

実店舗の集団インタラクションに向けた 出没自在エージェントの構築：集客と注視のトレードオフを 考慮した身体有無の動的切り替えシステム

Building a Mixed Reality Agent with Adaptive Embodiment: Implementing Dynamic Presence Switching to Address the Attention Trade-off

川島 遼介^{1*} 大澤 博隆¹
Ryosuke Kawashima¹, Hirotaka Osawa¹

¹ 慶應義塾大学

¹ Keio University

Abstract: 商品推薦を行うロボット等の身体ありエージェントは、高い集客効果を持つ反面、その身体が商品情報への視覚的注意を阻害するというトレードオフを抱えている。特に、不特定多数が行き交う実店舗環境では、家族連れなどの複数ユーザが同時にインタラクションを行う場面が多く、同行者の関心が維持できない行動の依存性による機会損失も課題となる。本研究では、これらの実空間特有の課題を検証するための基盤として、Mixed Reality エージェント「出没自在エージェント」を設計・実装した。構築したシステムは、3D プリンタで造形した物理的な昇降機構と Unity による映像制御を連携させ、インタラクションの文脈に合わせて身体有無を動的に切り替えることができ、ユーザの視覚的注意を適切にコントロールできる。今後は、出没自在エージェントによる身体有無の動的制御が、実店舗において複数ユーザの行動変容に与える影響を明らかにするためのフィールド実験を実施する。

1 序論

ショッピングモールなどの小売空間において、ロボットなどの身体ありエージェントを用いた販促システムは通行人の興味を惹きつけ、商品推薦や店舗への誘導を行うことで、人手不足の解消や新たな顧客体験の提供に寄与している [1, 2, 3, 4, 5]。反面、ユーザの視覚的注意が商品情報ではなくエージェントの身体に向き、商品情報の伝達を阻害してしまうリスクがある [6, 7, 8]。また、スマートスピーカのような身体なしエージェントのアプローチは、視覚的な妨害になる注視先が少なく、情報に集中しやすい利点がある。一方、身体がないことで騒がしい実店舗環境においては通行人に気づかれにくく、ユーザが立ち止まりにくいいため、インタラクションされにくいという欠点を持つ [9, 7]。したがって、エージェントの身体は、インタラクションの導入においては有効であるが、情報提示においては阻害要因となりうるという、トレードオフがある。

エージェントの身体によるトレードオフを踏まえ、ユーザの視覚的注意を効果的に誘導する手法として、身体有無を動的に切り替える複合現実 (Mixed Reality; MR) エージェントが期待されている。MR 技術を用いることで、物理空間に仮想的なエージェントを重ね合わせ、その可視性を動的に制御可能となる。MR エージェントは状況に合わせて存在感を動的に変化させることができ、ユーザの視覚的注意をエージェント自身や設計者が意図した対象物に向けさせやすくなることが期待できる。機能や環境に応じてエージェントの外見を変異させる Agent Chameleon[10] の概念が提唱されており、近年では身体の出現・消失演出がユーザがエージェントに感じる社会的実在感や親しみやすさを向上させることが報告されている [11, 12]。このように、インタラクションの文脈に応じて身体有無を切り替えることで、集客が必要な場面では身体ありの利点を、情報提示が必要な場面では身体なしの利点を、それぞれ適材適所で享受できる可能性がある。

一方、フィールドにてエージェントが複数のユーザとインタラクションする際、ユーザが同行者の行動によって情報提示が中断されてしまう問題がある。個々のユー

*連絡先：慶應義塾大学大学院 理工学研究科
〒223-0061 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1
E-mail: kwsm696@keio.jp



図 1: 出没自在エージェント：身体有無を動的に調整することでユーザの視覚的注意を効果的に誘導するエージェントデザインである。導入フェーズでは注意を喚起するために身体が出現し、商品推薦フェーズでは推薦情報への集中を高めるために身体を消失する。

ザの振る舞いや滞留時間が自分自身の関心のみで決まるのではなく、同行者の行動によって規定・影響される現象を行動の依存性と呼称する [13, 14, 15]. フィールドにおいてエージェントとインタラクションするユーザの多くは単独ではなく、家族や友人などの複数ユーザでインタラクションすることが多く [4, 16, 15], 行動の依存性が発生しやすい。複数ユーザが同時にエージェントとインタラクションする状況において、ユーザのインタラクション中に同行者が関心を失ってインタラクションを中断すると、他のユーザも中断してしまい、効果的な情報提示に繋がりにくくなると考えられる。

そこで本研究では、MR エージェント「出没自在エージェント (図 1)」を実装した。出没自在エージェントは、通行人の注意を惹く際は身体 (エージェントの外見) を出現させることで効果的に集客し、情報提示の際は身体を消失させることでユーザの視覚的注意が提示情報に向きやすくなる利点があり、インタラクションの文脈に最適な身体有無を動的に提供するエージェントデザインである。この手法は、単にユーザの商品への視覚的注意を高めるだけでなく、視覚的な妨害になりやすい身体を消失させることで、手持ち無沙汰な同行者の視線をユーザと同じ商品映像へと誘導し、同行者の状態を「ユーザのインタラクション終了を待つ状態」から「共にコンテンツを視聴する状態」へと移行させることで、その離脱をも防ぐことを意図している。

2 関連研究

エージェントの身体がユーザに与える利点はこれまで多くの研究されてきた。一方で、エージェントの身体がユーザにもたらす認知的コストはほとんど見落と

されてきた。本章ではまず、2.1 節にて、エージェントの身体有無によるトレードオフについて説明する。次に、2.2 節にて、エージェントの身体有無を動的に切り替えることで、ユーザの視覚的注意を効果的に誘導できる MR エージェントについて論じる。これらのエージェントと複数ユーザが同時にインタラクションする際、ユーザ間で行動の依存性が発生することが知られている [13, 14]. 行動の依存性によって発生する課題を 2.3 節にて述べる。

2.1 エージェントの身体がユーザの注意と記憶に及ぼす影響

2.1.1 身体ありエージェントの特徴

ロボットエージェントのように身体的外見のあるエージェント (以降、身体ありエージェント) は、身体的動作を通して多様なコミュニケーションを実現できる利点がある。多くの販売促進用ロボットエージェントは人型であり、人間と自然に会話しているように振る舞う [17, 18]. Watanabe ら [1] は、対話的販売によって高額衣類の販売促進に成功し、Okafuji ら [3] はロボットと人の協調対話で購買率を高めた。さらに、ジェスチャやダンスによって注目を集める効果も確認されている [2, 19, 8]. これらは、身体が商品推薦を促進する有効な要素であることを示している。

一方で、エージェントの身体が存在が視覚的注意を奪い、記憶定着を妨げ、情報理解を阻害する負の影響をもたらす可能性が報告されている [7, 20, 6]. Moore ら [7] は音声ユーザインターフェース (VUI) の具現化形態によってユーザの認知的パフォーマンス、注意散漫、社会的存在感にどのような影響を与えるかを評価した。実験では、モグラ叩きを元にしたタスク中の参

加者に VUI が話しかけ、タスクを妨害した。VUI の形態として、音声なし条件、音声のみ条件、物理的具現化条件 (スマートスピーカの外形)、社会的具現化条件 (ロボットの外形) の 4 つを用意した。この時の認知速度、作業記憶、視覚短期記憶、反応時間、注意散漫度、社会的存在感、好感度などが評価された。実験の結果、音声のみ条件と比較して、物理的および社会的具現化条件は、認知速度が有意に遅くなり、作業記憶の低下、注意散漫になると報告された。商品推薦では、商品への注視量や記憶が購買意欲に影響することが示されており [21, 22], 身体への過度な注意は販促効果を損なうおそれがある。

2.1.2 身体なしエージェントの特徴

過去の研究では、身体なしエージェントが、身体ありエージェントに比べて羞恥心や記憶の観点で有効に機能する場合があることが報告されている。本研究では、Siri¹ や Alexa² のように、視覚以外の感覚でプレゼンスを示すエージェントを身体なしエージェントと定義する。羞恥心の観点では、著者ら [16] は音声のみの身体なしエージェント、音エージェントを用いた商品推薦が、公共空間でより多くの通行者を立ち止まらせる可能性を示した。この要因として、音エージェントが日常的に耳にする音声広告と類似しており、ユーザが社会的評価懸念や羞恥心を感じにくかった可能性が指摘されている。しかし、これは仮説的説明にとどまり、定量的検証は行われていない。また、藤嶋ら [23] は、エージェントの身体的プレッシャーを軽減することで羞恥心や緊張、不安、ストレスを低減できる可能性を示しており、身体なしエージェントは心理的負担の軽減に寄与する可能性がある。記憶の観点では、Reinhardt ら [24] によると、身体ありエージェントの身体が視覚的注意を奪い、集中や記憶を阻害することを示した一方、身体なしエージェントは身体がないため、情報処理に集中しやすく、発話内容の記憶保持を促進する可能性がある。

一方、身体なしエージェントは、インタラクションの初期段階でユーザの視覚的注意を引きにくく、商品推薦の効果に悪影響を与える可能性がある。Kuratomo ら [9] によれば、公共空間における音声広告は周囲の雑音にかき消されやすく通行人に認知されにくい上、認知させるために音量を増大させると、関心のない通行人にとっては不快な騒音となる課題を指摘している。その結果、ネガティブな印象を与え、意図的な無視や回避行動につながる可能性がある。この課題は身体なしエージェントにも共通すると考えられる。実店舗など

のフィールド環境は、多くの人が入り乱れるため喧騒が前提となることが多く、身体なしエージェントが見逃されやすくなる可能性がある。

2.2 MR エージェントによる身体有無の切り替え

2.1 節で述べたエージェントの利点と認知的コストのトレードオフを踏まえ、ユーザの視覚的注意を効果的に誘導する手法として、身体有無を動的に切り替えられる MR エージェントが期待されている。穴吹 [25] は、MR 空間に置かれた擬人化エージェントを MR エージェントと定義した。MR とは、現実世界と仮想世界を融合し体験する技術 [26] であり、ユーザは MR 技術によって、現実と仮想の物体両方に対して主観的かつリアルタイムに対話操作が行える。先行研究では MR エージェントの身体有無や外見の動的な切り替えることによって、ユーザのエージェントに対する印象を向上させられることが示されてきた。Kum ら [11] は、エージェントが登場する際の物理的な整合性に着目し、ドアから歩いてくるような整合性の高い出現演出が、突然現れる演出と比較して高い社会的実感をもたらしことを示した。さらに、Ueda ら [12] は、エージェントが一時的に身体を消失させる際の効果的な消失演出について調査した。エージェントの身体を沈むように消失させることで、煙のように消える場合、フェードアウトするように消える場合と比較して、自然さ、親しみやすさ、顕著性の観点でユーザに好印象を抱きやすくなることを示した。以上のように、得られるメリットを最大化するためのエージェントの身体有無の切り替え方法は多く模索されてきた。

また、エージェントの身体有無の切り替え方法だけでなく、身体有無を切り替えること自体にもメリットがあると考えられる。Martin ら [10] は、移動が必要なときはロケットの形、対話が必要なときは人の形など、機能や環境に応じて MR エージェントが身体の外見を変異させる Agent Chameleon を提唱した。これにより、物理的制約下での動作安定性を確保しながら、状況に応じた適切な信頼感や親密さをユーザに抱かせることが可能となる。同様に、エージェントの外見変異に留まらず、身体有無を切り替えることで、2.1 節で述べた身体あり/なしエージェントのそれぞれのメリットを活かして、両者の認知的コストを軽減できる可能性がある。

¹Siri Official Site, <https://www.apple.com/jp/siri/>

²Amazon Alexa Official Site - Amazon Developer, <https://developer.amazon.com/en-US/alexa>

2.3 複数ユーザとのインタラクションにおける行動の依存性の問題

複数ユーザが同時にエージェントとインタラクションする際、行動の依存性を考慮する必要がある。行動の依存性とは、個々のユーザの振る舞いや滞留時間が自分自身の関心のみで決まるのではなく、同行者の行動によって規定・影響される現象を指す [13, 14]。Sakaguchiら [15] は、インタラクション中のユーザの行動カテゴリの中でも、周りをうろつく、ロボットを見ずに周囲を見渡す、インタラクションと無関係の行動の3つは他者に依存性のある行動であり、複数ユーザがインタラクションを行う時のみ観測されるとしている。先行研究 [4, 16, 15] によると、フィールド環境でエージェントとインタラクションするユーザの多くは家族や友人といった複数ユーザであることが多く、行動の依存性が発生しやすい。フィールド環境ではこの行動の依存性は、集客の観点では大きなメリットをもたらす。他者の存在がエンゲージメントを補正・維持する効果もあり、単独客よりも長い滞留時間を確保できる傾向がある [15]。例として、ユーザである子供がロボットに夢中になっている間、同行者である親は自身が製品に関心を持っていないくとも、子供が飽きるのを待つためにその場に滞留し続けるといった、親の受動的な滞留が頻繁に観察されている。また、システムとインタラクションしているユーザが、通行人をインタラクションの参加へと受動的に刺激するハニーポット効果 [27, 28] も行動の依存性的一种であると考えられる。天田ら [29] は、複数体のロボットエージェントおよびユーザの滞留によるハニーポット効果でより多くの通行人を立ちどめることに成功した。

一方、この行動の依存性による滞留は、情報提示の観点においてデメリットがある。親などの同行者は、子供を待つため等の社会的な理由で物理的にその場に拘束されているものの、必ずしも提示情報を受け取る心理的準備が整っているわけではない。このとき、身体ありエージェントが存在し続けると、手持ち無沙汰な同行者の視覚的注意は、本来伝えるべき商品情報ではなく、エージェントの身体に繋ぎ止められたまま停滞してしまう。結果として、エージェントの身体が提示情報の効果的な処理を妨げる視覚的ノイズとなり、集客によって得られた貴重な滞留時間を効果的な情報提示へと転換できないという課題が生じている [4, 29]。

以上のことから、エージェントのフィールドでの活用には、行動の依存性によって生じた滞留時間を、いかにして効果的な情報提示へと結びつけるかという課題がある。これまでのエージェントの多くは身体の有無が固定されているため、この依存性の功罪を動的に制御する術を持たなかった。

3 設計と実装

本章では、2章で論じた行動の依存性によって生じた滞留時間を情報受容に結びつけるための解決策として開発した、出没自在エージェントの設計と実装について説明する。出没自在エージェントは、身体の出現と消失を制御することで、身体ありエージェントによる集客メリットを維持しつつ、情報の推薦時には視覚的ノイズを排除してグループ全体の注意を商品へと向けさせるMRエージェントである(図1)。まず、3.1節にて、実店舗でのエージェントによる商品推薦シーンを例に、出没自在エージェントの設計概念を説明する。次に、3.2節にて、システムの具体的な実装方法について説明する。

3.1 設計概念

実店舗における商品推薦インタラクションは、単一のプロセスではなく、時間的な流れを持つ複数のフェーズから構成される。本研究では、ユーザの認知状態とタスクの目的に基づき、一連の流れを導入フェーズ、商品推薦フェーズ、対話フェーズの3つのフェーズに定義し、各フェーズに求められる身体の要件を導出した。まず、導入フェーズでは、通行人の視覚的注意を喚起し、足を止めさせ、エージェントとのインタラクションを開始させることが目的である。先行研究 [2, 19, 8] が示す通り、騒がしい店舗環境において、ユーザの視覚的注意を引きつけるためには、物理的な存在感や社会的シグナルが効果的に働くため、導入フェーズでは身体を出現させることが有効であると考えられる。

次の商品推薦フェーズは、エージェントが商品の詳細情報をユーザに一方的に伝え、ユーザが商品に対する理解と興味を深めることが目的である。このフェーズでは、ユーザの視覚的注意をエージェント自身ではなく商品情報や実物の商品に集中させる必要がある。この時、身体が存在は視覚的ノイズとなり、注意散漫を引き起こすリスクがあるが、視覚的な身体を排除することで情報への集中と記憶を促進することができる [6, 7]。したがって、商品推薦フェーズでは身体を消失させ、音声と視覚情報のみで提示を行うことが有効であると考えられる。

最後に、対話フェーズは、ユーザとエージェントが対話を行い、ユーザからの質問への回答、感想の聴取を行うことが目的である。双方向のコミュニケーションを行うため、対話相手としての身体が効果的である。エージェントの身体がない状態での対話は、独り言のような不自然さを生み、ユーザに不安や違和感を与えるリスクがあるためである [30, 31]。したがって、このフェーズでは身体を再度出現させ、対話相手としての社会的プレゼンスを再確立する [31]。

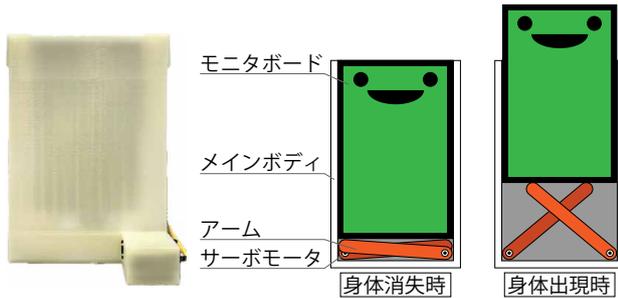


図 2: 物理身体駆動サブシステム (左: 外観, 中: 身体消失時の内部機構, 右: 身体出現時内部機構)

本研究ではこれらの3つのフェーズをインタラクショ
ンフェーズと呼称する。エージェント技術を活用した商
品推薦研究の多くはインタラクショフェーズを組み合
わせ、エージェントのインタラクショを構成している
と考えられる。例を挙げると、Tonkin ら, [19], Okafuji
ら [3] は、導入フェーズ、商品推薦フェーズ、対話フェ
ーズの順で構成しており、Aaltonen ら [2] Watanabe ら [1]
は、導入フェーズ、対話フェーズ、商品推薦フェーズ
の順でインタラクショを構成している。

以上を踏まえ、出没自在エージェントは各インタラク
ションフェーズにて以下のような流れで動作する。まず
導入フェーズでは、身体を出現させた状態であり、エ
ージェントの存在感によってユーザの興味や視覚的注意
といったユーザエンゲージメントを向上させる。続く
商品推薦フェーズでは、身体を消失させ、その上でエ
ージェントが商品推薦を行う。これにより、商品推薦時
に身体を消失させることで、ユーザの注意は商品のみ
に集中し、視覚的な注意散漫や認知負荷を軽減し、エ
ージェントの説明をより効果的に記憶するのに役立つ
可能性がある。最後に、対話フェーズでは、身体を再
度出現させる。エージェントの身体を再度出現させる
ことで、視覚的に明確なインタラクショ相手をユーザ
に提供し、公共の場での社会的評価に関する羞恥心や
不安を軽減することができる。以上のことから、イン
タラクショフェーズに応じて動的に身体有無を切り
替えられる出没自在エージェントは、身体有無が動的
に変化しない既存手法に比べて、より効果的なインタ
ラクショを実現できる。

3.2 実装

このコンセプトを実現するため、物理的な実在感と
仮想的な視覚情報を動的に制御可能な商品推薦シス
テムを構築した。本システムは、タブレットによる情報
提示と、物理的なエージェントの身体有無切り替え
を同期させることで、ユーザの注視先を効果的に切り
替えることができる。具体的には、商品選択時にはエ

ージェントが実空間に出没してインタラクショし、情
報提示中には姿を消すといった動的な身体制御を導入
した。

なお、本研究における実店舗での検証においては、対
話フェーズを除外し、導入フェーズから商品推薦フェ
ーズまでのインタラクショに実装範囲を限定する。この
判断には、以下の2つの学術的・実践的な理由がある。
第一に、本研究の核心的な問いが身体有無の動的制御
による注意誘導効果の検証にあるためである。Moore
ら [7] が指摘するように、エージェントの身体による阻
害効果が最も顕著に現れるのは、ユーザが視覚的な情
報を処理しようとする商品推薦フェーズの場面である。
したがって、まずは導入フェーズと商品推薦フェーズ
において、身体を消失させることがユーザの行動にど
のような影響を与えるかを単離して評価することが、提
案手法の有効性を実証する上で最優先事項となる。

第二に、実店舗環境における実験統制の確保である。
公共空間における音声対話は、周囲の雑音や、ユーザ
の機械に話しかけることへの心理的抵抗など、身体有
無とは無関係な外乱要因の影響を強く受ける可能性が
ある。これらの要因が混在する状況では、純粋な身体
有無の効果測定することが困難となる。以上の理由
から、本実験では音声認識を伴う双方向の対話フェ
ーズを除外し、身体による集客と消失による視覚的注
意の誘導効果の検証に焦点を絞ったインタラクショデ
ザインを採用した。

3.2.1 システム構成

本システムは、統合制御サーバを中核とし、以下の
3つのサブシステムが連携して動作する分散型アーキ
テクチャを採用している。

- 統合制御サーバ: Node.js 環境下で動作し、シス
テム全体の状態遷移とメッセージルーティングを
担う。各サブシステムとは WebSocket およびシ
リアル通信を介して接続され、低遅延での同期制
御を実現している。
- 商品提示・入力サブシステム: 顧客との接点と
なるインタフェースであり、タブレット端末上の
Web ブラウザにて動作する。HTML5/CSS3 およ
び JavaScript を用いて実装され、商品情報の提
示、タップ操作の検出、および商品説明動画の再
生を行う。操作端末として、iPad Air M3(11 イ
ンチ)³、Apple Pencil Pro⁴を使用した。

³iPad Air Official Site, <https://www.apple.com/jp/ipad-air/>

⁴Apple Pencil Pro Official Site, <https://www.apple.com/jp/apple-pencil/>

- エージェント表示サブシステム： エージェントの視覚的表現および音声出力を担当し、Unity 上で動作する。
- 物理身体駆動サブシステム： 物理的な実在感を制御する機構である (図 2)。Arduino とサーボモータにより構成され、サーバからのシリアル信号に基づき、物理的身体の提示状態 (出現/消失) を物理的に切り替える。

また、物理身体駆動サブシステムにおける物理的な身体有無の切り替えを実現するため、著者らはモニター自体を物理的に昇降させる機構を開発した。図 2 に物理身体駆動サブシステム外観と内部構造を示す。本機構は、サーボモータ、3D プリント製のメインボディ、モニターボード、およびアームによって構成されている。メインボディは、システムの外殻を成す高さのある扁平な直方体の筐体であり、その上面にはエージェントが出没するための開口部が設けられている。この筐体は、身体消失時においてエージェントを物理的に隠蔽し、視覚的なノイズを排除する役割を果たす。メインボディ内部底部両端には、2 基のサーボモータと、各モータ軸に接続されたアームが設置されている。モニターボードは、片面にエージェント表示用モニター (7 インチ) がマウントされた板状のモジュールであり、メインボディ内部に装填されている。

メインボディ内部底部の 2 基のサーボモータが同期して回転し、アームがモニターボードの底面を物理的に押し上げることで、ユニットが上部の開口部から露出し、エージェントが実空間に出現する (図 2 右)。逆に、2 基のサーボモータおよびアームが元の位置へ回転すると、モニターボードは自重により筐体内部へと引き戻され、エージェントは格納される (図 2 中央)。この押し上げ機構により、1 秒かけて身体有無の切り替えができる。

エージェントの視聴覚的特徴は、身体出現/消失の状態間で一貫性を保ちつつ、ユーザに違和感を与えないよう設計された。視覚的には、エージェントはモニターボードに出力され、2D の目と口で構成される。自然さを表現するため、目は 3 から 5 秒間に一度ランダムな間隔で瞬きを行い、口は再生される音声の音量に合わせてリアルタイムにリップシンクを行う。聴覚的には、エージェントの発話音声は予め text-to-speech software: Coefont⁵にて作成された。音声プロファイルは、商業施設でのサービスロボットをイメージしたニュートラルなトーンの「Shop Robot」を選択した。著者らの主観的な印象に基づく、声は性別に関係なく知覚され、声の特徴に関連する潜在的なバイアスを最小限に抑えることができた。オーディオパラメータは、ボリューム 100%、ピッチ-50%、スピード x1.00 に設定した。音

⁵Voiced by <https://CoeFont.cloud>

声はタブレット下部に設置された土台内のスピーカより出力される。

4 おわりに

本研究では、実店舗等のフィールド環境において、集団特有の行動の依存性によって生じる滞留時間を、いかにして有効な情報受容へと結びつけるかという課題に取り組んだ。従来のエージェントは身体の有無が固定されており、集客には有利であるものの、情報提示時には視覚的注意がエージェントの身体に向いてしまい、特に同行者の注意を商品からそらしてしまうという問題があった。そこで著者らは、MR 技術を用いて身体の出現と消失を動的に制御し、集客が必要な場面と情報提示が必要な場面で身体の役割を切り替える「出没自在エージェント」を実装した。今後は、実店舗におけるフィールド実験を通して複数ユーザの行動に与える影響を検証する。本実験では、出没自在エージェントが、従来の静的な身体表出である身体あり/なし条件と比較して、より効果的なインタラクションを実現できるかを定量的に評価する。

謝辞

本研究は石井・石橋基金 (ものづくり)、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2123、JST ムーンショット型研究開発事業 (基金) の助成の一部を受け実施された。

参考文献

- [1] Watanabe, M., Ogawa, K. and Ishiguro, H.: Can androids be salespeople in the real world?, *Proceedings of the 33rd annual ACM conference extended abstracts on human factors in computing systems*, New York, NY, USA, ACM, pp. 781–788 (2015).
- [2] Aaltonen, I., Arvola, A., Heikkilä, P. and Lammi, H.: Hello Pepper, may I tickle you? Children’s and adults’ responses to an entertainment robot at a shopping mall, *Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 53–54 (2017).

- [3] Okafuji, Y., Song, S., Baba, J., Yoshikawa, Y. and Ishiguro, H.: Influence of collaborative customer service by service robots and clerks in bakery stores, *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 10, p. 1125308 (2023).
- [4] Iwamoto, T., Baba, J., Nakanishi, J., Hyodo, K., Yoshikawa, Y. and Ishiguro, H.: Playful recommendation: sales promotion that robots stimulate pleasant feelings instead of product explanation, *IEEE robotics and automation letters*, Vol. 7, No. 4, pp. 11815–11822 (2022).
- [5] Nakanishi, J., Kuramoto, I., Baba, J., Kohei, O., Yoshikawa, Y. and Ishiguro, H.: Can a humanoid robot engage in heartwarming interaction service at a hotel?, *Proceedings of the 6th international conference on human-agent interaction*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 45–53 (2018).
- [6] Osawa, H., Ohmura, R. and Imai, M.: Embodiment of an Agent by Anthropomorphization of a Common Object, *2008 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, Vol. 2, IEEE, pp. 484–490 (2008).
- [7] Moore, B. A. and Urakami, J.: The impact of the physical and social embodiment of voice user interfaces on user distraction, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 161, p. 102784 (2022).
- [8] Iwamoto, T., Baba, J., Nishi, K., Unokuchi, T., Endo, D., Nakanishi, J., Yoshikawa, Y. and Ishiguro, H.: The Effectiveness of Self-Recommendng Agents in Advancing Purchase Behavior Steps in Retail Marketing, *Proceedings of the 9th International Conference on Human-Agent Interaction*, New York, NY, USA, ACM, pp. 209–217 (2021).
- [9] Kuratomo, N., Miyakawa, H., Ebihara, T., Wakatsuki, N., Mizutani, K. and Zempo, K.: Attracting effect of pinpoint auditory glimpse on digital signage, *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 42779–42794 (2023).
- [10] Martin, A., Duffy, B., O’Hare, G., Schoen-Phelan, B. and Bradley, J.: Empowering agents within virtual environments (2004).
- [11] Kum, J., Kim, S. and Lee, M.: Entering Your Space: How Agent Entrance Styles Shape Social Presence in AR, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (2025).
- [12] Ueda, M., Ishii, Yutaka, M. T. and Egi, H.: Disappearing to Facilitate: Designing a Temporarily Absent Agent in Group Discussions, *Proceedings of the 13th International Conference on Human Agent Interaction*, HAI ’25, ACM (2025).
- [13] Leite, I., McCoy, M., Ullman, D., Salomons, N. and Scassellati, B.: Comparing models of disengagement in individual and group interactions, *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 99–105 (2015).
- [14] Salam, H. and Chetouani, M.: Engagement detection based on mutli-party cues for human robot interaction, *2015 international conference on affective computing and intelligent interaction (ACII)*, IEEE, pp. 341–347 (2015).
- [15] Sakaguchi, T., Okafuji, Y., Matsumura, K., Baba, J. and Nakanishi, J.: An estimation framework for passerby engagement interacting with social robots, *arXiv preprint arXiv:2206.02394* (2022).
- [16] Kawashima, R., Todome, S., Okuoka, K., Iwamoto, T., Baba, J., Endo, D. and Osawa, M.: Influence of Agent Embodiment on Interaction in Product Recommendation, *25th International Symposium on Advanced Intelligent Systems* (2023).
- [17] Kanda, T., Ishiguro, H., Ono, T., Imai, M. and Nakatsu, R.: Development and evaluation of an interactive humanoid robot” Robovie”, *Proceedings 2002 IEEE international conference on robotics and automation (Cat. No. 02CH37292)*, Vol. 2, IEEE, pp. 1848–1855 (2002).
- [18] Ishiguro, H.: Transmitting human presence through portable teleoperated androids: a minimal design approach, *Human-Harmonized Information Technology, Volume 1: Vertical Impact*, Vol. 1, pp. 29–56 (2016).
- [19] Tonkin, M., Vitale, J., Ojha, S., Williams, M.-A., Fuller, P., Judge, W. and Wang, X.: Would you like to sample? Robot engagement in a shopping centre, *2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, IEEE, pp. 42–49 (2017).

- [20] Potter, M. C. and Levy, E. I.: Recognition memory for a rapid sequence of pictures, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 81, American Psychological Association, p. 10–15 (1969).
- [21] Zhang, J., Wedel, M. and Pieters, R.: Sales effects of attention to feature advertisements: A Bayesian mediation analysis, *Journal of marketing research*, Vol. 46, No. 5, pp. 669–681 (2009).
- [22] Peschel, A. O., Orquin, J. L. and Loose, S. M.: Increasing consumers’ attention capture and food choice through bottom-up effects, *Appetite*, Vol. 132, pp. 1–7 (2019).
- [23] 藤嶋大樹, 片上大輔 デジタルサイネージの擬人化エージェントによる身体性社交不安蓄積効果の軽減手法の提案, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 23, No. 4, pp. 489–500 (2021).
- [24] Reinhardt, J., Hillen, L. and Wolf, K.: Embedding conversational agents into ar: Invisible or with a realistic human body?, *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 299–310 (2020).
- [25] 穴吹まほろ 複合現実空間に存在する擬人化エージェントの実現, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 7, pp. 1957–1966 (2001).
- [26] 田村秀行, 大田友一 複合現実感, 映像情報メディア学会誌, Vol. 52, No. 3, pp. 266–272 (1998).
- [27] Zajonc, R. B.: Social Facilitation: A solution is suggested for an old unresolved social psychological problem., *Science*, Vol. 149, No. 3681, pp. 269–274 (1965).
- [28] Wouters, N., Downs, J., Harrop, M., Cox, T., Oliveira, E., Webber, S., Vetere, F. and Vande Moere, A.: Uncovering the honeypot effect: How audiences engage with public interactive systems, *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems*, pp. 5–16 (2016).
- [29] 天田穰一郎, 岡藤勇希, 松村耕平, 馬場惇, 中西惇也 複数ロボットを用いた疑似的な人だかりによる通行人への集客効果の検証, HAI シンポジウム (2022).
- [30] Moorthy, A. and Vu, K.-P.: Privacy Concerns for Use of Voice Activated Personal Assistant in the Public Space, *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 31, No. 4, pp. 307–335 (2015).
- [31] Tsukamoto, K., Nakajima, T. and Gushima, K.: Investigating a Method to Reduce Japanese People’s Embarrassment in Using Voice Inputs, *2021 IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech)*, IEEE, pp. 166–170 (2021).