

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

Investigating the Effect of Attracting Passersby with Pseudo Crowds Using Multiple Robots

天田 穰一朗^{1*} 岡藤 勇希¹ 松村 耕平¹
Joichiro Amada¹ Yuki Okafuji¹ Kohei Matsumura¹
馬場 惇^{2,3} 中西 惇也³
Jun Baba^{2,3} Junya Nakanishi³

¹ 立命館大学

¹ Ritsumeikan University

² 株式会社サイバーエージェント

² CyberAgent, Inc.

³ 大阪大学

³ Osaka University

Abstract: 接客ロボットはポスターやサイネージに代わる広告媒体として期待されている。広告を行うためには通行人を多く呼び止め、広告機会を多く得ることが重要である。先行研究では一人ずつに呼びかけており、広告として非効率な側面があった。そこで本論文は、複数のロボットで疑似的な人だかりを作ることで、多くの通行人を立ち止め、広告機会を増やす手法を提案する。実店舗にて提案手法による集客効果を検証した。その結果、ロボット数を増やすと通行人をより立ち止め、観客役ロボットが滞留時間を延ばした。

1 はじめに

少子高齢化の進行により、日本の総人口は2008年の約1億2800万人をピークに減少に転じており、2050年には9000万人になると予想されている。生産年齢人口についても1995年の約8700万人をピークに減少に転じており、現状のまま進行すると経済に大きな影響を及ぼすことが予想される[1]。こうした近年の高齢化社会に対処すべく、ロボットは人間と協働するパートナーとして期待されつつあり、公共の場でサービスを提供するロボットの研究が活発に行われている。特に、公共の場で広告を行うロボット（以下、広告ロボット）はタブレットなどの従来の広告システムよりも関心を引き寄せ、消費を生み出すことが知られており[2]、広告の手段として注目されている。商業施設における広告ロボットの検証実験は多数行われ、店舗の情報提供とルート案内を行うロボット[3]、通行人にチラシを配布するロボット[4]、通行人に店舗の情報提供とクーポンを配布するロボット[5]などの開発が行われている。

広告ロボットが広告としての役割を十分に果たすためには、出来るだけ多くの通行人を立ち止め、出来るだけ多くの人に情報提供を行うことが必要であると考えられる。先行研究では、通行人を多く立ち止めることを目的に検証実験が行われている[2, 5]。[2]では、店頭に置かれたロボットやタブレットが通行人に呼びかけ、どれだけ立ち止めたり店内に誘導したりできるかを検証した。[5]では、ロボットが様々な呼びかけを行って通行人を立ち止め、どれだけ通行人に対してロボットが情報提供をできるかを検証した。しかし、これらの研究では通行人1人もしくは1グループに対して呼びかけて立ち止まらせ、インタラクションをとっており、一日に述べ数千人から数万人が通行するような商業施設においては広告機会の損失が多い。ロボットが行う広告の効果を効率よく得るためには、複数の通行人（または、グループ）に対応することで広告機会の損失を防ぐ広告方法が重要だと考えられる。

複数の通行人（または、グループ）に対して対応する方法として、複数のロボットをインタラクション同士が干渉しないように距離を離して配置する方法がまず挙げられる。しかし、そのようなシステムを実現

*連絡先：立命館大学大学院情報理工学研究所
滋賀県草津市野路東 1-1-1
E-mail:is0392ff@ed.ritsumei.ac.jp

するためには広いスペースが必要であり、広告として実現できる場面が限られてしまう。したがって、一つの限られたスペースで複数の通行人（または、グループ）に対応できる手法が求められる。

通行人を立ち止める別のアプローチとして、人だかりの効果を用いる方法が考えられる。公共の場において人々がロボットなどとインタラクションを取っているとき、周囲の人々もインタラクションを取ろうとすることが知られている。この効果は一般的に *Honeypot Effect* と呼ばれている [6, 7, 8]。また、通行人が人だかりを見たときに、足を止めて群衆と同じ行動を取ることが知られている [9]。広告ロボットを開発する上でも、広告ロボットの周囲に人だかりを形成すればロボットが直接呼びかけなくても立ち止めることができるため、ロボットが行う広告の効果を効率よく得るために有効であると考えている。一度人だかりを形成することができれば、その後は人だかりによって通行人が立ち止まり、立ち止まった通行人によって人だかりを維持し、維持された人だかりの効果で通行人が立ち止まり、と繰り返すことで効率のよい広告ロボットが実現できるはずである。そのため、最初の人だかりを形成させることが重要である。ここで、ヒューマノイドロボットのような人らしい見た目をしたロボットは人同士の間で見られる相互効果が人-ロボット間でも期待されるため [10]、ロボットで擬似的な人だかりを形成し、最初の人だかりとすることで通行人を立ち止めることに役立つ可能性がある。また、この方法は一つの限られたスペースで実現可能である。しかしながら、実際に同様の効果がロボットで形成した擬似的な人だかりで得られるかは不明である。

そこで、擬似的な人だかりを多数のロボットで作ることによって、より効率的に通行人を立ち止めさせる手法を提案する。この手法により、通行人をより多く立ち止めると同時に情報提供を行うことで、効率よく広告を行うことが期待される。さらに、擬似的な人だかりによって通行人が立ち止まり、さらに大きな人だかりを形成すれば立ち止まる効果が高まることが期待される。本研究では提案手法の有効性を確かめるために、複数のロボットを用いた擬似的な人だかりが通行人にどのような影響するのか検証することを目的とする。そのために、複数のロボットで広告を行うシステムを開発した。実際に商業施設にロボットを設置し、ロボットの呼びかけによって通行人の行動がどの程度変化するかを計測することで、ロボットで形成される擬似的な人だかりによる集客効果を検証した。特に、ロボットの数と観客の振る舞いをするロボットの有無に注目し、それぞれが擬似的な人だかりを形成する際にどのように集客効果に影響するか検証した。



図 1: 提案するロボットシステム

2 擬似的な人だかりを形成するロボットシステム

この章では、複数のロボットを用いた擬似的な人だかりの形成手法について述べる。擬似的な人だかりを形成する上で、複数のロボットが人だかりとして認識される必要がある。先行研究では、複数のロボットが集団として認識されるためには3体以上必要な可能性があるとしてされている [11]。そのため、人だかりとして認識されるためにも、3体以上のロボットを用いる必要があると考える。また、人だかりは何かを見ようとして集まった集団であるから、観客が必ず存在している。そのため、複数のロボットが人だかりとして認識されるためには、観客の振る舞いをするロボット（以下、観客役ロボット）が必要であると考えられる。以上より、本研究では擬似的な人だかりを形成するためには十分な数のロボットと観客役ロボットが必要であり、二点が満たされるロボットシステムを形成すれば、1章で述べた効率の良い広告ロボットが実現できるはずである。そこで、本研究では十分な数のロボットと観客役ロボットを含むシステムを提案する。

本研究では、広告手法として商業施設においてディスプレイに流している広告動画に話し手役ロボットが補足説明する状況を想定する。通行人をディスプレイの前により立ち止め、より長く滞留させ、ディスプレイに流した広告動画を理解させることが目的である。

2.1 構成

本研究で用いるロボットシステムは、机の中央に置かれたディスプレイに流れる動画を補助する話し手役のロボット、話し手や動画に対してリアクションを行う観客役ロボット、通行人の位置を検知するセンサーで構成される。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。ロボットは図 1 のように机に置かれたディスプレイを中心に取り囲んで配置する。ロボットは 8 体用いられ、うち、1 体はオレンジ色の見た目で話し手役のロボットであり、それ以外は紺色の見た目をした観客役ロボットである。

2.2 話し手役ロボット

話し手役ロボットはディスプレイに向かって背を向けるように配置される。滞留している通行人の有無にかかわらず、基本的にロボットはディスプレイに流れる動画の補足情報を話す。その上で、通行人が新たに立ち止まった際は、観客役ロボットが滞留するように指示した後、「こちらで説明しているよ！こっちに注目してね！」と動画に通行人の注目を集める。

2.3 観客役ロボット

観客役ロボットはディスプレイに向かって正対するように配置される。基本的に、ロボットはディスプレイに流れる話し手役や動画に対してランダムに反応し続ける。通行人がロボットの前に立ち止まった際、通行人に近い観客役ロボットは「ここあいているよ！動画見ていこうよ」など、滞留するように指示する。なお、短時間で繰り返し反応するのを防ぐため、一度通行人に対応したロボットは通行人が離脱するまでこの対応を行わない。また、ロボットの呼びかけがより聞こえるように、呼びかけるロボット以外の観客役ロボットや、話し手役のロボットの音声や動作は中断される。通行人が 15 秒ほど滞留し続けた際、通行人に近い観客役ロボットは「このまま見ていこうよ」など滞留し続けるように呼びかける。この時も、ロボットの呼びかけがより聞こえるように、呼びかけるロボット以外の観客役ロボットの音声や動作は中断されるが、インタラクションが途切れて離脱するのを防ぐために話し手役の音声や動作は中断しない。

2.4 センサ

机の後ろに RGB-D カメラ (ZED 2 Stereo Camera) を 1 台設置し、通行人の位置を取得する。センサの視野 (水平方向 × 垂直方向) は $110^{\circ} \times 70^{\circ}$ であり、深度センサの最大範囲は 20m である。また、ロボットから見た通行人の位置を検出するために、人体骨格検出ライブラリである OpenPose [12] を使用する。画像中の通行人の顔位置は、2 次元カラー画像で推定する。次に、得られた 2 次元画像中の位置に対応する点群の座標から、通行人の顔の 3 次元位置を求める。一連の処理によって、通行人の 3 次元位置を取得できるため、通

行人がロボットの前にいるかどうかを判定できる。通行人がロボットの前にいると判定されれば、観客役ロボットが立ち止まるように指示したり、話し手役ロボットが動画に注目を集めたり、予め設定された動作を自動的に行う。この一連の処理は、1 秒間に 10 回程度実行される。

3 実験概要

本実験は、ロボットの数と観客の振る舞いをするロボットの有無に注目し、それぞれが通行人の立ち止まる割合や滞留時間へどのように影響するか検証することを目的とした。これを確認するために、机の中央に置かれたディスプレイに大学の広報動画を流し、動画を見てもらうことを目的として、2 章で開発したロボットシステムを置いた。実験はイオンモール草津内のスペースにて 2021 年 10 月に 4 日間行った。実験中、後日解析するためにロボットと通行人がインタラクションをする様子を録画した。なお、本実験は立命館大学人を対象とする医学系研究倫理委員会の承認を受けて実施した (承認番号: BKC-人医-2020-027-2)。

3.1 条件

2 章で述べたように、十分な数のロボットと観客役ロボットの存在が通行人の立ち止まる割合や滞留時間へ影響し、効率の良い広告を実現するために役立つ可能性がある。そこで、ロボットの数と観客役ロボットの有無の影響をそれぞれ調べるために、それぞれ水準を 2 つずつ用意し計 4 条件 (2 要因 × 2 水準) を行った。まず、観客役ロボットの有無の影響を調べるために、ロボット全員話し手役の条件 (S 条件; Speakers) と一体だけが話し手役の条件 (SA 条件; Speaker and Audience) を行った。なお、全員話し手役の条件の場合、通行人が新たに立ち止まった時に動画に注目を集める動作はオレンジ色のロボットしか行わない。また、ロボットの数の影響を調べるために、ロボットの数を 2 体だけ用いる条件と 8 体用いる条件を行った。なお、いずれも 1 体はオレンジ色の見た目をしたロボットを用い、それ以外は紺色の見た目をしたロボットである。以下、全員話し手で 2 体の条件を S-2 条件のように (観客役ロボットの有無)-(ロボットの数) のように記す。提案手法は SA-8 条件にあたる。提案手法以外のロボット配置をそれぞれ図 2 に示す。各条件はそれぞれ 2021 年 10 月の休日の 1 日が割り当てられ、10:00-16:00 の 6 時間行われた。日程の順序によっては新規性効果 [13] や単純接触効果 [14] などの効果を受けることが考えられるが、実験を行った環境は郊外型の商業施設であり、同



(a) S-2 条件

(b) S-8 条件

(c) SA-2 条件

図 2: 提案手法以外の条件とロボットの配置

表 1: アンケートの質問項目

質問番号	質問内容
Q1	ロボットに近づく前、ロボットは目立っていましたか？
Q2	ロボットに近づく前、ロボットの話聞くことで楽しめそうでしたか？
Q3	近寄りたさなど、プレッシャーはありそうでしたか？
Q4	ロボットの話聞いている間、楽しかったですか？
Q5	ロボットの話聞いている間、恥ずかしさがありましたか？
Q6	ロボットの話聞いている間、プレッシャーはありましたか？
Q7a	流れていた動画は見ましたか？
Q7b	流れていた動画の内容は理解できましたか？

じ通行人が異なる条件に触れることは非常にまれであり順序による効果はないと仮定した。

3.2 評価

録画した映像から、ロボットの前を通過した通行人の数をカウントした。その後、ロボットの前に止まった人を「立ち止まり」とラベリングし、ロボットの前から離脱するまでの時間を「滞留時間」として記録した。これらのラベリングは3人の記録者によって行われ、記録者の一人は著者で、もう二人はアルバイトとして雇用された本研究とは無関係の人であった。各記録者の判断に使用される基準は、記録前に協議して取り決めて統一された。すべてのデータの10%が重複するように、残りのを3人の記録者で分担するようにラベリングを行った。重複するデータの分析は一致率が算出され、高い一致率(.857)であった。

評価には「立ち止まり率」と「平均滞留時間」を用いた。「立ち止まり率」は総通行人数に対する立ち止まりとラベリングされた人数の割合である。「平均滞留時間」は立ち止まりとラベリングされた通行人一人当たりの滞留時間である。また、本実験においても Honeypot

Effect が起きているか確認するため、通行人が通過する前に、すでに立ち止まっている人がいるかどうかでデータを分けた。以下、すでに立ち止まっている人を利用者と呼ぶ。利用者がある場合とない場合で立ち止まり率を比較し、Honeypot Effect が起きているか確認した。

また、実験中、立ち止まった通行人に対して離脱した後にアンケートを行った。アンケートはどの条件も30人回答した。アンケートの質問は表1に示す。Q1-3は立ち止まりに、Q4-6は滞留時間に、Q7は広告効果に関わる質問であった。アンケートの回答には1-5の5段階の Likert scale を用い、5が「非常に感じた/よくあてはまる」、1が「全く感じなかった/全く当てはまらない」とした。ただし、Q7aは「はい」もしくは「いいえ」の二値を取り、Q7aが「はい」だったときのみQ7bを回答した。

3.3 仮説

3.3.1 ロボットの数の影響

先行研究では、複数のロボットを用いた場合に、1体のロボットを用いた場合より通行人の注目を集め、立

表 2: 条件別総通行人数と立ち止まり人数（カッコ内は立ち止まり率）

条件	利用者なし		利用者あり		総数	
	通行人数	立ち止まり人数	通行人数	立ち止まり人数	通行人数	立ち止まり人数
S-2	2911	334 (11.47%)	1287	138 (10.72%)	4198	472 (11.24%)
S-8	2967	578 (19.48%)	3449	535 (15.51%)	6416	1113 (17.35%)
SA-2	3002	302 (10.06%)	1184	102 (8.61%)	4186	404 (9.65%)
SA-8	2398	536 (22.35%)	4262	707 (16.59%)	6660	1243 (18.66%)

ち止まり率が向上したことが報告されている [15]。ロボットの数が多ければより注目を集め、通行人を立ち止めやすくなることが予想された。したがって、ロボットの数の影響として以下の仮説を立てた。

仮説 1: ロボットの数を増やすことは通行人を立ち止めるために有効である。

2 体を用いる条件より 8 体を用いる条件のほうが、立ち止まり率が高くなれば仮説 1 が正しいといえる。

3.3.2 観客役ロボットの影響

先行研究では、通行人と直接インタラクションを行うよりもロボット同士が会話をを行った方が、ロボットが話す内容に立ち止まった通行人が興味を持つことがわかっている [15]。ロボットが話している内容に興味を持つことで、滞留時間が延びることが予想された。本実験では、観客役ロボットがいる場合にのみロボット同士が会話を行う格好になる。したがって、観客役ロボットの影響として以下の仮説を立てた。

仮説 2: 観客役ロボットがいることは滞留時間を延ばすことに有効である。

観客役ロボットがいない場合よりいる場合のほうが、平均滞留時間が増加すれば仮説 2 が正しいといえる。

3.3.3 利用者の影響

先行研究では、既にロボットなどとインタラクションをしている人を見ると、通行人もインタラクションを開始しようとする事が知られている [6, 7, 8]。本実験では 3.2 節で述べた利用者がある場合 Honeypot Effect を起こすことが予想された。したがって、利用者の影響として以下の仮説を立てた。

仮説 3: 利用者がない場合より、いる場合のほうが通行人をより立ち止める。

本実験においては、利用者がある場合の立ち止まり率が、利用者がない場合の立ち止まり率より高ければ仮説 3 が正しいといえる。

4 結果

ラベリングされた人数の結果を表 2 に示す。また、ロボットの数による平均立ち止まり率、観客役ロボットの有無による平均立ち止まり率、利用者の有無による平均立ち止まり率をそれぞれ図 3-5 に示す。図 3 より、2 体条件と比較すると 8 体条件は 10.45% から 18.02% に約 2 倍向上しており、図 6 に示すようにロボットが 8 体いる場合は通行人を多く立ち止めていることが確認された。また、図 4 より、観客役ロボットが居る場合はいない場合に比べて、平均立ち止まり率が 0.16 ポイント上昇した。また、図 5 より、利用者がある場合はいない場合と比べて、平均立ち止まり率が 0.96 ポイント下がった。

ロボットの数による平均立ち止まり率、観客役ロボットの有無による平均立ち止まり率、利用者の有無による平均立ち止まり率をカイ二乗検定を用いて比較した。なお、カイ二乗検定の効果量として Cramer の V を用いた。ロボットの数による平均立ち止まり率を比較したところ、ロボットの数が増えることで有意に平均立ち止まり率が向上した ($\chi^2(df = 1) = 228.8, p < .001, V = .103$)。一方で、観客役ロボットの有無によって平均立ち止まり率に有意な差は認められなかった ($\chi^2(df = 1) = 0.267, p = .606, V = .004$)。また、利用者の有無による平均立ち止まり率を比較したところ、利用者があることで有意に平均立ち止まり率が低くなった ($\chi^2(df = 1) = 493.2, p < .001, V = .152$)。

次に、ロボットの数による平均滞留時間、観客役ロボットの有無による平均滞留時間を図 7 に示す。平均滞留時間は S-8 条件が最も短く、SA-8 条件が最も長くなった。また、平均滞留時間を分散分析法を用いて比較した。分散分析の結果、観客役ロボットの有無に関する主効果は有意差が認められた ($F(1, 3228) = 5.18, p = .023$)。一方で、ロボットの数による主効果と、ロボットの数と観客役ロボットの有無の交互作用は有意差は示さなかった ($F(1, 3228) = 0.06, p = .808; F(1, 3228) = 3.04, p = .082$)。

次に、アンケートの結果を示す。図 8 はロボットの数による結果、図 9 は観客役ロボットの有無による結

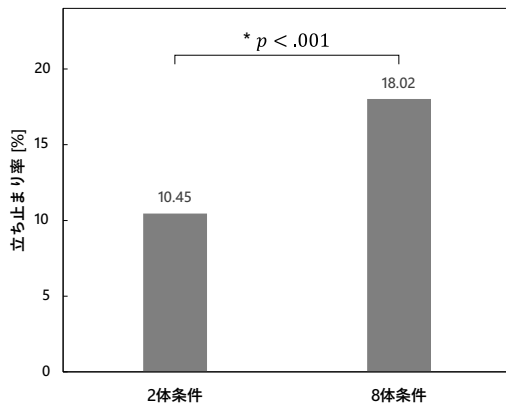


図 3: ロボットの数による平均立ち止まり率
(2体条件: S-2+SA-2、8体条件: S-8+SA-8)

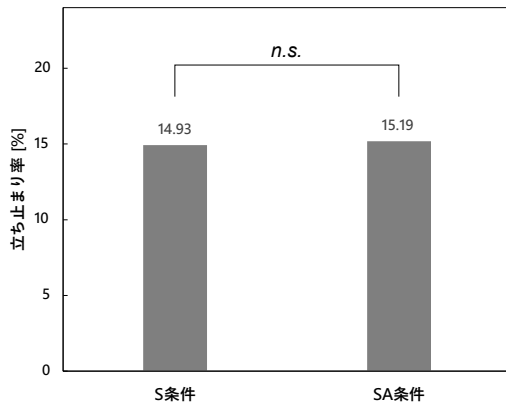


図 4: 観客役ロボットの有無による平均立ち止まり率
(S条件: S-2+S-8、SA条件: SA-2+SA-8)

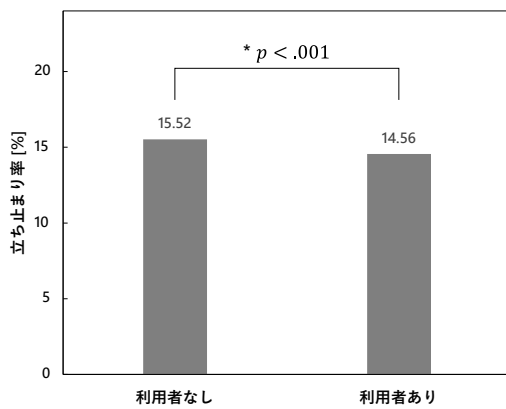


図 5: 利用者の有無による平均立ち止まり率



図 6: 8体条件の実験時の様子

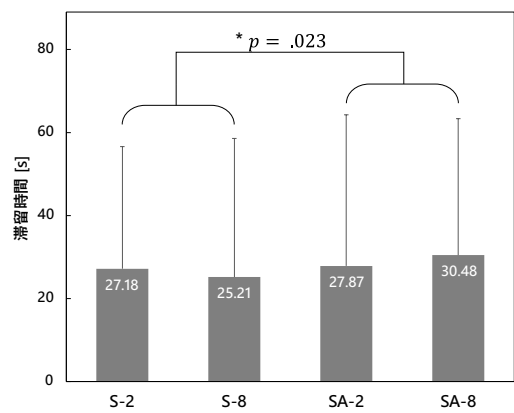


図 7: 平均滞留時間 (エラーバーは標準偏差)

果である。Q7aの比較にはカイ二乗検定を用い、それ以外はMann-WhitneyのU検定を用いた。なお、カイ二乗検定の効果量としてCramerのVを用いた。検定の結果を表3にまとめる。ロボットの数の増加により近づく前の目立ちやすさが有意に増加し(Q1: $U = 1324, p = .012$)、動画の理解度は有意に低下した(Q7b: $U = 335.5, p = .047$)。

5 考察

本実験の結果によれば、ロボットの数が増えることで平均立ち止まり率が有意に増加した。つまり、仮説1は支持された。また、アンケートの結果より、ロボットの数が増えることで近づく前にロボットが目立っていたことが確認できた(質問Q1)。近い結果として先行研究[15]では、1体のロボットと複数体のロボットを比較したところ、複数体のロボットが通行人の注目をよく集め、通行人を立ち止めることが報告されている。本実験においても、ロボットの数を増やすことで

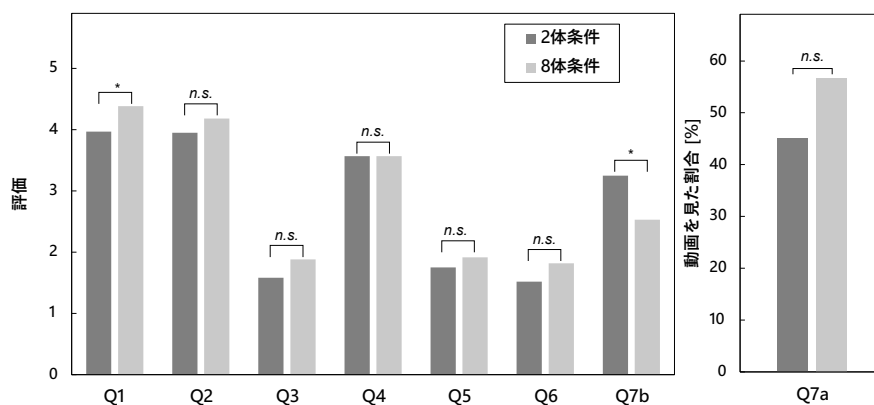


図 8: ロボットの数によるアンケート結果
(2体条件：S-2+SA-2、8体条件：S-8+SA-8)

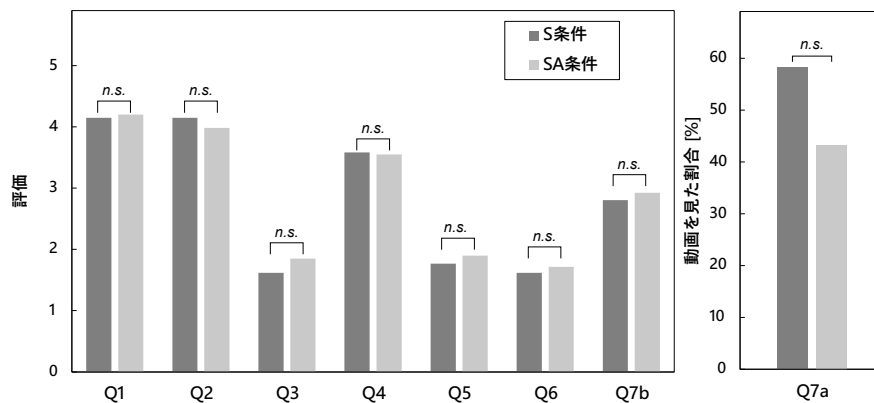


図 9: 観客役ロボットの有無によるアンケート結果
(S条件：S-2+S-8、SA条件：SA-2+SA-8)

表 3: アンケート結果結果の検定 (*は 5%水準で有意であったことを示す)

質問番号	ロボットの数による差	観客役ロボットの有無による差
Q1	* $U = 1324, p = .012$	$U = 1735, p = .733$
Q2	$U = 1502.5, p = .118$	$U = 1603, p = .301$
Q3	$U = 1547, p = .184$	$U = 1482.5, p = .096$
Q4	$U = 1741, p = .757$	$U = 1708.5, p = .631$
Q5	$U = 1596, p = .284$	$U = 1536, p = .166$
Q6	$U = 1542.5, p = .177$	$U = 1672.5, p = .503$
Q7a	$\chi^2(df = 1) = 1.634, p = .201, V = .117$	$\chi^2(df = 1) = 2.701, p = .100, V = .150$
Q7b	* $U = 335.5, p = .047$	$U = 448.5, p = .781$

目立ちやすくなり、通行人に気づかれることで平均立ち止まり率が増加したと考えられる。したがって、ロボットの数を増やすことは通行人を立ち止めるために有効である可能性がある。

しかし、アンケートの結果より、ロボットの数が増えると動画の理解度は有意に低下した(質問 Q7b)。これは、ロボットの数が増えることでディスプレイが邪魔されたり、ロボットの発声に動画への集中を阻害されたりして、動画の理解を妨げたからだと考えられる。広告ロボットを開発するためには、ディスプレイの顔を空けるなど動画の理解を妨げないようにする必要がある。また、理解度が下がった別の理由として、ロボットのみには注意を払い、動画に対して注目を集められなかったからだとも考えられる。しかし、ディスプレイによる広告ではなくロボットとの対話による情報提供であれば、広告の内容を十分に理解させられる可能性がある。

また、観客役ロボットの有無によって平均滞留時間が有意に増加した。つまり、仮説2は支持された。これは、ロボット同士が話し合っている内容に興味を惹かれたからだと考えられる。先行研究 [15] では、ロボットと通行人が直接インタラクションをするより、ロボット同士が会話をすることでロボットが話す内容に興味を持たせることが指摘されている。本実験においても、観客役ロボットが話し手役ロボットに対してリアクションをとることで、何を話しているか興味を湧いたと考えられる。また、平均滞留時間が伸びた別の理由として、観客役ロボット自体に興味を湧いた可能性がある。統計的な有意差は認められなかったが、観客役ロボットがいる場合に動画を見た割合は減った(質問 Q7a)。近づく前に観客役ロボットを見て興味をもち、ロボットを目当てに立ち止まったため動画を見た割合が下がったと考えられる。そのことより、立ち止まった後も観客役ロボットに興味を持ち滞留時間が伸びたと考えている。したがって、観客役ロボットがいることは滞留時間を延ばすことに有効である可能性がある。

そして、すでに利用者がいる場合、いない場合に比べて平均立ち止まり率は有意に低下した。したがって、仮説3を支持する結果を得られなかった。これは、人同士の間でも Honeypot Effect が起きなかったことを示している。しかし、平均立ち止まり率が高かったため、図6に示すような人だかりを形成することができたため、研究の目的は達成されている。利用者がいる場合に平均立ち止まり率が低下した理由として、本実験のロボットは通行人と直接インタラクションをとらないため、滞留時間が短く、立ち止まった人によってほかの通行人を立ち止める十分な時間を得られなかったからと考えられる。ただし、ロボットのインタラクションデザインを変更して、利用者の滞留時間をもっと延ばすことによって仮説3が支持される可能性がある。

6 おわりに

本研究では複数のロボットを用いた疑似的な人だかりが通行人にどのような影響するのか検証することを目的とした。そのために、複数のロボットで広告を行うシステムを開発し、実際に商業施設にロボットを設置し集客効果を検証した。特に、ロボットの数と観客役ロボットの有無に注目し、それぞれが疑似的な人だかりをロボットで形成する際にどのように集客効果に影響するか検証した。その結果、ロボットの数が増えることで通行人をより立ち止めた。また、観客役ロボットがいることで通行人の滞留時間を増やした。これらの結果より、公共空間において広告を行うロボットを設計する上で、広告機会を増やすために多数のロボットで疑似的な人だかりを作ることの有効性が示された。

本研究で行った実験では、広告の方法としてロボットが通行人を呼び止め、広報動画を補足するという手法を取った。インタラクションの手法など立ち止めた後の広告の方法によっては、滞留時間や内容に対する理解度が大きく変わる可能性がある。特に、本研究の実験ではアンケート結果から動画を見た割合が立ち止まった人の半分ほどしかなく、十分に広告としての役割を果たせていないため改善が必要である。

また、ロボットの見た目やサイズによっても疑似的な人だかりの効果が変わることが予想され、他のロボットでも本研究と同様の結論が得られるかは未知である。また、観客役ロボットの配置やインタラクションによって、通行人に対する影響がどのように変化するかは検証する必要がある。

参考文献

- [1] Kimitoshi Yamazaki, Ryohei Ueda, Shunichi Nozawa, Mitsuharu Kojima, Kei Okada, Kiyoshi Matsumoto, Masaru Ishikawa, Isao Shimoyama, and Masayuki Inaba. Home-assistant robot for an aging society. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 100, No. 8, pp. 2429–2441, 2012.
- [2] Malaika Brengman, Laurens De Gauquier, Kim Willems, and Bram Vanderborght. From stopping to shopping: An observational study comparing a humanoid service robot with a tablet service kiosk to attract and convert shoppers. *Journal of Business Research*, Vol. 134, pp. 263–274, 2021.
- [3] Takayuki Kanda, Masahiro Shiomi, Zenta Miyashita, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita. A communication robot in a shopping mall. *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 26, No. 5, pp. 897–913, 2010.
- [4] Chao Shi, Masahiro Shiomi, Christian Smith, Takayuki Kanda, and Hiroshi Ishiguro. A model

- of distributional handing interaction for a mobile robot. In *Robotics: Science and Systems*, 2013.
- [5] Yuki Okafuji, Yasunori Ozaki, Jun Baba, Junya Nakanishi, Kohei Ogawa, Yuichiro Yoshikawa, and Hiroshi Ishiguro. Behavioral assessment of a humanoid robot when attracting pedestrians in a mall. *arXiv preprint arXiv:2109.02771*, 2021.
- [6] Niels Wouters, John Downs, Mitchell Harrop, Travis Cox, Eduardo Oliveira, Sarah Webber, Frank Vetere, and Andrew Vande Moere. Uncovering the honeypot effect: How audiences engage with public interactive systems. In *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems, DIS '16*, p. 5–16, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [7] Harry Brignull and Yvonne Rogers. Enticing people to interact with large public displays in public spaces. In *In Proceedings of the IFIP International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT 2003)*, pp. 17–24, 2003.
- [8] Vito Gentile, Mohamed Khamis, Salvatore Sorce, and Florian Alt. They are looking at me! understanding how audience presence impacts on public display users. In *Proceedings of the 6th ACM International Symposium on Pervasive Displays, PerDis '17*, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [9] Stanley Milgram, Leonard Bickman, and Lawrence Berkowitz. Note on the drawing power of crowds of different size. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 13, pp. 79–82, 10 1969.
- [10] Jakub Złotowski, Diane Proudfoot, Kumar Yogeeswaran, and Christoph Bartneck. Anthropomorphism: opportunities and challenges in human–robot interaction. *International journal of social robotics*, Vol. 7, No. 3, pp. 347–360, 2015.
- [11] Ricarda Wullenkord and Friederike Eyssel. The influence of robot number on robot group perception—a call for action. *J. Hum.-Robot Interact.*, Vol. 9, No. 4, jul 2020.
- [12] Z. Cao, G. Hidalgo Martinez, T. Simon, S. Wei, and Y. A. Sheikh. Openpose: Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2019.
- [13] R. Gockley, A. Bruce, J. Forlizzi, M. Michalowski, A. Mundell, S. Rosenthal, B. Sellner, R. Simmons, K. Snipes, A.C. Schultz, and Jue Wang. Designing robots for long-term social interaction. In *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1338–1343, 2005.
- [14] Robert B Zajonc. Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 9, No. 2p2, p. 1, 1968.
- [15] Daisuke Sakamoto, Kotaro Hayashi, Takayuki Kanda, Masahiro Shiomi, Satoshi Koizumi, Hiroshi Ishiguro, Tsukasa Ogasawara, and Norihiro Hagita. Humanoid robots as a broadcasting communication medium in open public spaces. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 1, No. 2, pp. 157–169, 2009.