

Virtual-ISU: 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

石原大貴^{†1} 小島健三^{†1} 櫻井清花^{†1} 関根健太^{†1}
北野貴士^{†1} 柴田龍輝^{†1} 大島登志一^{†1}

本論文では、両足を動かすことによる歩行運動感を高く維持したまま、座位姿勢での歩行感覚提示インタフェースを提案する。典型的なロコモーションインタフェースは、立位姿勢で可動床や滑走面上で実際に歩行動作をする形式である。このような形式のロコモーションインタフェースでは、実利用上、安全面の配慮が必要であり、設置場所の制約もある。本研究では、椅子型デバイス Virtual-ISU (バーチャラ椅子) を開発し、座った状態で、楽に安全に、バーチャル空間内の歩行を実現する。Virtual-ISU の座面及び背面に圧力センサなどを配置し、両足大腿部の上下運動と体幹の重心移動を検出することにより、方向や速度などの歩行状態を推定する。足に装置を装着したり、床にセンサ類を配置したりする必要もなく、子供からお年寄りまで、家庭でも安全かつロバストに使用することが可能である。

Virtual-ISU: A Locomotion Interface for immersive VR Gaming in Seating Position

HIROKI ISHIHARA^{†1} TAKASHI KITANO^{†1} KENZO KOJIMA^{†1}
SAYAKA SAKURAI^{†1} KENTA SEKINE^{†1} RYUKI SHIBATA^{†1}
TOSHIKAZU OHSHIMA^{†1}

This paper describes a new locomotion interface which is suitable for immersive Virtual Reality (VR) gaming in seating position. Typical locomotion interfaces for VR experience are used in standing position, and a user actually walk on a sliding surface or moving floor. When the typical device is used, there needs consideration of safety and installation space. In our approach, a user can walk around in a virtual space while seating on a chair type device, Virtual-ISU. Virtual-ISU is equipped with pressure sensors on its seat surface and the backrest. The sensors detect movement of legs and body of the user. Walking direction and speed are estimated from the movement of legs and body. It is not necessary to attach sensors to user's body or floor, and Virtual-ISU can be used for people of wide age at home.

1. はじめに

バーチャルリアリティ (Virtual Reality; VR) におけるロコモーションインタフェースでは、実際の歩行動作により、高い没入感でバーチャル空間を移動するものである。従来研究されているものは、図 1(a)のように、立位姿勢両足で実際に歩く動作を行い、移動量を接地面の逆方向への移動や滑りによって相殺するものである (図 1 (a))。

VR の文脈では、感覚モダリティの整合性の観点から、このような実際の歩行動作を自然に行えることを重視している。一方、Oculus Rift などゲームなどのホビーユースを目的とした廉価な VR デバイスやインタフェースデバイスが市場で注目を集めており、家庭用ゲーム機で身体動作を自然なインタフェースとして利用する流れと共に、VR 体験の民生応用への普及が進みつつある。

本研究では、そのような背景において、HMD を装着した没入型の VR 体験を PC ゲームに導入することを前提に、これに適したロコモーションインタフェースを実現するこ

とを目的とする。両足を動かすことによる歩行運動感を高く維持しつつ、図 1(b)のような座位姿勢での歩行操作が可能な歩行感覚提示インタフェース Virtual-ISU (バーチャラ椅子) を提案する。

本論文では、立位で実際に歩行動作をする形式のロコモーションインタフェースでは、実利用の上で、安全面の配慮と設置場所の制約がある。例えば、家庭用デバイスとしての普及を考えると難がある。本手法では、通常の椅子の座面及び背面に圧力センサなどを配置し、両足大腿部の上下運動と体幹の重心移動を検出することにより、自然な歩行動作を入力することを可能とする。

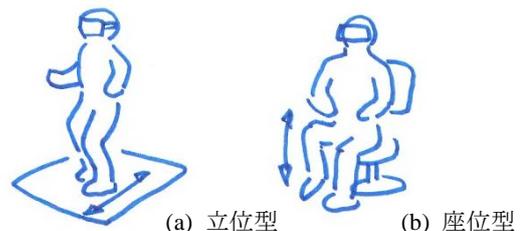


図 1 ロコモーションインタフェースの体験形式

Figure 1 Styles of locomotion interface usage

^{†1} 立命館大学 映像学部
College of Image Arts and Sciences, Ritsumeikan University

Virtual-ISU では、足や身体に装置を装着したり、床にセンサ類を配置したりする必要がない。また、座った楽な姿勢で体験でき、可動する機構がなく、子供からお年寄りまで、家庭でも安全に気軽に使用することが可能である。

2. 座位型ロコモーションインタフェース

ゲームという応用の観点では、没入感の高い体験を重視することを基盤としつつも、VR における立位型の従来方式をそのまま取り入れることが最適ではないケースも想定される。すなわち、家庭でも遊べるようなゲームに適用するためには、以下の3点が課題となると考えられる。

1) 装置類の設置・運用スペースの問題：本格的な装置では機構が複雑であったり、大掛かりであったりするために、装置と安全対策を含めて設置・運用のためのスペースが必要で、本研究が対象とする家庭などでの利用には適さない

2) HMD との併用における安全性の問題：KINECT などの身体動作入力装置を使い、足踏み動作で歩行を行うインタフェースでは機材設置の問題はないが、視野を覆う没入型 HMD と併用する観点では、立位での使用には転倒や周囲との接触などの安全性の課題がある。

3) 身体的疲労の問題：PC ゲームや家庭用ゲームでは、1 時間程度の連続プレイが行われる状況は珍しくない。身体動作による疲労感も含めてリアリティの要素として考慮する従来の VR の文脈とは異なり、ゲーム用のインタフェースとしては、実際の運動よりも負荷の少ない動作による入力が望ましいと考えられる。

これらを鑑み、本研究では座位姿勢でのロコモーションインタフェースを提案するにいたった。試作した椅子型ロコモーションインタフェース Virtual-ISU では、椅子の背もたれと座面に圧力センサを備え、重心移動と大腿部の上下運動を検出し、バーチャル空間内での歩行動作と対応付けた操作入力を実現する。

3. 関連研究

自然な歩行動作を実現するためには、一般的に複雑で大掛かりな装置機構となる[1][2]。簡易な機構の事例として、一方向のトレッドミルにしても、一般には幅 1m、奥行き 2m 程度のスペースは必要である。代表的な研究事例としては、岩田らの Virtual Perambulator [3]や GaitMaster [4]、全方向に歩行平面が無限に循環するトーラストレッドミル [5] などがある。Virtual Perambulator およびその基本機構に基づいた民生用市販製品 Cyberith Virtualizer [6]や Virtuix Omni [7]では、足裏と歩行面の滑り摩擦を利用し、複雑な機構を排しているが、それでも 1.5m 四方のスペースは必要そうであるし、安全のためのハーネスなどを装着する。米 Sarcos 社の一輪車型の UniPORT [2]は、サドルに体重をあずけるという観点からは座位型に近く、HMD で視界を遮断されている状況でも安全性が担保される。

雨宮らが提案した足踏み式空間移動インタフェース (WARP)[8]では、股関節の角度を検出して足踏み運動から歩行速度の推定を行っている。これは本研究と同様の趣旨で大掛かりな機構なく、簡便に歩行に近い動作で移動できる方式を目指すものである。異なる点としては、WARP では従来の VR 的文脈での動作のリアリティを重視している一方で、本研究では自然な歩行動作ができることは重視しつつも、前述のような観点から、PC ゲームや家庭用ゲームなどでの利用に快適な方式を目指している点である。

4. 実験システム

4.1 システム構成と試作デバイス

図 2 に実験システムの構成図を示す。PC に HMD とプレイ用ゲームパッド、Virtual-ISU を接続する。

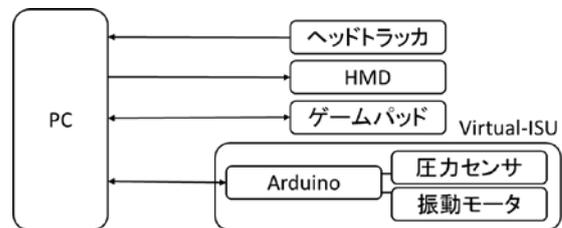


図 2 システム構成図

Figure 2 System Configuration

図 3 に示すように、Virtual-ISU はセンサとアクチュエータを備えた椅子型デバイスである。椅子の背もたれ、座面臀部、座面大腿部にそれぞれ左右 2 つずつ、計 6 つの圧力センサを備える。これらのセンサによって、3 種類のユーザの歩行動作を推定する。



図 3 Virtual-ISU

Figure 3 Virtual-ISU

- 1) 左右の大腿部圧力センサで検出した両大腿部の上下運動から、歩行速度・歩幅に変換する。
 - 2) 座面臀部圧力センサにより左右の重心移動を検出し、左右旋回動作と解釈する。
 - 3) 背面部圧力センサにより背もたれに寄りかかっている状態を検知した場合、後ろ歩き動作であると解釈する。
- また、スピーカとパイプレーション・モータを備え、歩行動作による足音と振動をフィードバックする。

4.2 実験用コンテンツ

Virtual-ISU の機能を評価するために、下記のような観点から実験用のコンテンツを制作した。様々な道路の形状を体系的に取り込んでいる自動車教習所のコースを参考として、図 4 のような多様な要素を盛り込んだコースとした。このコースには、周回・直線（走る）、クランク（急な方向転換）、八の字（大曲率カーブの旋回）、S 字（左右の蛇行）、車庫入れ（後退）、幅寄せなどが含まれている。

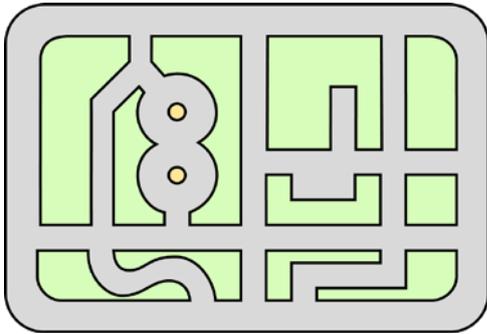


図 4 バーチャル歩行テストコース
Figure 4 Virtual Walking Test Course

また、コースの設計にあたっては、一般的な建物の廊下程度の幅を想定することとし、建築基準法施行令第 119 条「廊下の幅」に基づき、病院・共同住居の廊下の幅を参考とした。両側に居室がある場合の廊下の幅である 1.6m と、それ以外の廊下の幅である 1.2m をそれぞれ周回路とそれ以外の道幅として採用している。

体験内容としては、このコース上に順路を示すフラグをチェックポイントとして配置し、それらを取得しながらゴールまで向かうものとする。想定する主観視点映像を図 5 に示す。スタートからゴールまでの時間を計り、操作性の一評価指標とすることを試みる。EC2015 では、この実験用コンテンツを用いてユーザからのフィードバックを得る予定である。

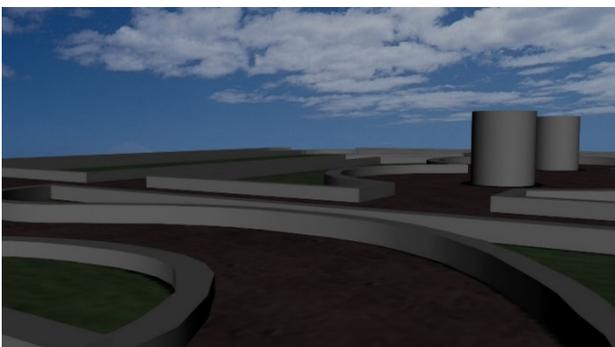


図 5 主観視点体験映像
Figure 5 First-Person View

5. まとめと今後の予定

Virtual-ISU の実験と改良を重ねるとともに、エンターテインメント性のある VR システムの事例開発を行い、VRゲーミングにおける座位型ロコモーションインタフェースの有効性について検討を行う。

歩いて移動することの必然性を活かした事例案としては、制限時間内に閉じ込められている建物から抜け出すことをクリア条件とする脱出系ゲームが考えられる。タイムリミットによる焦燥感の中でも意識せずに移動操作ができるロコモーションインタフェースであることが問われ、その有効性が試されるものと期待される。これ以外にも多くのゲームコンテンツと組み合わせられる可能性があり、試行を重ねて生きたい。

Virtual-ISU は、椅子に座って貧乏ゆすり程度の大腿部の動きができれば歩行操作が可能である。そのため、楽に安全に長時間の体験を実現する所期の目的以外にも、高齢やけがなどで歩行運動に支障のある人にとって、バーチャルな歩行体験の提供や、リハビリにも有効である可能性があると考えられる。デバイスの完成度を上げることと併せて、発展的な応用を考えることとしたい。

謝辞 本プロジェクトに協力している研究室のメンバーに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 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, pp. 133 - 138 (2004)
- 2) Harrison P. Crowell III, Jim A. Faughn, Phuong K. Tran, Patrick W. Wiley: Improvements in the omni-directional treadmill: summary report and recommendations for future development, Army Research Laboratory, ARL-TR-3958 (2006)
- 3) Hiroo Iwata: VIRTUAL PERAMBULATOR: A novel interface device for locomotion in virtual environment, Proc. of VRAIS'96, pp. 60 - 65 (1996)
- 4) 岩田洋夫：全方向無限平面を用いたロコモーションインタフェース，日本 VR 学会論文誌，Vol. 5, No. 2, pp. 853 - 862 (2000)
- 5) 岩田洋夫，中泉文孝：凹凸面を呈示するロコモーションインタフェース GaitMaster，日本 VR 学会論文誌，Vol. 5, No. 2, pp. 863 - 866 (2000)
- 6) Cyberith 社製品紹介 URL, <http://cyberith.com/product/> (2015 年 7 月 29 日閲覧)
- 7) Virtuix 社 URL, <http://www.virtuix.com/> (2015 年 7 月 29 日閲覧)
- 8) 雨宮慎之介，八木寿浩，塩崎佐和子，藤田欣也，渡部富士夫：足踏式空間移動インタフェース (WARP) の開発と評価，日本 VR 学会論文誌，Vol. 6, No. 3, pp. 221 - 228 (2001)