

VR と足裏触覚を用いたアテンション操作による リダイレクテッド・ウォーキング

Redirected walking by attention manipulation using VR and foot sole haptic

中垣内千晶 *1
Chiaki Nakagaito

橋本康弘 *2
Yasuhiro Hashimoto

岡瑞起 *3
Mizuki Oka

加藤和彦 *4
Kazuhiko Kato

*1筑波大学情報学群情報科学類
University of Tsukuba

*2筑波大学システム情報系
University of Tsukuba

*2筑波大学システム情報系
University of Tsukuba

*2筑波大学システム情報系
University of Tsukuba

It is known that a person intent to walk straight in a state with blindfolding, unconsciously walks with drawing an arc. Redirected Walking is a technique to realize a walking experience in a virtual space wider than the real space by exploiting imperfections of such human sense of direction sense / space recognition and its mechanism. When walking while looking at the straight road displayed on the virtual world along an arc with a radius of 22m or more in real space, humans do not notice that they are curving. However, it is difficult to use the circumference with a radius of 22m because of the room size and the limitation of the trackable area. Unlimited Corridor using haptic feedback realizes infinite straight walking experience while walking along the wall on the circumference of 5m in diameter. In this research, we propose a new framework for Redirected Walking based on manipulating human attention to feet/body balance induced by a terrifying and unstable situation. Specifically, for the physical situation walking on a circular narrow scaffold having a diameter of 2m, a straight walking sensation is realized by foot haptic feedback and image correction using the technique of the Redirected Walking. Furthermore, we examine the framework of the experiment to clarify the effect of such VR environment on human cognition and physical operation.

1. はじめに

人は空間内で方向の手がかりとなる視覚的目印がないと、まっすぐ歩くことができないという性質が古くから知られている。例えば森や砂漠などで道に迷うと、円を描いてぐるぐると回るように歩いてしまうときれている [1]。一方、半径 22m 以上の円であれば、VR 空間において直線の道を見ながら歩いた場合、人はカーブして歩いていることに気づかない [2] という報告もあるが、部屋内の広さとトラッキング可能領域の制限から、半径 22m の円周を用いることは難しい。Redirected Walking[3] は、このような人の方向感覚・空間認識感覚の不完全さやその仕組みを用いて、実空間より広い VR 空間内での歩行体験を実現する手法である。人が気づかない程度に HMD 内映像を回転させることで、実空間で人の向きを無意識的に回転させる Redirection の手法を用い、実空間の 2 倍スケールの VR 空間内歩行を実現した。さらにその技術の発展として、Unlimited Corridor[5] では直径 5m の円周に配置された壁沿いを歩きながら、手からの触覚フィードバックを利用することで無限直線歩行体験を実現している。physical object の触覚フィードバックは、有意に VR 空間内の臨場感を強化する。また、視覚と触覚の情報間に矛盾がある場合、ある程度の範囲内であれば人は気づかない [6][7]。2012 年の Yuki Ban らの研究では、real object と virtual object のエッジ間が-35 度から 30 度程度の違いであれば気づかないことが確かめられた [6]。

本研究では、臨場感のある恐怖感情と足元・身体バランスへの注意力の傾倒を利用することで、新しい無限直線歩行体験を実現する。具体的には、直径 2m の円状の狭い足場の上を歩行する物理的状況に対して、足裏触覚と Redirected Walking の技術を応用した映像補正によって直線歩行感覚を実現する。さらに、そのような VR 環境が人間の認知・身体運用に与える効果を明らかにする為の被験者実験の枠組みについて検討する。

2. 手法

2.1 概要

本研究で提案するシステムの全体像は、高所に設置された直線的な狭い足場を歩行する VR 視覚を与えながら、物理的には環状の足場の上を歩行するというものである (図 1)。被験者は高所映像によって注意が足元と身体バランスへと誘導され、それによって直線的な足場の映像と実際の環状の歩行のズレに気が付かなくなる。物理的な足場の直径は 2m、足場の高さは約 10cm (足場からはみ出た足が床につかない高さ) とした。



図 1: 実験の様子例

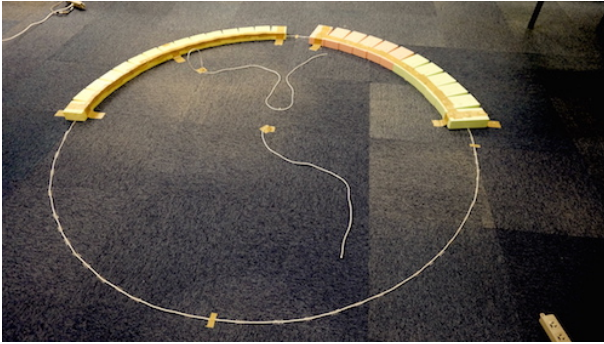


図 2: 実験に用いた足場の写真 直径 2m 円周全体図

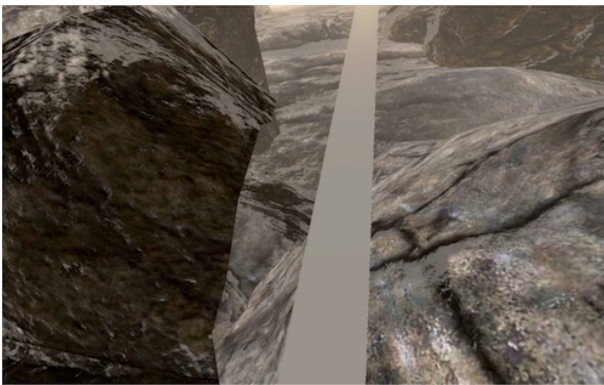


図 3: 実験中 HMD に表示した映像

2.2 実装

VR のためのヘッドマウントディスプレイ (HMD) およびセンサー群には HTC VIVE™ システムを利用した。このシステムは HMD とコントローラを最大 5m × 5m の範囲でトラッキング可能である。また、映像の作成やデータ入出力等のシステムコントロールには、VR アプリケーション開発で広く用いられているゲームエンジン Unity を用いた。部屋の中央に硬質発泡スチロールのブロックを円状に組み歩行のための足場とし (図 2)、部屋の隅、天井付近 2 か所に HTC VIVE 付属のトラッキングカメラを設置した。被験者は両足に HTC VIVE 付属のコントローラをマジックテープで固定し、映像の中で自分の足の位置と足場の位置の関係を視覚的に把握する。

2.3 実験

実験では、足場は図 2 に示したように幅 10cm の弧と 20cm の弧の部分を用意し、それぞれについて被験者の歩行速度や横方向のぶれ、HMD の角度などを追跡する。また、歩行後に被験者は体験の感想を求められる。被験者数は 8 名 (主に 20 代の学生) で、実験の趣旨や足場の配置などについて全く知らされていない被験者については、部屋の外から目を閉じた状態で足場の歩行開始位置まで実験インストラクターが誘導し、HMD を装着した後で目を開けてもらう。実験インストラクターの指示でまず 20cm 幅の足場、続いて 10cm 幅の足場を歩行してもらい、実験を終えた後は再び目を閉じた状態で部屋の外へと誘導する。そして、実験に関する質問リストに回答してもらう。これらの回答結果、被験者の感想、および実験中に取得した軌道データ・速度データから考察を行った。被験者の感想と回答

からは、現段階では一般化は難しいが、本実験の目的である直線歩行感覚の実現が概ね達成されていることを確認できた。

3. 結論

本研究では、臨場感のある恐怖感情と足元触覚・身体バランスへの注意によって人間の認知・身体運用に変化をもたらす新しい VR 環境を提案、実装し、それを利用した被験者実験を行った。今回の実装ならびに実験から、映像の補正方法や物理インターフェイスの改善点、ハードウェア上の制約、被験者実験のデザインに関する問題等、いくつかの課題が明らかになった。しかし、実験全体を通して被験者の反応は期待通りであり、この新しい視点に基づいた VR 環境がこれまでにない新しい体験を生じさせることを確認できた。これらの考察をもとに、今後より詳細な実験を行う予定である。

参考文献

- [1] Souman, Jan L. et al., Walking Straight into Circles, *Current Biology*, Volume 19, Issue 18, pp.1538-1542, 2009
- [2] Steinicke, F. et al. (2010). Estimation of detection thresholds for redirected walking techniques. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 16(1), (pp. 17-27).
- [3] Razzaque, S. et al. (2001, September). Redirected walking. In *Proceedings of EUROGRAPHICS* (Vol. 9, pp. 105-106).
- [4] Razzaque, S. et al. (2002, May). Redirected walking in place. In *ACM International Conference Proceeding Series* (Vol. 23, pp. 123-130).
- [5] Matsumoto, K., Ban et al. (2016, July). Unlimited corridor: redirected walking techniques using visuo haptic interaction. In *ACM SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies* (pp. 20). ACM.
- [6] Ban, Y. et al. (2012, June). Modifying an identified angle of edged shapes using pseudo-haptic effects. In *International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications* (pp. 25-36). Springer Berlin Heidelberg.
- [7] Kohli, L. (2009, March). Exploiting perceptual illusions to enhance passive haptics. In *IEEE VR Workshop on Perceptual Illusions in Virtual Environments* (pp. 22-24).
- [8] Matsumoto, K. et al. (2016, March). Curvature manipulation techniques in redirection using haptic cues. In *3D User Interfaces (3DUI), 2016 IEEE Symposium on* (pp. 105-108). IEEE.