

バーチャルミュージアムにおける観客役人型エージェントを利用した展示物への注意誘導手法の提案

石田 一真¹ 高島 健太郎¹

概要：バーチャルミュージアムは多くの人が多様な展示物へアクセスできるようになる等の利点を持つが、その反面、鑑賞者はひとりで仮想空間を回っていると、展示室内を回ることが目的となってしまう展示物に対して十分な注意を払わないという懸念がある。そこで本研究では観客役となる人型エージェントを展示物の前に配置することで鑑賞者の鑑賞態度に変化を与え、展示物に対する注意を高めることができるか検討を行う。

1. はじめに

近年、COVID-19の影響もあり、バーチャルミュージアムが博物館のWebサイトやメタバース上で広く利用されるようになった。バーチャルミュージアムやそのバーチャルツアー機能によって、利用者は現地に訪れなくともGoogle Street Viewのような360度パノラマビューやメタバース上にデザインされた博物館で展示物を鑑賞できる。現在、バーチャルミュージアムはルーブル美術館やメトロポリタン美術館、大英博物館といった世界の著名な博物館で利用可能であり、国内でも国立科学博物館の「おうちで体験！かはくVR」[1]や東京国立博物館、東京国立近代美術館のようにGoogle Arts & Culture[2]上で公開されたものが存在する。バーチャルミュージアムは、多くの人や博物館に来ることができない人が展示物にアクセスすることを可能にする[3]。また、博物館側にも大きさの制約で設置できない展示物や現存しない展示物、訪れることが難しい場所を再現し展示できるようになる[4]といった利点が存在する。これらのことから今後もバーチャルミュージアムは普及していくことが予想される。なお、バーチャルミュージアムの明確な定義は難しいため、本稿では、バーチャルミュージアムとは博物館のWebサイト上などで提供されている、デスクトップPC、モバイルデバイス、HMDなどを用いてアクセスできる仮想空間上に再現または作成された展示室のことを指す。博物館の再現の程度やバーチャルミュージアム内の移動方法の採用のされ方には博物館ごとに違いはあるが[5]、本項ではその種類に区別を行わないこととした。

バーチャルミュージアムは発展途上にあるサービスであり、ユーザー体験の改善が取り組まれている。例えば、Zhangら[6]は360度画像をつなぎ合わせたようなバーチャルミュージアムでは方向感を見失いやすいという問題に対して、ゲームのようなミニマップ機能を利用することを提案し検証を行なっている。他にもナビゲーションを目的とした人型エージェントによる案内[7]、[8]などが提案されている。

バーチャルミュージアムにおいて十分に検討されていない要素として、鑑賞者の周囲の他者の存在が挙げられる。FalkとDierking[9]は、博物館に訪れた人が他の来館者を見ることは自然な行動であり、他の来館者を見ることを楽しんでいる側面もあるのではないかと述べている。同氏は、先行研究のレビューの結果、家族や学校のグループなど、同伴者との相互作用や他の来館者を観察することなどの社会的コンテキストは来館者が見る展示物や経路の決定に強く影響を及ぼす可能性があることも指摘している。このように、現実の博物館では鑑賞者は他者の存在を認識することで、その行動に影響を受けていると考えられる。そして、その結果として博物館の鑑賞体験にポジティブな影響が生まれている可能性がある。

一方で、現在のバーチャルミュージアムでは利用者1人が空間上を移動するものが多く、他者の行動を観察する機会は少ない。また、メタバースにおいても必ずしも他のユーザーが同時接続しているとは限らない。他者が全く存在しない空間では周囲の人間の行動から情報を得られないため、バーチャルミュージアムの体験を損なっているかもしれない。例えば、空間を回ることが目的となり、展示物に十分な注意を払わずに見飛ばしてしまう行動などが考え

¹ 東京理科大学 経営学部 国際デザイン経営学科

られる。しかし、バーチャルミュージアム内における他者の行動の影響について研究したものは少ない。

そこで本研究では、バーチャルミュージアム内に静的な人型エージェントの集団を設置することによって、鑑賞者の注意が誘導できないかと考えた。先行研究 [10], [11], [12], [13] から、周囲の他者の行動を制御することで注意が誘導できる可能性が示唆されており、バーチャルミュージアムにおいてもその効果が利用できる可能性がある。

本研究では、博物館の鑑賞体験の満足度を向上させるという大きな目標のもと、人型エージェントを用いてバーチャルミュージアム内で展示物に群がる観客を再現することにより、それぞれの展示物への鑑賞時間や意欲、展示物への印象がどのように変化するのか検証を行った。

2. 関連研究

2.1 周囲の群衆が与える影響

人間は自分を取り巻く状況の変化によって、見解や態度を変化させることがあることが知られている。

まず、人間は一緒にいる人間、知覚した他者の行動を模倣する傾向があることが知られている [14]。この傾向は、Albi ら [15] の実験で確認されたような、ある目的地まで移動をするときに、周りの他者の行動についていってしまう行動や傾向などにも拡張できると考えられる。Wilson と Suh [16] は広告前の混雑が一定の値を超えると広告に対する注目が増加に転じる可能性を示している。Wilson と Suh は人間の密度がある程度高くなると人々は周囲の人の視線のコピー行動を行うようになるため、広告への注意が増加に転じたのではないかと述べている。

また、Dalton ら [17] は、人は経路探索において周囲の人から間接的かつ意図しない形で影響を受ける可能性を指摘している。例えば、サービス施設においてその場所の混雑を認識することが人々の感情や行動に影響を与えることが知られている。特に利用者によって知覚された場所の混雑感 (Perceived Crowding) とそれに伴う予測される待ち時間は、それが適度なものであればユーザ体験にポジティブな影響を与える可能性がある。小売の分野では、Pan と Siemens [18] は買い物を行う場面では中程度の、サービスを選択する場面では高い程度の小売店の混雑が好まれる可能性を指摘している。Giebelhausen [19] らはポップコーンショップにおける待ち時間が、知覚される品質や経験の満足度に正の影響を与える可能性を示している。小売の分野の他にも、Milman ら [20] はテーマパークにおいて知覚された混雑感と知覚された人気 (Perceived Popularity) がテーマパークの体験や満足度、ロイヤリティに及ぼすポジティブな影響について述べている。これらの研究から、適度な混雑を感じると人はその場所に対してポジティブな期待や評価を抱くことが考えられるが、この効果は博物館全体ではもちろん博物館の個々の展示物の単位でも生じるこ

とが予想される。

2.2 周囲の人間もしくはバーチャル空間における人型エージェントによる誘導

前節で述べた傾向を利用し、周囲の人間の行動を制御することで利用者の行動を無意識的に誘導する様々な試みがある。

吉田ら [10] は壁面広告に複数の人型エージェントの歩行動作や視線を操作することで並走する人間に壁面広告を注目させられることを示唆した。天田ら [11] は複数のロボットを使って人だかりを再現することで、広告の前を往来する人々の滞在時間が伸びること、立ち止まりやすくなることを示した。河合ら [12] は、人型エージェントによって人の流れを再現することで仮想空間の奥のエリアにまで誘導できることを示唆した。Watanabe ら [13] は静的な人型エージェントの群衆を店舗前に設置した時の効果を検証し、効果のある場所とない場所があるが、店舗の繁盛や評判を知る指標となり、人々の注意を引くことができると結論付けている。

3. 提案手法

これらの先行研究から、バーチャルミュージアム内においても多数の人型エージェントが展示物に視線を向けている状態を再現することで、人々の鑑賞行動をポジティブに変化させることができるのではないかと考えた。本研究の仮説は下記の通りである。

- H1.** 人型エージェントの観客がいることで、展示物の鑑賞にかける時間が増える。
- H2.** 人型エージェントの観客がいることで、展示物への鑑賞意欲が向上する。
- H3.** 人型エージェントの観客がいることで、展示物の印象が変化する。

これらの仮説の検証のため、実験環境としてのバーチャルミュージアムを開発した。そこに人型エージェントによる観客の群衆がある展示物とない展示物を設置し、それぞれに対する鑑賞行動を比較する実験を行った。

展示物の前に設置する観客の人型エージェントを図 1 に示す。十分な混雑を表現するために、1 箇所の集団ごとに 12 体の観客役の人型エージェントを設置した。人型エージェントの人数は Wilson と Suh [16] や天田ら [11] を参考に十分だと思われる数値として 12 体を選んだ。また展示物を鑑賞しているように見せるため、展示物に向かって体または頭部を向けるように調整した。人型エージェントとそのアニメーションの素材は、Mixamo [21] に公開されているものを用いた。人型エージェントのサイズは部屋の大きさに合うよう、また人型エージェントの間でサイズに大きな違いが生まれないう調整を行った。



図 1 展示物前に配置された人型エージェント



図 2 展示室内の様子

4. 実験方法

4.1 実験環境

開発したバーチャルミュージアムの室内の様子を図2に、床面の俯瞰図と寸法を図3に示す。図3内の数字の単位は開発に用いた Unity で利用されているグローバル座標系上の単位長さである。

バーチャルミュージアムは直線の通路状になっており、図3の上方の黒い長方形で示したように壁沿いに6枚の絵画が展示物として等間隔に掲示されている。絵画は内容によって来場者の行動に差が生じないように見た目に大きな違いがないものを選定した。また、それぞれの展示物の前には図3の緑色の長方形で示したその展示物に紐づくエリア（以下、鑑賞エリア）が設定されており、その範囲内に観客役の人型エージェントが表示されるようになっている。実験においては、特定の絵の順番による効果を打ち消すために、展示物はランダムな順番で設置されるように設定した。また、大きさのある程度揃える目的で、展示物の縦の長さを揃えた。観客役の人型エージェントも同様に、ランダムな3つの鑑賞エリアに設置されるように設定した^{*1}。なお来場者が展示物に近づいて鑑賞する際の妨げにならないように、展示物から一定の距離に近づくと観客役の人型エージェントが非表示になるように設計した。

^{*1} 展示物の順番と観客役人型エージェントの配置はそれぞれランダム化の処理を行ったため、その組み合わせについては制御されていない。

バーチャルミュージアムは Unity で開発し、PC を用いて HD モニター上に表示した。利用者は視点操作をマウスで、移動の操作を WASD キーで行う。絵画は Artvee[22] から選定を行った。マウスカーソルは画面中央で固定され、非表示となる。

4.2 実験手順

本研究の被験者は著者らが所属する 20 歳から 22 歳の学部的大学生 19 名（男性 16 名、女性 3 名）の予定である。

実験の手続きを説明する。まず、被験者に実験に関する説明を行った後、事前アンケート^{*2}に回答をしてもらう。次に観客役の人型エージェントを配置していないテスト用のバーチャルミュージアムで操作感と画面酔いの有無の確認を行い、操作に関する機器の微調整をする。続いて自由に鑑賞するという指示のもと開発したバーチャルミュージアムを利用してもらう。最後に利用後アンケートへの回答を得て実験は終了となる。

4.3 取得データ

仮説 H1 については、バーチャルミュージアム環境内に入場から退場までの 0.1 秒ごとの座標データ、それぞれの鑑賞エリアでの滞在時間と、そこから移動時間を除いた立ち止まっている時間を算出した。停止時間はユーザーの移動を制御するオブジェクトに付与した Rigidbody に IsSleeping() を用いて判定している。さらに利用者のアバターの視線を基に展示物の鑑賞時間を算出した。鑑賞時間はカメラを保持するオブジェクトからマウスカーソルに伸ばした視線ベクトル (Raycast) が展示物と交差した場合に鑑賞していると判定した。また、実験中の被験者の様子の確認のため、後方からの映像を記録した。ただし、計測方法から鑑賞時間の記録はそこまでの精度が期待できない。よって、主な分析は滞在時間と停止時間の2つを用いる。停止時間を記録している理由は、ながら見を排除して、じっくり見ている時間の指標とするためである。

仮説 H2,H3 については利用後アンケートを用いた。利用後アンケートの主要な質問項目を表1に示す。質問内容は、展示物の印象 (Q1, Q2), 人型エージェントによる混雑感や展示物への人気に対する印象への影響 (Q3~Q8), 人型エージェントによる鑑賞態度への影響 (Q9~Q15), バーチャルミュージアムの感想と改善点 (Q16) の4つである。H2 は Q3~Q16, H3 は Q1,2,Q7,Q8,Q15,Q16 を主に利用して分析を行う。

Q2 は長と原 [23], [24] の「絵画鑑賞に関する研究で用いる SD 法による尺度」の評価性項目の中から「面白い/つまらない」「好き/嫌い」の2つを用いた。また混雑感や展示物への人気に対する印象への影響 (Q4~Q7) は Milman

^{*2} 被験者の氏名や性別、バーチャルミュージアムの体験の有無などの属性を収集するためのアンケート

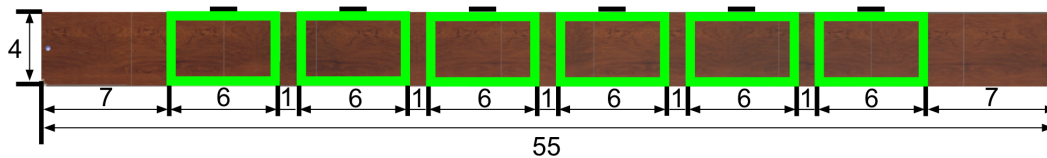


図 3 展示室の俯瞰図と寸法

表 1 利用後アンケートの質問項目

Q1	鑑賞した展示物を気に入った順に並び替えてください
Q2	それぞれの展示物の印象評価 (おもしろい/つまらない, 好き/嫌い)
Q3	人型エージェントたちの存在は鑑賞の妨げになった
Q4	人型エージェントたちが集まっている展示物は自分にとって混雑していた
Q5	人型エージェントたちが集まっている場所は動きがとりにくかった
Q6	人型エージェントたちが集まっている場所は窮屈に感じた
Q7	人型エージェントたちが集まっている展示物は人気なものだと思った
Q8	人型エージェントが集まっている展示物は有名なものだと思った
Q9	人型エージェントたちは展示物に興味をもっていた
Q10	人型エージェントたちの存在は自然だった
Q11	人型エージェントたちが見ている展示物が気になった
Q12	人型エージェントたちが集まっている展示物が気になった
Q13	人型エージェントたちが集まっている展示物は面白そうだった
Q14	人型エージェントたちが集まっている展示物に近づいてみたいと思った
Q15	人型エージェントたちが集まっている展示物をしっかり見てみたいと思った
Q16	鑑賞体験の感想や改善点

ら [20] の知覚された混雑と人気を測る項目、鑑賞態度への影響 (Q9～Q12) は吉田ら [10] の項目を参考に、必要と考えた独自項目を追加して作成した。回答形式は、Q1 はランキング形式、Q2 は形容詞対を両極にした 7 段階尺度、Q3～Q15 は 7 段階のリッカート尺度 (1: とてもそう思う, 7: 全くそう思わない)、Q16 は自由記述である。

5. まとめ

本研究では人型エージェントによって再現された観客を展示物の前に配置することで、バーチャルミュージアムを利用する人々の鑑賞行動を誘導し、展示物への注意を高められるかを検証する。現在、本稿で報告した実験について実施中であり、その結果と考察はインタラクション 2025 当日にて報告する。

6. 謝辞

本研究の実験に関わって下さった学生の皆さん、執筆の際にご助言いただいた学生の皆さんに深謝する。

参考文献

- [1] 国立科学博物館: おうちで体験! かはく VR, <https://www.kahaku.go.jp/VR/>.
- [2] Google: Google Arts & Culture, <https://artsandculture.google.com/?hl=ja>.
- [3] Tsichritzis, D. and Gibbs, S. J.: Virtual Museums and Virtual Realities., *International Cultural Heritage Informatics Meeting*, pp. 17–25 (1991).
- [4] Lepouras, G., Katifori, A., Vassilakis, C. and Charitos, D.: Real exhibitions in a virtual museum, *Virtual Reality*, Vol. 7, pp. 120–128 (online), DOI: 10.1007/s10055-004-0121-5 (2004).
- [5] Tath, Z., Çelenk, G. and Altırmışık, D.: Analysis of virtual museums in terms of design and perception of presence, *Education and Information Technologies*, Vol. 28, pp. 8945–8973 (online), DOI: 10.1007/s10639-022-11561-z (2023).
- [6] Zhang, Y., Zhang, B., Jang, W. and Pan, Y.: Enhancing Spatial Cognition in Online Virtual Museum Environments: Integrating Game-Based Navigation Strategies for Improved User Experience, *Applied Sciences*, Vol. 14, No. 10 (online), DOI: 10.3390/app14104163 (2024).
- [7] Cao, T., Cao, C., Guo, Y., Wu, G. and Shen, X.: Interactive Embodied Agent for Navigation in Virtual Environments, *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, Bari, Italy, pp. 224–227 (online), DOI: 10.1109/ISMAR-Adjunct54149.2021.00053 (2021).
- [8] Wang, Z., Yuan, L.-P., Wang, L., Jiang, B. and Zeng, W.: VirtuWander: Enhancing Multi-modal Interaction for Virtual Tour Guidance through Large Language Models, *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '24, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), DOI: 10.1145/3613904.3642235 (2024).
- [9] Falk, J. H. and Dierking, L. D.: *The museum experience*, Whalesback Books (1992). 高橋順一 (訳): 博物館体験 - 学芸員のための視点 -, 雄山閣出版 (1996).
- [10] 吉田直人, 王 聰, 梅田和希, 間瀬健二, 米澤朋子: 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, HAI シンポジウム 2020, Vol. P-29 (2020).
- [11] 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, Vol. P-4 (2022).

- [12] 河合直樹, 近藤孝夫, 田中美苗: メタバースにおける態様の異なる NPC によるユーザの行動評価, 第 29 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 2D2-02 (2024).
- [13] Watanabe, T., Tsukamoto, K., Matsushima, Y., Gushima, K. and Nakajima, T.: A New Advertisement Method of Displaying a Crowd, *the Twelfth International Conference on Advances in Multimedia*, pp. 41–46 (2020).
- [14] Chartrand, T. L. and Bargh, J. A.: The chameleon effect: the perception-behavior link and social interaction., *Journal of personality and social psychology*, Vol. 76, No. 6, pp. 893–910 (online), DOI: 10.1037//0022-3514.76.6.893 (1999).
- [15] Albi, G., Bongini, M., Cristiani, E. and Kalise, D.: Invisible Control of Self-Organizing Agents Leaving Unknown Environments, *SIAM Journal on Applied Mathematics*, Vol. 76, No. 4, pp. 1683–1710 (online), DOI: 10.1137/15M1017016 (2016).
- [16] Wilson, R. T. and Suh, T.: Advertising to the masses: the effects of crowding on the attention to place-based advertising, *International Journal of Advertising*, Vol. 37, No. 3, pp. 402–420 (online), DOI: 10.1080/02650487.2017.1331967 (2017).
- [17] Dalton, R. C., Hölscher, C. and Montello, D. R.: Wayfinding as a Social Activity, *Frontiers in Psychology*, Vol. 10 (online), DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00142 (2019).
- [18] Pan, Y. and Siemens, J. C.: The differential effects of retail density: An investigation of goods versus service settings, *Journal of Business Research*, Vol. 64, No. 2, pp. 105–112 (online), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.02.011> (2011).
- [19] Giebelhausen, M. D., Robinson, S. G. and Cronin, J. J.: Worth waiting for: increasing satisfaction by making consumers wait, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 39, No. 6, pp. 889–905 (online), DOI: <https://doi.org/10.1007/s11747-010-0222-5> (2011).
- [20] Milman, A., Tasci, A. D. A. and Wei, W.: Crowded and popular: The two sides of the coin affecting theme-park experience, satisfaction, and loyalty, *Journal of Destination Marketing & Management*, Vol. 18, pp. 105–112 (online), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2020.100468> (2020).
- [21] Adobe: Mixamo, <https://www.mixamo.com/#/>.
- [22] Artvee, <https://artvee.com/>.
- [23] 長瀬容江, 原口雅浩: 絵画印象の研究における形容詞対尺度構成の検討, 久留米大学心理学研究, Vol. 12, pp. 81–90 (2013).
- [24] 長瀬容江, 原口雅浩: 絵画印象の研究における形容詞対尺度構成の検討 (2), 久留米大学心理学研究, Vol. 13, pp. 45–53 (2014).
- [25] Poly Haven: polyhaven.com, <https://polyhaven.com/>.
- [26] van Heerden, J.: Rosewood Veneer1, Poly Haven (online), available from <https://polyhaven.com/a/rosewood-veneer1> (accessed 2024-12-19).
- [27] Savva, D. and Cilliers, R.: Beige Wall 001, Poly Haven (online), available from <https://polyhaven.com/a/beige-wall.001> (accessed 2024-12-19).

付 録

A.1 博物館内で利用した絵画

Artvee[22] から選択した展示物の一覧を図 A-1 にしめす。展示物の作者は, 1, 3, 4, 6 は Moritz Mansfeld であり, 2 は Max Schödl, 5 は Ernst Czernotzky である。



図 A-1 Artvee から選定した 6 枚の絵

A.2 バーチャルミュージアム内で利用したテクスチャ

Poly Haven[25] からテクスチャを利用した。床材は, 「Rosewood Veneer1」[26], 壁面は「Beige Wall 001」[27] というテクスチャで, 色が比較的穏やかなものを選択した。