



直進型トレッドミルによる Locomotion-Interface の評価

Evaluation of Locomotion-Interface with Straight-Walking Treadmill

阪下凌大¹⁾, 田中久弥¹⁾

Ryota Sakashita, Hisaya TANAKA

1) 工学院大学大学院 工学研究科 情報学専攻 (〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1-27-2, em18003@ns.kogakuin.ac.jp)

概要:我々は直進歩行型トレッドミルと肩回転を用いた Locomotion-Interface (LI) を開発している。このシステムを用いて座位姿勢、足踏み姿勢、歩行姿勢で実験を行い、酔いと臨場感を評価した。また、それぞれの姿勢で肩回転とコントローラの条件で実験した。その結果、被験者 6 名が座位姿勢でコントローラ操作を行った場合、SSQ のトータルスコアで約 13 点、トレッドミル上歩行で肩の回転での制御は約 4 点であったため、提案 LI は酔いにくいことが示された。また、IPQ は Space Presence 要素で約 4.2 点、Real 要素で約 3.0 点を得られ、高い臨場感を得られることもわかった。
キーワード: HMD, スポーツ・健康

1. 序論

近年の VR コンテンツの発展が見られると共に、VR 酔いの研究も盛んに行われている。VR 酔いとは車酔いに似た症状で、目眩、吐き気などの症状が見られる⁽¹⁾。この症状の発生頻度や症状の程度は個人差があり、酔いが発生しやすい個人は VR コンテンツの利用を控えることがある。しかしながら、今後教育や業務、防災などの VR コンテンツの利用が日常で求められる際には、コンテンツ自体が VR 酔いに考慮されている必要がある。VR 酔いは現実の動作と VR の視覚刺激との矛盾により発生しやすいため、VR コンテンツの視覚刺激と身体感覚情報の統合を助け、臨場感を向上させることで VR 酔いの発生可能性を抑えられると考えられている[1]。

VR コンテンツの視覚刺激と身体感覚情報との統合を助けるインターフェースのうち、特に歩行動作に特化した装置を歩行感覚提示装置 (Locomotion-Interface : LI) と呼ぶ。LI はユーザが自身の歩行動作によって仮想空間の移動感覚を得る装置である[2]。

我々は直進型トレッドミルを利用した LI を開発した。コントローラや定点歩行動作型の LI と比べて、実際に歩く行為があるので身体感覚が実際の歩行に近い。それ故、高い臨場感を得られるため、視覚刺激と身体感覚情報との少なくなると考えた。またこのシステムは実歩行型と比べて、歩行に必要とされる使用空間が少なく済む利点がある。

このシステムの課題は、直進歩行しか出来ないため、操作自由度が低い事であった。そこで我々は、肩の回転の Yaw 軸回転量を計測し、仮想環境 (Virtual Environment: VE) の左右歩行制御に利用した[3][4]。このシステムの酔いを

Simulator Sickness Questionnaire(SSQ)を利用して評価したところ、被験者全体で 48 点満点中約 6 点を得られ、比較的低い数値だったため、酔いにくい事が示された。

しかしながら、一般的なコントローラ並びに、座位、足踏みなどの制御姿勢と比較していない為、優位性が不明瞭であった[5][6]。そこで他の LI システムを再現し、それらを提案 LI と比較して酔いの程度や臨場感の優位性を評価した。また、酔いの程度を示す SSQ だけでは臨場感の評価をする事は困難である為、臨場感を正確に表現できる指標を利用する必要がある。

そこでこれらの課題を踏まえ、本研究では評価指標に Igroup Presence Questionnaire(IPQ)を加えることで、臨場感の評価を行う。また、他の LI として、座位姿勢と足踏み姿勢との比較を行う事で、歩行姿勢の違いによって臨場感や酔いにどのような影響を与えるのか考察する。

2. Linear-Locomotion-Interface システムの概要

2.1 実験システム

先行研究では、肩の回転量を利用した直進型 LI を開発した。図 1 に LI のシステム構成図を示す。被験者が装着している Oculus 社の Head Mounted Display (HMD) に内蔵されている加速度センサが頭部の回転情報を PC に送り、VE 上の視点の制御を行う。歩行者の正面に設置された Microsoft 社の Kinect は両肩の座標を取得する。取得した座標値はゲームエンジンを含む統合開発環境である Unity が取得する[7]。図 2 は Kinect が計測した肩位置情報から Unity 上で肩の回転量を求める概要図である。Unity は取得した座標値から左肩をベクトルの始点とした回転を計算し、その正接の逆関数を求めることで、肩の回転量を算出する。これにより肩の回転量を算出する。これを毎秒 80~

ドミル上歩行の条件が最もスコアが低く、酔わないことがわかった。

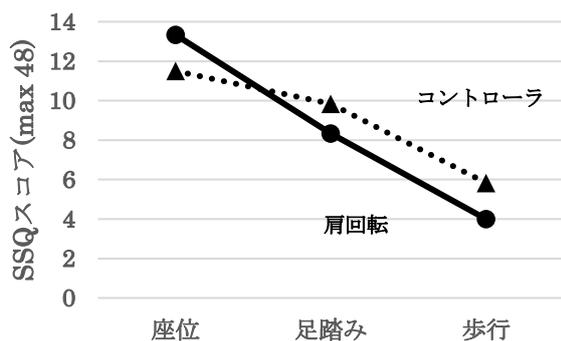


図 5 SSQ のトータルスコア

5.2 操作姿勢と臨場感の関係

図 6 に 6 名の IPQ の SP 要素の平均値を示す。横軸は VE 移動中の被験者の姿勢の違いであり、縦軸は IPQ のスコアである。実線はその姿勢において肩の回転量での制御の結果であり、点線はコントローラでの制御の結果である。コントローラ課題における SP スコアは、座位姿勢は 3.2 点、足踏み姿勢は 3.4 点、歩行姿勢は 3.7 点であった。肩回転の操作課題では、座位姿勢が 3.3 点、足踏み姿勢が 3.8 点、足踏み姿勢が 4.2 点であった。肩とコントローラにかかわらず、姿勢が現実歩行に近いトレッドミル上歩行の試行になるにつれて、SP スコアが上昇していることを確認した。

図 7 は 6 名の IPQ の Real 要素の平均値を示す。コントローラ課題では、座位姿勢が 1.8 点、足踏み姿勢が 2.5 点、歩行姿勢が 3.1 点であった。肩回転の操作課題では座位姿勢が 2.2 点、足踏み姿勢が 2.7 点、歩行姿勢が 3.0 点であった。SP 要素同様に歩行姿勢がトレッドミル上歩行になるにつれて点数が上昇しており、現実動作との類似度が高いと回答している事がわかった。

図 8 に 6 名の IPQ の Inv 要素の平均値を示す。コントローラ課題では、座位姿勢が 2.9 点、足踏み姿勢が 2.8 点、歩行姿勢が 2.9 点であった。肩回転の操作課題では座位姿勢が 3.0 点、足踏み姿勢が 3.0 点、歩行姿勢が 3.3 点であった。コントローラ制御におけるスコアはどの姿勢でも大きな変化はなかったが、トレッドミル上歩行における肩での制御でスコアが上昇していた。Inv の項目は VE に没入せず、現実環境に意識が向いていることを示す指標であり、この結果からトレッドミル上歩行において肩での移動制御は現実環境に注意が向くことがわかった。

6. 考察

IPQ の結果より、我々のトレッドミル上歩行にて肩の回転量で VE 移動を制御する方法が最も SP の値が 4.2 点と最も高いことがわかった。これにより、本 LI システムが、空間の存在感が最も高いことがいえる。IPQ の Inv スコアは大きな差は無いが、肩回転の操作課題の歩行姿勢が 3.3 点と最も高いことがわかった。Inv スコアは、VR コンテンツを利用して没入しようとしているにも関わらず、現実空間に注意が向いていることを示すスコアである。本来

ならば、臨場感が高ければこの Inv スコアは低い値を取るはずだが、最も高い結果になった。これは、6 つの試行条件の中で最も身体を動かす条件であった為、現実の身体動作へ注意が向いたからだと考えられる。

また、SSQ においても提案手法の肩回転の操作課題における歩行操作が 4.0 点と最もスコアが低く、酔いにくいことがわかった。このことと、前述の空間の存在感が高いことから、身体感覚情報と視覚刺激の矛盾が少なくなったといえる。

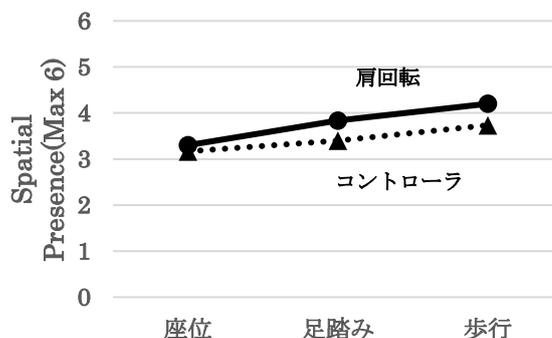


図 6 IPQ の SP 要素のスコア

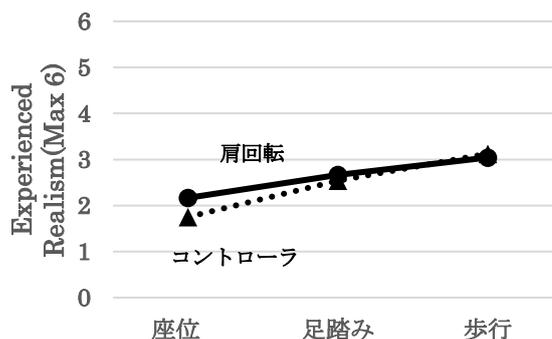


図 7 IPQ の Real 要素のスコア

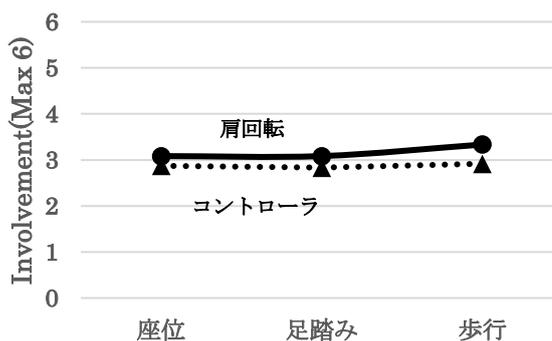


図 8 IPQ の Inv 要素のスコア

7. 結論

本研究では直進型トレッドミルを用いた Locomotion-Interface(LI)を他の LI と比較した。評価は酔いのアンケートである Simulator Sickness Questionnaire(SSQ)や、臨場感のアンケートである Igroup Presence Questionnaire(IPQ)で評価した。結果は提案手法のトレッドミル上歩行で肩回転量での操作が SSQ スコアで 48 点満点 4 点と最も低い値を示し、他の LI より酔いにくいことがわかった。IPQ の下位

項目である Spatial Presence（空間の存在感）のスコアが6点満点中4.2点と最も高い値を示し、提案手法が最も空間への存在感が高く、臨場感のあるLIであると言えた。

参考文献

- [1] 田中信壽, “VR 酔い対策の設計に求められる知見の現状”, 日本バーチャルリアリティ学会第1回大会論文誌, Vol.10, No.1, pp.129-138, 2005.
- [2] 野間春生, “ロコモーションとバーチャルリアリティ”, 計測と制御, Vol.43, No.2, 2004.
- [3] Sakashita R, Tanaka H, “Analysis of Physical Feature in The Course Turn while Walking”, Proceedings of International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE), Florida,Orland pp.243-250, Springer.
- [4] Sakashita R, Tanaka H, “Body Turning Feature Measurement for Liner Walking Locomotion Interface”, Proceedings of 24th International Symposium on Artificial Life and Robotics(AROB), Beppu, Oita, Japan, p.74 OS14-3, 2019.
- [5] 石原大貴 他, “座位姿勢での擬似歩行運動による歩行感覚提示インタフェース”, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, No.2015, pp.354-356, 2015.
- [6] 岩下克 他, “足踏み動作を用いた移動インタフェースの開発”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-A, No.1, pp.87-95, 2004.
- [7] Unity, ”<https://unity.com/ja>”, 2019/7/19.
- [8] R.S. Kennedy, et al. “Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness,” The International Journal of Aviation Psychology, 3(3), pp.203-220, 1993.
- [9] igroup.org, ”<http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>”, 2019/7/19.