



バーチャル歩行体験における他者の効果

The effect of others in virtual walking experiences

内海朝斐¹⁾, 北崎充晃²⁾

Asahi UCHIKAI and Michiteru KITAZAKI

1) 豊橋技術科学大学大学院工学研究科 情報・知能工学専攻

(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1 丁目 1 番地、uchikai.asahi.fg@tut.jp)

2) 豊橋技術科学大学大学院工学研究科 情報・知能工学系

(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1 丁目 1 番地、mich@tut.jp)

概要:

参加者が座った状態で足裏振動と視覚情報から体験するバーチャル歩行において、参加者の前方に、他者アバターを配置し、位相を同期して一緒に歩行する条件、異なる位相で歩行する条件、歩行動作なく移動する条件を他者なし条件も含めて検討した。その結果、歩行他者がいる場合、自己移動感覚、脚運動感覚、臨場感、動機づけが高まる一方、歩行動作のない他者がいる場合には、歩行関連感覚や動機づけが低下することが示された。

キーワード: バーチャル歩行体験、社会的促進、移動感覚、テレプレゼンス、

1. 序論

バーチャル空間での旅行や歩行の体験は、高齢者や要介護者への福祉的な活用、遠隔旅行やリハビリテーションのような活用が提案されている。FiveStarVR は HMD や大型装置を用いて人に映像に加え風や匂い、振動等様々な刺激を与え没体験を可能とする[1]。歩行時と同様の視覚情報（オブティクフロー）と足裏振動によるバーチャル歩行装置は、より簡易に歩行体験を提供できる[2]。さらに、アバターを提示することで、その体験は増強される[3]。

また、他者の存在は、個人の動機や活動を促進することが知られている[4]。そこで、本研究ではバーチャルな他者の存在がバーチャル歩行体験を促進するかを検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 参加者

実験の目的を知らない 26 名の大学生、大学院生(男性 25 名、女性 1 名、平均年齢 21.69 歳、SD=1.577)が実験に参加した。参加者は全員裸眼または矯正視力が正常であった。本実験は豊橋技術科学大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。検定力分析により決定した必要な最小のサンプルサイズは 24 であり、26 名を参加者数とした。ただし、うち 2 名のデータは機材不良のため、除外した。

2.2 装置

実験では、制御のためにコンピュータ (13th Gen Intel(R) Core(TM) i7-13700KF, 3.40 GHz, CPU 3.40GHZ, NVIDIA GeForce RTX 4070 Ti) を用いた。映像刺激の提示には、ヘッドマウントディスプレイ (HMD, HTC Vive Pro Eye, 片目あたり 1440×1600pixel, リフレッシュレート 90Hz, 視野角最大 110°) と HMD 付属のコントローラーを使用した。足裏振動の提示には足裏振動装置を用いた。装置は前足部と踵部に振動子を固定し、各部に振動を与えた。装置はオーディオインタフェース (YAMAHA, Steinberg UR44C), パワーアンプ (Behringer EPQ 304), Vibrotactile transducer 振動子 Acouve Lab Vp408 (8Ω, 16-15000Hz) で構成された先行研究[3]で用いたものを利用した。

映像刺激と足裏振動は、Unity (2022.3.22f1) と C#スクリプトで制御・提示した。外部の環境音の影響を排除するために実験中はノイズキャンセリングヘッドフォン (Bose QuietComfort 35 wireless headphones) からホワイトノイズを再生した。参加者はヘッドマウントディスプレイとヘッドフォンを装着し、両眼立体視で映像刺激を観察した。また、参加者は両足に足裏振動装置を装着し、足の前足部と踵部に振動が提示された。



図 1 : 実験時の参加者の様子

2.3 刺激と条件

参加者のアバターがバーチャル環境内の道路を歩行した。その歩行は標準速度 1.746 [m/s]とした。実験参加者はこのアバターの視点からバーチャル環境を観察した。

参加者のアバターは男性アバターを用いた。参加者の視点の前に、人が操作していないアバター（バーチャルヒューマン）を全身が見えるように 4 人配置した（図 2）。参加者もバーチャルヒューマンも z 軸方向へ同じ速度で進んだ。



図 2: バーチャルヒューマン配置

触覚刺激は足裏に視覚刺激の映像と同期したリズムカルな振動を与えた。足裏振動は Python で作成した。振動はサンプリング周波数 44.1kHz、持続時間 0.5[s]とした。前足部と踵にそれぞれ異なる振動パターンを作成した。前足部には、50Hz の sin 波で最初の 0.4[s]間は振幅が最大振幅の 0.2 倍で一定、0.4[s]から 0.5[s]の間で振幅が線形に増加し、最大の 1 になった。踵には、50Hz の sin 波で最初の 0[s]の最大振幅の状態から 0.1[s]の間で振幅が 0.2 倍まで線形に減少し、それ以降は一定になる振動を与えた。かかとの振動が始まったあと、0.0666[s]後に前足部の振動がはじまった(図 3)。振動装置を使い、左足踵、左足前足部、右足踵、右足前足部の 4 箇所を振動させた。

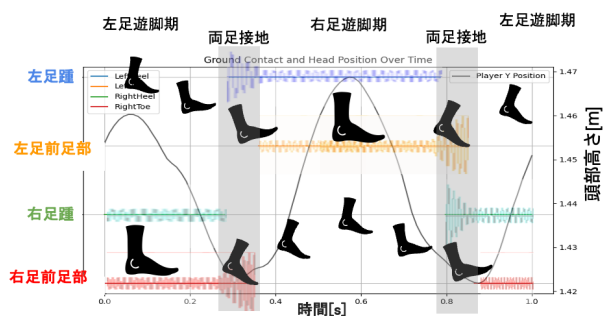


図 3: 足裏振動

2.4 手続き

参加者の前方に 4 人のバーチャルヒューマン(他者アバタ)を提示し、参加者と同じ歩行周期（他者同期歩行）、異なる歩行周期（他者非同期歩行）、直立不動（他者無歩行）の 3 条件を設定し、他者なしの計 4 条件を実験に用いた。参加者は 44s の歩行体験後に、歩行評価と動機づけの質問紙を行った。歩行に関する評価では歩行感覚、自己移動感覚、脚運動感覚、臨場感の計 4 つの評価について 0-100 の VAS (Visual Analogue Scale) で回答を行った。動機づけ尺度 (Intrinsic Motivation Inventory (IMI)) では興味/楽しさの 5 つの項目と、プレッシャー/緊張の 5 つの項目のみを選択し、7 段階リッカート尺度で回答を参加者に課した。

3. 結果

他者アバタの条件 4 水準を被験者内要因とする反復測定分散分析を行った。自己移動感覚や臨場感、動機付けの評価において他者条件の効果が有意であり ($p < 0.05$)、他者が同期して歩行している条件は、他者がいない条件よりも高かった。また、歩行感覚を含めて全ての評価で、他者が直立不動で移動するとき他の条件と比較して有意に低下した（図 4-9, $p < 0.05$ ）。

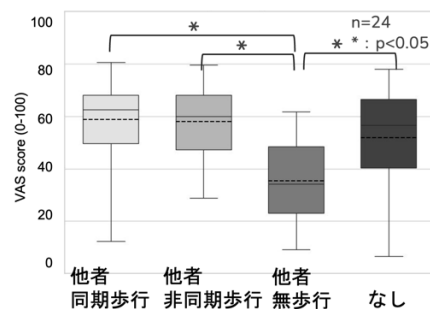


図 4: 歩行感覚

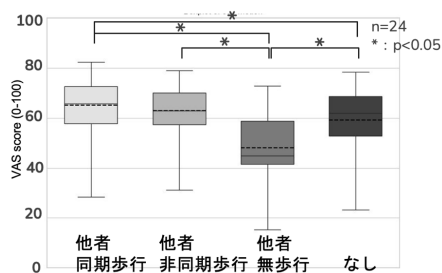


図 5: 自己移動感覚

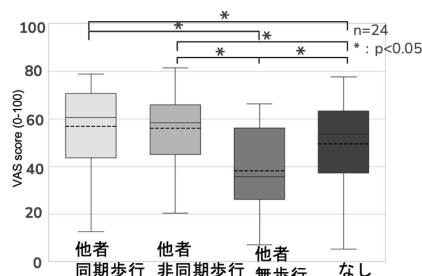


図 6: 脚運動感覚

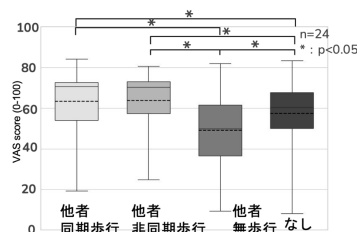


図 7: 臨場感

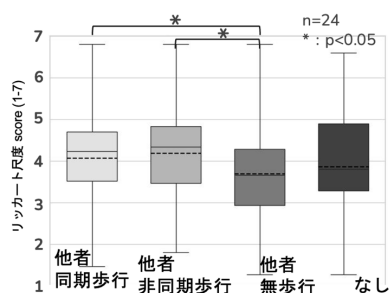


図 8: 動機づけ尺度興味/楽しさ

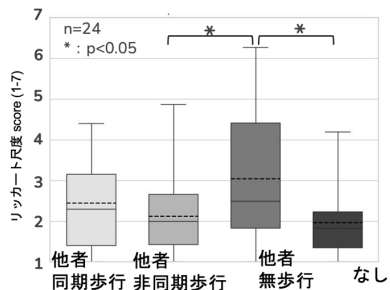


図 9: 動機づけ尺度プレッシャー/緊張

4. 考察

歩行評価の結果から、歩行感覚、自己移動感覚、脚運動感覚、臨場感は歩行する他者アバターによる促進効果があ

る可能性が示唆された。またすべての歩行評価で他者同期と他者非同期の事後検定に差がなかったことから、他者の同期、非同期は関係ないと考えられる。さらに、すべての感覚で直立不動の他者が移動することによる抑制効果があることが示唆された。以上のことから、歩行する他者の存在は歩行体験にとって、正の効果を与えるが、不自然に移動する他者は負の効果を与えることが示唆された。

動機づけ尺度の結果から、歩行する他者アバターは歩行体験を促進することが示唆された。また、直立不動の他者が移動することによる抑制効果があることが示唆された。どちらの動機づけ尺度でも他者同期と他者非同期の事後検定に差がなかったことから、他者の同期、非同期は関係ないと考えられる。以上のことから、歩行する他者の存在は歩行体験にとって、楽しさや興味を与えるが、不自然に移動する他者は緊張感を与えることが示唆された。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP23K17460、JP23H03882 の補助を受けた。

参考文献

- [1] 池井寧, 雨宮智浩, 広田光一, 阿部浩二, 佐藤誠, 北崎充晃(2019):身体的追体験の概念の提案と一部機能の試験実装 - 多感覚・運動 情報提示による歩行・走行体験の共有:日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 24(2), 1-11.
- [2] Kitazaki, M., Hamada, T., Yoshiho, K., Kondo, R., Amemiya, T., Hirota, K., and Ikei, Y. (2019). Virtual walking sensation by prerecorded oscillating optic flow and synchronous foot vibration. *i-Perception*, 10(5), 1-14. doi:10.1177/2041669519882448
- [3] Matsuda, Y., Nakamura, J., Amemiya, T., Ikei, Y., and Kitazaki, M. (2021). Enhancing Virtual Walking Sensation Using Self-Avatar in First-Person Perspective and Foot Vibrations, *Frontier in Virtual Reality*, 2:654088
- [4] Zajonc, R. B., & Sales, S. M. (1966). Social facilitation of dominant and subordinate responses. *Journal of Experimental Social Psychology*, 2(2), 160-168.