示する場合, 人はエージェントに対し安心感を抱く一方, 人間的ではない動きをする場合は不安を与える可能性を示唆している。Çakan ら[4]は, 画面上の仮想エージェントが物理的な身体に移行することにより交渉を有利にすすめられたことを示している。Reig ら[5]は, 人は複数の機器を移動するエージェントを好み, そのエージェントがパーソナライズされている場合は強く好むことを示している。これらの研究により乗り移り表現は人とのインタラクションにおいて利点が多いことを示している。しかしながら, エージェントの外見により人が抱く印象が異なることが示されている[6]ことから, 外見の提示の有無による乗り移り表現への影響が考えられるが現在まで検証した例は少ない。

Williams ら[7]は, 乗り移り表現を行うエージェントに対し人が抱く信頼感について大規模調査をしている。また Okuoka ら[8]は, 乗り移り表現によって信頼感をデバイス間で引き継ぐことを示している。しかしながら, 乗り移り表現の構成要素を減らすことによる信頼感への影響について調査されている例は少ない。

2.2 使用継続意思の調査

乗り移り表現を行うエージェントの利点を長期的な使用に活用した例がある。Kaptein ら[9]は物理的な身体を持つコミュニケーションロボットと, 画面内に配置され仮想的な身体を持つコミュニケーション

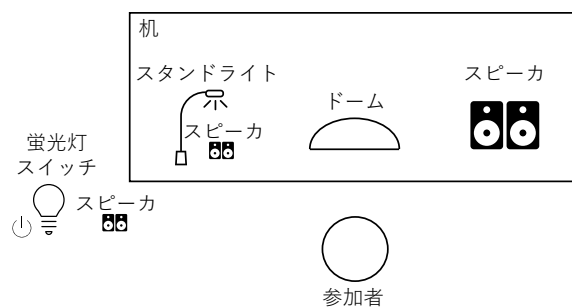


図2 開発システムの概要図

ロボットを乗り移るエージェントは, 子どもたちに長期的に受け入れられたことを示している。また Syrdal ら[10]は, 共有スペースをリアルタイムで乗り移りながら移動するエージェントが, 長期間の実験であったとしても親近感を覚えることを示している。一方で, 乗り移り表現のいずれの要素が長期的な使用意思に有効であるか明らかにされていない。

3 開発システム

3.1 システムの概要

本研究ではITACOシステム[2]と峯岸ら[11]のスマートスピーカーを参考に, 乗り移り表現を行うオンスクリーンエージェントを開発した。ドーム状の半球体の一部をくり抜き, そこへスマートフォンを配置する(以下, ドーム状の半球体にスマートフォンを配置したものをドームとする)。オンスクリーンエージェント動作の様子を図1に示す。同一卓上にはスタンドランプ, スピーカを用意し, 同一実験環境上には部屋の蛍光灯スイッチ付近にスピーカーを配置する。システムの概要図を図2に示す。なおオンスクリーンエージェントが効果音による乗り移り表現及び発話を行えるよう, 蛍光灯スイッチ, スタンドライト, ドームの付近にスピーカーを配置する。

乗り移り表現として, 抜け出し・入り込みの2つのフェーズに分かれる。ドームから抜け出す際は, 図1のオンスクリーンエージェントがドームに設置されたスクリーン中央から上部に向かって移動する映像と, 抜け出しに対応する効果音を再生する。蛍光灯スイッチ・スタンドランプ・スピーカーから抜け出す際は, それぞれの機器に設置されたスピーカーから抜け出しに対応する効果音を再生する。ドームへ入り込む際は, 図1のオンスクリーンエージェントがドームに設置されたスクリーン上部から中央に向かって移動する映像と, 入り込みに対応する効果音を再生する。蛍光灯スイッチ・スタンドランプ・スピーカーへ入り込む際は, それぞれの機器に設置さ

れたスピーカから入り込みに対応する効果音を再生する。

ドームに配置されたオンスクリーンエージェントは、観察者からの指示により特定のアクションを実行する。具体的には、ドーム、スタンドランプ、スピーカ、蛍光灯スイッチへ乗り移り表現を行い、それぞれの機器を操作する。操作後は、再びドームに戻る。この一連の動作により、オンスクリーンエージェントが機器間を移動して対象を操作する様子を表現する。

3.2 システムの実装

本システムは、Python で実装された TCP サーバ（以下、制御用サーバ）を基盤とし、各デバイスを制御する Python プログラムをこのサーバに接続する。制御対象となるデバイスは、ドーム、スタンドランプ、スピーカ、および蛍光灯スイッチである。それぞれに対応する Python プログラムを開発し、前述の制御用サーバに接続した。

ドームにはオンスクリーンエージェントの外見を提示するための映像表示が必要である。スマートフォンを使用し、ブラウザからアクセスすることで、映像および音声を再生できるようにした。また、Web アプリケーションフレームワークである Flask を用いて、映像および音声の再生と制御用サーバとの通信を可能にしている。制御用サーバからの指示に従い、対応した映像および音声の再生を行う。

スタンドランプは、オンスクリーンエージェントの乗り移り表現をするため、制御用サーバからの指示に従って LED 電球の点灯および消灯を行う。これには Philips 社の Hue を採用し、Python プログラムを用いて電球の制御を実現した。また、スピーカを近くに設置し、同一 Python プログラムにより音声の再生も可能にした。

スピーカは、オンスクリーンエージェントの乗り移り表現をするため、制御用サーバからの指示を受けて音声を再生する。

蛍光灯スイッチは、オンスクリーンエージェントの乗り移り表現をするために、制御用サーバの指示を受けてスイッチを操作する。蛍光灯スイッチに SwitchBot Button を取り付け、制御用サーバから指示された Python プログラムを介してスイッチを操作した。

4 実験

4.1 実験条件

外見提示及び発話応答機能の有無の影響を検討す



図 3 実験環境の様子

るため、外見提示機能と発話応答機能の両方を有する条件（以下、通常条件）と、外見提示機能を削除した条件（以下、外見なし条件）と、発話応答機能を削除した条件（以下、発話なし条件）の 3 条件を用意し、実験を行った。

実験は、2025 年 1 月 27 日から同月 31 日までに、専修大学生田キャンパス内で行われた。実験参加者は 15 名（男性：11 名、女性：4 名）であり、全参加者は同大学に在籍する、2 年次、3 年次の学生である。実験環境には、実験参加者が使用する椅子、オンスクリーンエージェントとそれが乗り移る先が配置された机を用意した。実際の実験環境を図 3 に示す。

実験手順は以下の通りである。実験参加者は入室後、実験環境内に配置された椅子へ座るよう指示される。実験実施者は実験参加者に対して、オンスクリーンエージェントへ行える指示内容を書面にて提示する。参加者は書面の内容に従い、オンスクリーンエージェントに対し 3 つの指示を行う。3 つの具体的な指示内容と、その指示によるオンスクリーンエージェントの乗り移り表現による入り込み先の対応を表 1 に示す。指示の後、実験実施者は実験終了

表 1 参加者による指示内容と乗り移り表現による入り込み先

指示ID	指示内容	入り込み先
1	「その明かりをつけて」	スタンドライト
2	「部屋の明かりをつけて」	蛍光灯スイッチ
3	「何か音楽をかけて」	スピーカ

表 2 オンスクリーンエージェントによる応答と乗り移り表現の対応

指示ID	応答	乗り移り表現
1	「了解です」	ドーム→スタンドライト
	「できたよ、えっへん」	スタンドライト→ドーム
2	「うん、いいよ」	ドーム→蛍光灯スイッチ
	「ふう、おわたたよ」	蛍光灯スイッチ→ドーム
3	「じゃあ僕のお気に入り聴いてよ」	ドーム→スピーカ
	「君も気に入ってくれたらいいな」	スピーカ→ドーム

表 3 アンケート項目

評価項目	質問内容
長期使用の意思	このエージェントをこれから数日間利用すると思う
	このエージェントをこれから数日間利用すると確信している
	このエージェントをこれから数日間利用する計画をする
親近感	このエージェントに話しかけられるのは楽しい
	このエージェントと一緒にになにかをすることは楽しい
	このエージェントは面白いと思う
	このエージェントは魅力的だと思う
信頼感	このエージェントがアドバイスをくれたら私はこのエージェントを信頼するだろう
	私はこのエージェントがくれたアドバイスに従うだろう

の合図を送り、参加者はアンケートに回答する。以上の内容を3条件繰り返す。なお3条件はカウンターバランスを考慮し参加者毎に実施順を入れ替える。

オンスクリーンエージェントは参加者からの指示に従い、ドーム、スタンドライト、蛍光灯スイッチ、スピーカに入り込み、それぞれに対応した操作を行う。表2に、表1に示す参加者からの指示に対する応答と、映像による乗り移り表現の対応付けを示す。指示IDは参加者による指示内容のIDと紐づく。応答なし条件では、「応答」列に記載された内容を一切発話せず、乗り移り表現のみ行う。外見なし条件では、「乗り移り表現」列に記載された内容の映像を提示せず、応答のみ行う。通常条件では「応答」「乗り移り表現」どちらも行う。なお、いずれの条件においても、効果音による乗り移り表現を行うため、オンスクリーンエージェントが対象から出る・入る際に、それぞれに対応した音を再生する。

実験参加者が回答するアンケートを表3に示す。参加者がオンスクリーンエージェントに対し抱く長期使用の意思、親近感、信頼感について評価するため、Heerinkら[12]の評価項目を参考に一部抜粋及び日本語訳を行うことによりアンケート項目を作成した。参加者は各項目に対し、「1:全くそう思わない」から「5:とてもそう思う」までの5段階で回答する。各項目（長期使用の意思、親近感、信頼感）の回答を平均し、その数値を用いて統計的検定を行う。

4.2 実験結果

通常条件と、外見なし条件・発話なし条件それぞれの間に、参加者が抱く使用継続意思に差があるか検証するため、長期使用の意思、親近感、信頼に関するアンケート項目において、R(4.22)を用いて比較を行った。以下より平均値をMean、標準誤差をSEと表す。分析結果を図4に示す。Wilcoxonの順位和検定で多重比較を行い、Holm法により求めた補正後の有意水準で判定した。以下から各項目について分析結果を述べる。

長期使用の意思において、参加者は通常条件よりも発話なし条件のほうが有意に低く評価した（通常条件: Mean = 4.64, SE = 0.11; 発話なし条件: Mean = 3.84, SE = 0.22, $p < .05$ ）。一方で、長期使用の意思における通常条件と外見なし条件の間に有意な差は認められなかった（通常条件: Mean = 4.64, SE = 0.11; 外見なし条件: Mean = 4.22, SE = 0.19, $p = .29$, n.s.）。

親近感の項目において、参加者は通常条件よりも発話なし条件のほうが有意に低く評価した（通常条件: Mean = 4.47, SE = 0.13; 発話なし条件: Mean = 3.43, SE = 0.31, $p < .05$ ）。一方で、親近感における通常条件と外見なし条件の間に有意な差は認められなかった（通常条件: Mean = 4.47, SE = 0.13; 外見なし条件: Mean = 4.08, SE = 0.20, $p = .36$, n.s.）。

信頼感の項目において、通常条件と外見なし条件の間に有意な差は認められなかった（通常条件: Mean = 3.60, SE = 0.22; 外見なし条件: Mean = 3.33,

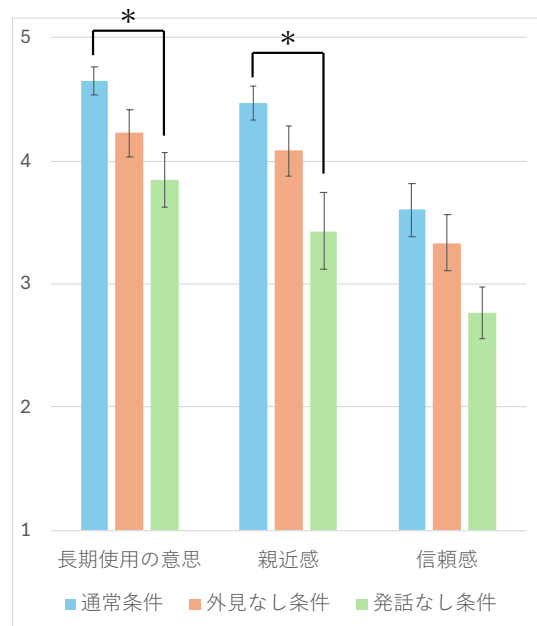


図4 アンケート結果（エラーバーはMean±SEを示し、*は $p < .05$ を示す）

SE = 0.23, $p = .42$, n.s.). また、通常条件と発話なし条件の間に有意な差は認められなかった (通常条件: Mean = 3.60, SE = 0.22; 発話なし条件: Mean = 2.77, SE = 0.22, $p = .08$, n.s.).

5 考察

オンスクリーンエージェントの外見提示および発話応答機能の有無が、参加者によるオンスクリーンエージェントの使用継続意思、親近感、信頼感にどのように影響を与えるかを検証した。発話応答機能を削除した発話なし条件では、外見提示機能と発話応答機能の両方を有する通常条件と比較して、長期使用の意思が有意に低下した。参加者は、乗り移り表現を行うオンスクリーンエージェントとのインタラクションにおいて、参加者に対する応答を重要視している可能性を示唆する。親近感の評価においても、発話なし条件が通常条件よりも有意に低く評価されたことは、すべての条件において乗り移り表現の効果音は発生させていることから、発話応答機能がオンスクリーンエージェントへの親近感に影響を与えることを示している。本研究で開発したオンスクリーンエージェントは、発話を通じて感情を表現することは実装していないが、参加者にとって発話に対する応答により親しみを感じられる存在となると考えられる。

一方、外見提示を行わない条件 (外見なし条件) においては、長期使用の意思に有意な差が認められなかった。また、親近感においても有意な差が認められなかった。乗り移り表現として、映像、効果音、光による提示が考えられるが、これらの要素は乗り移り表現のみに有効であり、長期的な継続使用及び親近感においては有効とは言えない可能性を示唆された。一方で、映像を使用した外見提示、音声による発話といった要素は、表示する映像の内容、発話の内容に大きく影響を受ける可能性があることから、今後詳細な検証を行う必要がある。

信頼感においては、全ての条件間で有意な差が認められなかった。これは、発話や外見の有無が信頼の獲得に直接的な影響を与えない可能性を示している。乗り移り表現は、オンスクリーンエージェントの機能性や一貫性を表現可能であることから、信頼感を高めるためには、エージェントの性能や対話の一貫性を向上させることが重要な要素であると考えられるが、本研究においては検証できていない。

6 まとめ

複数の機器や環境を乗り移る表現を行うオンスク

リーンエージェントの外見提示および発話応答機能の有無が、ユーザによるオンスクリーンエージェントの使用継続意思、親近感、信頼感にどのように影響を与えるかを検証した。分析の結果結果から、ユーザによる発話に対する応答機能が、参加者の長期使用の意思及び親近感に影響を与える可能性を示唆した。

以上の結果を踏まえ、本研究は乗り移り表現を行うオンスクリーンエージェントの設計において、発話応答機能は重要な要素であることを強調する。一方で乗り移り表現の利点と考えられる信頼性においては十分に検証できていない。今後の研究では、さらなるオンスクリーンエージェントとのインタラクション方法や、信頼感に影響する要素を特定するための実験の実施が求められる。

参考文献

- [1] M. Imai, T. Ono, and T. Etani, "Agent migration: communications between a human and robot," in *IEEE SMC'99 Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (Cat. No.99CH37028)*, IEEE, 1999, pp. 1044–1048. doi: 10.1109/ICSMC.1999.812554.
- [2] K. Ogawa and T. Ono, "ITACO: Effects to Interactions by Relationships between Humans and Artifacts," in *Intelligent Virtual Agents*, vol. 5208 LNAI, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 296–307. doi: 10.1007/978-3-540-85483-8_31.
- [3] M. Luria, S. Reig, X. Z. Tan, A. Steinfeld, J. Forlizzi, and J. Zimmerman, "Re-Embodiment and Co-Embodiment," in *Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference*, New York, NY, USA: ACM, Jun. 2019, pp. 633–644. doi: 10.1145/3322276.3322340.
- [4] U. Çakan, M. O. Keskin, and R. Aydoğan, "Effects of Agent's Embodiment in Human-Agent Negotiations," in *Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents*, New York, NY, USA: ACM, Sep. 2023, pp. 1–8. doi: 10.1145/3570945.3607362.
- [5] S. Reig *et al.*, "Not some random agent: Multi-person interaction with a personalizing service robot," *ACM/IEEE Int. Conf. Human-Robot Interact.*, pp. 289–297, 2020, doi: 10.1145/3319502.3374795.
- [6] J. Hale, L. Schweitzer, and J. Gratch, "Pitfalls of Embodiment in Human-Agent Experiment Design," in *Proceedings of the ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents*, New York, NY, USA: ACM, Sep. 2024, pp. 1–9. doi: 10.1145/3652988.3673958.
- [7] T. Williams, D. Ayers, C. Kaufman, J. Serrano, and S. Roy,

“Deconstructed trustee theory: Disentangling trust in body and identity in multi-robot distributed systems,” in *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, New York, NY, USA: ACM, Mar. 2021, pp. 262–271. doi: 10.1145/3434073.3444644.

- [8] K. Okuoka, K. Enami, M. Kimoto, and M. Imai, “Multi-device trust transfer: Can trust be transferred among multiple devices?,” *Front. Psychol.*, vol. 13, no. 2015, 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.920844.
- [9] F. Kaptein *et al.*, “A Cloud-based Robot System for Long-term Interaction: Principles, Implementation, Lessons Learned,” *ACM Trans. Human-Robot Interact.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–27, Mar. 2022, doi: 10.1145/3481585.
- [10] D. S. Syrdal, K. Dautenhahn, K. L. Koay, and W. C. Ho, “Views from Within a Narrative: Evaluating Long-Term Human–Robot Interaction in a Naturalistic Environment Using Open-Ended Scenarios,” *Cognit. Comput.*, vol. 6, no. 4, pp. 741–759, Dec. 2014, doi: 10.1007/s12559-014-9284-x.
- [11] 峯岸七海, 内村方哉, 大森隆司, 大澤正彦, 石井健太郎, “乗り移るエージェントとスマートスピーカーの親しみやすさの比較”, HAI シンポジウム, P-45, 2024.
- [12] 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, Dec. 2010, doi: 10.1007/s12369-010-0068-5.