

歩行者に対する集団エージェントの同調行動による 注意誘導手法の提案

Proposal of Attention Guidance Method Based on Induced Behavior of Multiple Virtual Agents for Pedestrians

吉田 直人^{1*} 王 聰² 梅田 和希² 間瀬 健二³ 米澤 朋子²
Naoto Yoshida¹ Wang Cong² Kazuki Umeda² Kenji Mase³ Tomoko Yonezawa²

¹ 名古屋大学未来社会創造機構

¹ Institutes of Innovation for Future Society, Nagoya University

² 関西大学総合情報学部

² Faculty of Informatics, Kansai University

³ 名古屋大学情報学研究科

³ Graduate School of Informatics, Nagoya University

Abstract: The human observes the behavior of others, and takes the conforming behavior according to the situation. In this paper, we propose a method to change a user's walking behavior and attention by the behavior of multiple agents. We verified whether the attention to the wall advertisement and walking behavior of the pedestrian changed by the type of action and the proportion of it of the multiple agents. The experimental results showed that the walking speed and the attention to the wall advertisement of the participant changed according to the walking behavior such as deceleration and stop of the group agent.

1 はじめに

人間は擬人化要素を持つ仮想エージェントに対して社会的知性を感じ、その振る舞いは人間の他者の場合と同様に理解される。さらに、人間はその仮想エージェントに対しても自ら行動を起こしたり、行動を変化させることで社会的関係性を構築しようと試みる。先行研究では、日常生活においてバーチャルエージェントが先行して掃除や片付けなどの生活行動を行うことによって、ユーザの自発的な行動を誘発しようとする試みもある。

他方、人間は多人数が空間や行動を共にする社会的集団においても常に他者やその行動を観察し、行動を調整したり変化させたりする [1, 2, 3]。その中でも周囲の他者の行動に一致するように自らの行動を変化させる行動として同調行動がある。人間同士の集団では、個々のユーザの行動を誘発するために日常生活における不特定多数の他者の行動を制御することは困難である。一方で、社会的知性を感じさせる他者としての仮想エージェントの行動は容易に生成することが可能で

あるから、日常生活環境の具体的シーンに溶け込むように複数のバーチャルエージェントを配置して集団状況を生成し、それらの仮想エージェントの行動を変化させることで、その中に存在する人間の行動に影響を与えることが考えられる。

人間はロボットやエージェントに対しても、その行動を観察し、協調して行動することが可能であると考えられる [4, 5]。また、エージェントの視線を制御することによって、共同注視やその意図を伝達することが可能である [6, 7, 8]。一方で、これらの研究においては、人間とエージェントが直接的なコミュニケーションを行う場面が想定されており、エージェントが第三者的、他人の立場である場合に、ユーザがエージェントの行動を観察し、それに応じた行動をとるかについては明らかでない。

これまでに我々は、人間が屋外を歩行する状況を想定しユーザに先行して歩行する1体のエージェントを壁面に投影することで、エージェントの移動速度が歩行者の歩行速度に影響し、さらにエージェントの立ち止まる動作や壁面の広告を注視する動作によって、エージェントだけでなく壁面広告に対する注意が強まることを示した [9]。

*連絡先：名古屋大学未来社会創造機構
〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町
E-mail: yoshida@cmc.is.i.nagoya-u.ac.jp

本研究では、複数体のバーチャルエージェントからなるエージェント集団（以降、集団エージェントと呼ぶ）の行動が人間に与える影響を評価することを目的とし、これまでの研究同様に歩行者が屋外を歩行する状況を想定し、集団エージェントの行動の種類とその割合によって、歩行者の歩行動作や壁面広告への注意状態を変化させる手法を検討する。また、これらの集団エージェントの行動の構成要素によって、歩行者の歩行動作および壁面広告への注意状態が変化するか検証する。

2 実験

歩行者が屋外を歩行する状況を想定し、集団エージェントの行動の種類とその割合によって、歩行者の歩行動作および壁面の貼り紙への注意状態が変化するか検証する。

実験参加者は、19歳から26歳の男女15名（女性10名、男性5名、平均22.2, SD 2.43）である。実験参加者は、「実験室を屋外の路上に見立てて歩行する実験」と説明を受ける。また、「人間のCGキャラクターのことをエージェントと呼び、エージェントは街中を歩く他の歩行者である」と説明される。さらに、歩行する状況を「目的地に向かっているが、時間的な余裕はあり、急ぐ必要はない状況である」と事前に教示される。

実験環境を図1および実際の歩行の様子を図2に示す。実験参加者は障害物の無い室内を歩きやすい速度で約6m歩行する。目的地はスタートと反対側の方向であると教示される。室内は歩行に支障のない明るさを確保する。

壁面にはプロジェクタ（EPSON EB-S03）2台を用いて、縦2m×横6mの投影面を設置する。実験参加者は実験担当者のスタートの合図に合わせて歩行を開始する。スタートに合わせて、約60cm先の投影面の端から6体の歩行する集団エージェントが現れる。6体のエージェントは前後3体ずつの2列で歩行するが、エージェント同士が重ならない範囲のランダムな値を用いて、手前-奥、前後にずらして配置される。登場時のエージェントの歩行速度は一定である。6体のエージェントの外観は全て異なり、配置は毎回ランダムに決定される。また、投影面の左端から3.6m、床から1.5mの位置に、A3の大きさの貼り紙を提示する。貼り紙は5種類の果物の画像と幾何学図形を組み合わせた画像（図3）を用紙に印刷したものを貼り付ける。なお、投影面の背景は黒であるが、貼り紙部分は視認性を向上させるために、貼り紙と同じサイズの白色の矩形を重ねて投影する。

個々のエージェントは投影面の左端から 2.7 ± 0.5 m

の地点から次に述べる行動の種類の一つの行動を行う。集団エージェントの行動種類として、(1) 通過：貼り紙を見ずに素通りする、(2) 減速：減速しゆっくりと歩きながら貼り紙を見た後立ち去る、(3) 停止：立ち止まって広告を見るの3種類を用意した。この3種類の行動の割合を変え、表1に示すA~Eの5条件を設定した。

実験参加者が投影面の右端を超えるか、立ち止まった場合に試行を終了し、質問紙に回答させる。これを5回繰り返す。また、歩行の様子を映像で記録する。条件の試行順序および掲示される貼り紙の種類は順序交差を施す。

次のQ1からQ16の評価項目に、1まったくあてはまらない-5とてもあてはまるの7段階で最もあてはまるものを選択する。評価項目はQ1からQ4「エージェントたち全体の様子について」、Q5-Q6「張り紙の印象について」、Q7-Q12「あなたの行動や印象について」、Q13-Q16「あなたの歩いた時の印象について」で構成される。

エージェントたち全体の様子について

- Q1 エージェントたちは張り紙に興味を持っていた
- Q2 エージェントたちの様子は自然だった
- Q3 エージェントたちはあわてていた
- Q4 エージェントたちは好奇心があった

張り紙の印象について

- Q5 張り紙の内容は面白そうだった
- Q6 張り紙は目立つようだ

あなたの行動や印象について

- Q7 エージェントたちの行動に目がいった
- Q8 エージェントたちの様子が気になった
- Q9 エージェントたちの行動につられた
- Q10 張り紙に目がいった
- Q11 張り紙の内容が気になった
- Q12 張り紙をよく見た

あなたの歩いた時の印象について

- Q13 歩く速度があがった
- Q14 歩く速度は変わらなかった
- Q15 歩く速度は落ちた
- Q16 うしろに引かれるような感じがした

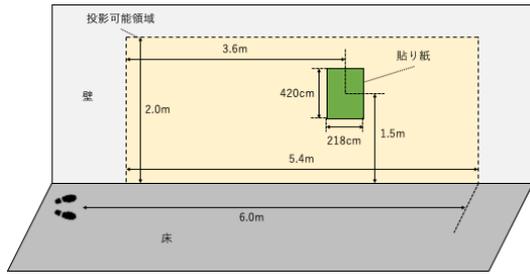


図 1: 実験参加者の歩行環境



図 2: 実験の様子

表 1: 条件ごとのエージェントの行動割合

条件	1 通過	2 減速	3 停止
A	6	0	0
B	4	2	0
C	2	2	2
D	0	2	2
E	0	0	6 (体)

3 実験結果

3.1 歩行データの分析結果

全実験参加者の映像から、投影面に重複する区間の歩行データに対し、3fps で画像を切り出し、実験参加者の映像上画素に基づくの頭部座標を抽出した。抽出した座標にもとづき時系列データ配列を作成し、映像

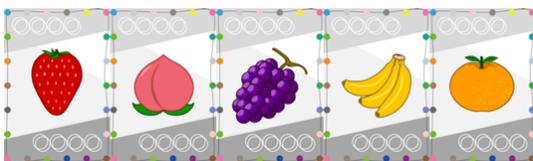


図 3: 5 種類の貼り紙

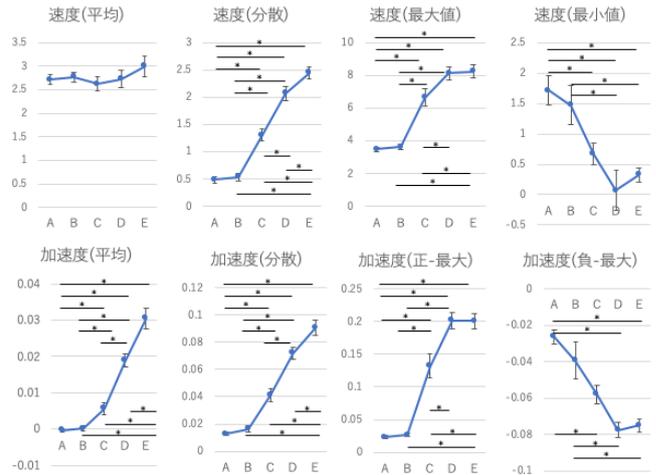


図 4: 歩行データの分析結果

上の移動速度の平均、分散、最大値、最小値、および、加速度の平均、分散、正の加速度の最大値、負の加速度の最大値を実験参加者ごとに算出した。

条件ごとの各平均値、標準誤差および、項目ごとに二要因分散分析を実施した結果、いずれの項目においても有意差 ($* p < .05$) が見られた。各項目について Holm 法による多重比較における有意差がみられた箇所 ($* p < .05$) を図 4 に示す。

歩行速度に関しては、速度の平均では有意差はみられなかったものの、速度の分散に関しては、A-B 間を除く全条件間で有意差がみられ、E, D, C, B の順で分散が大きくなったことが示された。また、速度の最大値に関しては、D-E および A-B 間以外の条件間で有意差がみられ、A・B 条件よりも、C, D・E 条件のほうが速い速度が記録された。さらに、速度の最小値に関しても、A や B よりも D, E 条件間で、最も速度が低下したといえる。

次に、加速度に関しては、加速度の平均、分散に関して、A-B 間を除く全条件間で有意差がみられ、E, D, C, B の順で有意に高い値が示された。また、正の加速度、負の加速度に関しては、D-E 間に有意な差はみられないものの、D, E 条件において最も大きな値を示すことが明らかになった。

3.2 主観評価の分析結果

各評価項目に対し、Steel-Dwass の方法による多重比較の結果、評価項目 Q1, Q4, Q5, Q6, Q9, Q10, Q11, Q12, Q15, Q16 において有意差 ($* p < .05$) がみられた。各評価項目の平均値および標準誤差を図 5 に、有意差を表 2 に示す。

まず、「エージェントたち全体の様子について」の質問

項目 Q1 から Q4 では、Q1 と Q4 に条件間の有意な差がみられ、E の条件において最も高い値を示した。Q1、Q4 はいずれも、エージェントの広告に対する興味の状態を示すと考えられる。

次に、「張り紙の印象について」の質問項目 Q5、Q6 では、いずれも条件間の有意な差がみられ、「面白そう」、「目立つ」に関する項目に共通して、E の条件において最も高い値を示した。

さらに、「あなたの行動や印象について」の質問項目 Q7 から Q12 では、エージェントに対する注意」に関する Q7、Q8 に有意差はみられなかった。一方で、「貼り紙への注意」に関する Q10 から Q12 において条件間の有意な差がみられ、条件 A よりも条件 D や E のほうが高い値を共通して示した。また、実験参加者の行動がエージェントの行動に影響されたかに関する Q9 でも条件間での有意差がみられ、Q10-Q12 同様に、条件 A よりも条件 D や E のほうが高い値を示した。

「あなたの歩いた時の印象について」の質問項目 Q13-Q16 では、Q13 「速度があがった」、Q14 「速度は変わらなかった」では、条件間での有意な差はみられなかったが、Q15 「速度は落ちた」では条件 C と E が条件 A に比べて高い値を示した。さらに、歩行時の印象について Q16 「うしろに引かれるように感じた」では、条件 A、B、C に比べて条件 E が有意に高い値を示した。

4 考察

実験結果から、集団エージェントの行動によって、歩行者の歩行動作および壁面広告への注意状態の変化について考察する。

まず、歩行者の歩行動作に関して、歩行データの分析結果から考察する。本稿における実験では、(1) 通過：貼り紙を見ずに素通りする、(2) 減速：減速しゆっくりと歩きながら貼り紙を見た後立ち去る、(3) 停止：立ち止まって広告を見るの 3 種類の行動を組み合わせ、5 つの条件 (A-E) を設定した。これにより、条件 A から E にかけて、停止や減速をするエージェントが増加し、集団エージェント全体の移動速度は低下する。

歩行データの分析結果からは、実験参加者の平均速度には有意な差はみられなかったが、歩行速度の分散が条件 A、B よりも条件 C、D、E のほうが大きく、条件 E が最も大きくなった。また、加速度の分散についても同様の結果がみられたことから、実験参加者の歩行が集団エージェントの行動によって乱された可能性が考えられる。また、歩行速度の最小値は条件 A や B よりも条件 C あるいは D、E のほうが低く、集団エージェントの歩行速度の低下や停止によってユーザの歩行速度が遅くなったことが示唆される。さらに、負の加速度の最大値に関しても条件 A に比べ条件 C、D、E

で大きい値が示されていることから、エージェントの減速や停止の行動により、実験参加者の歩行速度が低下した可能性が考えられる。なお、歩行速度の最大値や負の加速度に関しては、集団エージェントの行動によって減速した後、再度歩行速度が回復したことによって、条件 A、B に比べその他の条件で高い値になった可能性が考えられる。また、主観評価項目における、実験参加者自身の歩行に関する印象からも減速を実感できた可能性が高い。

次に、主観評価項目の分析結果から、集団エージェントの行動が、集団エージェントの行動や広告に対する印象に与える影響を考察する。まず、エージェントが減速したり、立ち止まって広告を見る行為は、エージェントの広告に対する興味を感じさせた可能性が考えられる。また、エージェントが減速や停止の行動をとると、ユーザの広告に対する注意が高まる可能性がある。さらに、集団エージェントが広告に対して歩行動作を変化させることで、エージェントが通過する場合よりも「目立つ」「面白そう」など、広告そのものの印象に対して影響を与える可能性も示唆された。

一方で、エージェントの行動に対する注意の度合いに関しては、条件間での有意な違いは見られなかった。また、エージェントの行動の自然さに関して、条件間における有意な違いが見られなかった。このことから、実験参加者はエージェントの行動が変化した場合でも、強く意識を向けることなくその行動を理解し、広告に視線を向けた可能性がある。人間は他者の行動に対して無意識的に同調する傾向があることが確認されており [3]、エージェントに対して無意識的な行動の理解が生じるかどうか今後検討する余地がある。

これらの考察から、集団エージェントの減速や停止などの歩行行動を変化させることで、集団エージェントと共に歩行する歩行者の歩行行動に影響を与え、その行動の割合に応じてユーザの歩行速度を変化させる可能性が示された。また、集団エージェントの壁面広告への視線行動によって、歩行者の広告への注意状態に影響を与え、その割合に応じて、ユーザの広告に対する注意の強さを変化させる可能性が示された。

5 おわりに

本研究では、人間が他者に合わせて行動を変化させる同調行動に着目し、複数体のバーチャルエージェントからなるエージェント集団の行動が人間に与える影響を評価することを目的とし、集団エージェントの行動の種類とその割合によって、歩行者の歩行動作および壁面広告への注意状態が変化するか検証した。

実験結果から、集団エージェントの減速や停止などの歩行行動を変化させることで、集団エージェントと

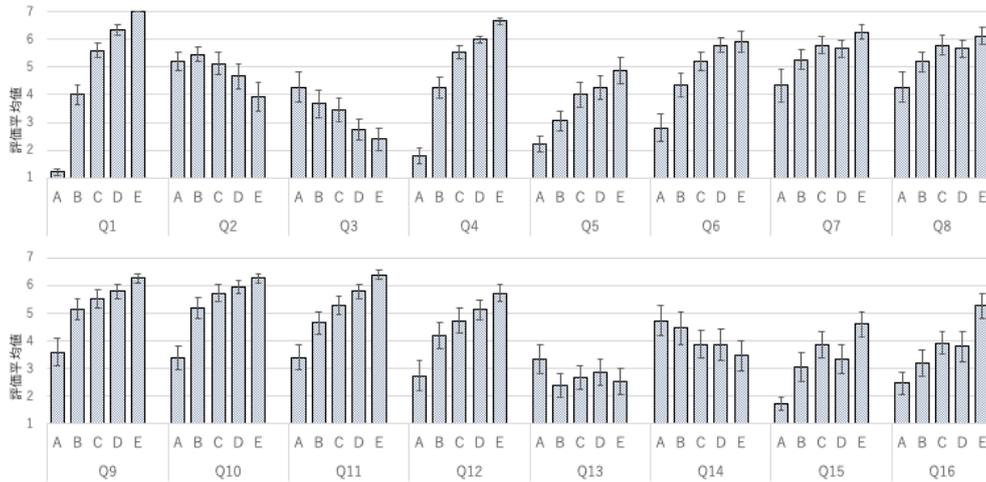


図 5: 主観評価項目の平均値

表 2: 主観評価における多重比較の結果

	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6		Q7		Q8	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
A-B	-4.44891	*	-0.667014	n.s.	0.929419	n.s.	-3.59395	*	-1.72476	n.s.	-2.05417	n.s.	-0.86675	n.s.	-1.10133	n.s.
A-C	-4.85871	*	-4.26E-02	n.s.	1.22064	n.s.	-4.55623	*	-2.60568	n.s.	-3.10139	*	-1.30426	n.s.	-2.06208	n.s.
A-D	-4.87817	*	0.657326	n.s.	1.8941	n.s.	-4.79877	*	-3.11085	*	-3.63568	*	-1.21387	n.s.	-1.75743	n.s.
A-E	-5.18188	*	1.76884	n.s.	2.285	n.s.	-4.81878	*	-3.51703	*	-3.56643	*	-2.05277	n.s.	-2.64274	n.s.
B-C	-2.90487	*	0.362797	n.s.	0.382385	n.s.	-2.43655	n.s.	-1.45215	n.s.	-1.54479	n.s.	-1.16315	n.s.	-1.24573	n.s.
B-D	-4.1159	*	1.15473	n.s.	1.28777	n.s.	-3.71535	*	-1.9373	n.s.	-2.63849	n.s.	-0.904346	n.s.	-0.965705	n.s.
B-E	-5.02315	*	1.9911	n.s.	1.72234	n.s.	-4.50073	*	-2.66456	n.s.	-2.96009	*	-2.27731	n.s.	-2.00489	n.s.
C-D	-2.05989	n.s.	0.717278	n.s.	1.12316	n.s.	-1.55591	n.s.	-0.399592	n.s.	-1.24336	n.s.	0.282365	n.s.	0.454633	n.s.
C-E	-4.24814	*	1.59928	n.s.	1.67707	n.s.	-3.42742	*	-1.2854	n.s.	-1.96329	n.s.	-1.28382	n.s.	-0.647679	n.s.
D-E	-3.21825	*	0.988125	n.s.	0.815582	n.s.	-3.04321	*	-0.989143	n.s.	-0.957391	n.s.	-1.58788	n.s.	-1.31417	n.s.

	Q9		Q10		Q11		Q12		Q13		Q14		Q15		Q16	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
A-B	-1.94513	n.s.	-2.73564	*	-1.96491	n.s.	-2.06888	n.s.	1.05393	n.s.	0.318394	n.s.	-1.69474	n.s.	-1.15473	n.s.
A-C	-2.54419	n.s.	-3.40634	*	-2.71823	n.s.	-2.59456	n.s.	0.922565	n.s.	1.1349	n.s.	-3.15179	*	-2.25975	n.s.
A-D	-2.79277	*	-3.91461	*	-3.49218	*	-2.94923	*	0.731388	n.s.	0.996359	n.s.	-2.2674	n.s.	-1.74514	n.s.
A-E	-3.50075	*	-4.17381	*	-4.12271	*	-3.28282	*	1.13782	n.s.	1.49509	n.s.	-3.80527	*	-3.51506	*
B-C	-0.617798	n.s.	-0.893813	n.s.	-1.02837	n.s.	-0.74008	n.s.	-0.345259	n.s.	0.821909	n.s.	-1.14595	n.s.	-1.07313	n.s.
B-D	-1.05965	n.s.	-1.83563	n.s.	-2.09103	n.s.	-1.35554	n.s.	-0.560708	n.s.	0.653763	n.s.	-0.445544	n.s.	-0.807824	n.s.
B-E	-2.44134	n.s.	-2.40603	n.s.	-3.267	*	-2.14386	n.s.	8.81E-02	n.s.	1.15751	n.s.	-2.00605	n.s.	-2.8993	*
C-D	-0.473989	n.s.	-0.638359	n.s.	-1.19001	n.s.	-0.589188	n.s.	-0.258571	n.s.	0.147168	n.s.	0.780747	n.s.	-0.196203	n.s.
C-E	-1.43565	n.s.	-1.31482	n.s.	-2.63202	n.s.	-1.52385	n.s.	0.351889	n.s.	0.653763	n.s.	-1.06806	n.s.	-2.8309	*
D-E	-1.31482	n.s.	-0.956131	n.s.	-1.80554	n.s.	-1.12475	n.s.	0.550793	n.s.	0.508071	n.s.	-1.57849	n.s.	-2.21819	n.s.

* $p < .05$

共に歩行する歩行者の歩行行動に影響を与え、その行動の割合に応じてユーザの歩行速度を変化させる可能性が示された。また、集団エージェントの壁面広告への視線行動によって、歩行者の広告への注意状態に影響を与え、その割合に応じて、ユーザの広告に対する注意の強さを変化させる可能性が示された。

今後、集団エージェントの行動の種類や割合の変化によって、無意識的な人間の行動の変化や行動誘発、行動促進が可能か検証し、エージェントに対する同調行動のモデルについて検討する。

謝辞

本研究は一部 JSPS 科研費 17J00704, 19K12090, 19H04154 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Vittorio Gallese and Alvin Goldman. Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in cognitive sciences*, Vol. 2, No. 12, pp. 493–501, 1998.
- [2] Jon Driver IV, Greg Davis, Paola Ricciardelli, Polly Kidd, Emma Maxwell, and Simon Baron-Cohen. Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienting. *Visual cognition*, Vol. 6, No. 5, pp. 509–540, 1999.
- [3] Tanya L Chartrand and John A Bargh. The chameleon effect: the perception–behavior link and social interaction. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 76, No. 6, p. 893, 1999.
- [4] 神田崇行, 今井倫太, 小野哲雄, 石黒浩. 人-ロボット相互作用における身体動作の数値解析. 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2699–2709, 2003.
- [5] 畠山誠, 西田豊明. 同調動作に基づくロボットと人間のコミュニケーション. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI03, pp. 38–38, 2003.
- [6] 石井亮, 中野有紀子. ユーザの注視行動に基づく会話参加態度の推定—会話エージェントにおける適応的会話制御に向けて. 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 12, pp. 3835–3846, 2008.
- [7] 中島幸宏, 武川直樹, 湯浅将英, 大和淳司. 擬人化エージェントとの視線・仕草による相互理解—「じーっ, うん」で, ワカッテクレタ? *HAI2008*, 2008.
- [8] 米澤朋子, 山添大丈, 内海章, 安部伸治. 視線コミュニケーションのためのぬいぐるみの視線行動の設計と分析. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 92, No. 1, pp. 81–92, 2009.
- [9] Naoto Yoshida, Sho Hanasaki, and Tomoko Yonezawa. Attracting attention and changing behavior toward wall advertisements with a walking virtual agent. *HAI2018*, pp. 61–66, 12 2018.