



力覚と歩行感覚が体感できる VR 環境の開発

野澤彼方¹⁾, 本多健二²⁾, 脇田航³⁾, 佐藤誠⁴⁾, 原田哲也⁵⁾

- 1) 東京理科大学 基礎工学研究科 電子応用工学専攻 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1, 8118537@ed.tus.ac.jp)
- 2) 東京海洋大学 海洋工学部 海事システム工学科 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6, khonda@kaiyodai.ac.jp)
- 3) 広島市立大学大学院 情報科学研究科 (〒731-3194 広島市安佐南区大塚東 3-4-1, wakita@hiroshima-cu.ac.jp)
- 4) 東京工業大学 (〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, mkt.sato@gmail.com)
- 5) 東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1, harada@te.noda.tus.ac.jp)

概要：両手それぞれに対して 6 自由度の力覚提示を行うウェアラブルデバイス SPIDAR-W と、荷重センサを用いて足踏み動作による無限歩行を実現したロコモーションデバイスの 2 つを組み合わせ、力覚提示と歩行感覚を同時に得られる複合的なデバイスを試作した。また、本デバイス及び VR 向け視覚ディスプレイ HTC Vive を用いたマルチモーダルな VR 体験を開発した。

キーワード：マルチモーダル・クロスモーダル、力触覚ディスプレイ、ロコモーションインタフェース

1. はじめに

近年、安価な VR HMD の登場により、バーチャルリアリティ技術がより広く一般に利用されるようになった。

HMD 技術の発展により VR 空間への視覚的な没入度は飛躍的に向上しており、Oculus Rift [1]や HTC Vive [2]などの HMD を使用することで、ユーザはあたかも自身が VR 環境に存在しているかのような感覚を得ることができる。

一方で、VR 空間と現実同等にインタラクションを行うためには、HMD の使用だけでは物理的な制約や提示感覚の不足が課題となっている。HTC Vive のようなルームスケール HMD を用いて VR 空間内を移動する場合、現実世界での身体的な動きをそのまま VR 空間へ反映することができるが、この方法では現実空間の物理的な制約があり、無限に一方へ歩き続けることはできない。また代替的な移動手法として、ボタン操作によるワープ移動、スティック操作による移動などが用いられることがあるが、これらの手法では VR を構成する要素である自己投射性[3]が欠如してしまう。また HMD で VR 空間に視覚的に没入しても、目の前に存在するように見えているオブジェクトに触れなければ、やはり自己投射性が高いとは言えない。

本研究ではこうした課題を解決するために、VR 空間での無限歩行を可能にするロコモーションデバイス、VR 空間からのフォースフィードバックを提示する SPIDAR-W を用いてマルチモーダルな VR デバイスを開発することで、ユーザから VR 空間への無制限の入力、VR 空間からユーザへの感覚フィードバックを複合的に実現し、より自己投

射性の高いインタラクションを行えるようになることを目指す。

2. 力覚提示・無限歩行複合デバイスの試作

2.1 概要

本デバイスは、ユーザの両手に 6 自由度の力覚提示を行う SPIDAR-W、足踏み動作により VR 空間の無限歩行を可能にするロコモーションデバイスを組み合わせた複合的なデバイスである(図 1)。以後、本論文では SPIDAR-WL と呼ぶ。それぞれの装置についての詳細は後述する。

上記の装置に加え、視覚提示には HTC Vive を使用し、Vive トラッカー[4]を用いて SPIDAR-WL の位置計測を行っている。

2.2 力覚提示システム SPIDAR-W

SPIDAR-W [5]は、2 つのエンドエフェクタ(グリップ部)を持ち、それぞれについて 6 自由度の位置姿勢計測、力覚提示機能を持つ、パラレルワイヤ駆動型力覚提示装置である。エンドエフェクタは左右の手で把持して使用する。構成要素の一つがワイヤであるため透明性が高く、簡素な機構で 6 自由度の力覚提示が可能な特徴がある。

本来 SPIDAR-W は身体に装着して使用することを目的として設計されているが、今回の研究ではロコモーションデバイスと組み合わせるために、小型化した SPIDAR-W を使用した(図 1 上部)。SPIDAR-WL では本来の SPIDAR-W のように身体に装着する必要がないため、スムーズに装置が利用できるという利点がある。また以前より強度の高いアルミフレームを使用することで、剛性の高いフレーム構造を実現した。

Kanata NOZAWA, Kenji HONDA, Wataru WAKITA, Makoto SATO and Tetsuya HARADA

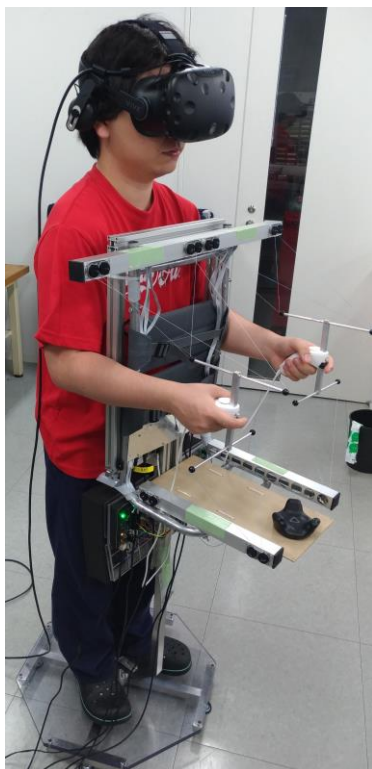


図1 SPIDAR-WL 概観

また、よりグリップを扱いやすくするため、試作エンドエフェクタには Wii リモコンヌンチャク [6] の外装を利用している。

2.3 ロコモーションシステム

SPIDAR-WL 下部のロコモーションデバイスは、荷重センサ及び鉛直軸に対して 360 度回転可能な可動フレームで構成される(図 2)。荷重センサは左右の腿に当たるように配置され、ユーザがその場で足踏み運動を行うことで、VR 空間を歩行することができる。荷重センサはユーザを中心にして自由に回転させることができるので、任意に方向転換も可能である。類似するプロダクトとして Virtuix Omni [7] などが挙げられるが、それらと比較するとより小さな環境で使用可能なことが利点である。

SPIDAR-WL では、ロコモーションデバイスの上に SPIDAR-W を固定することで装置を構成している。そのため、SPIDAR-W を身体に装着せずとも、ロコモーションデバイスの回転に対応して正面方向に力覚提示空間をおくことができる。

3. アプリケーション

SPIDAR-WL を用いたアプリケーションの例として、一般的な住空間を自由に歩き回ることができるデモアプリケーションを開発した。このアプリケーションでは、ユーザはロコモーションデバイスを用いてマンションの廊下や部屋を歩き回ることができ、また SPIDAR-W を用いて壁や家具と力覚インタラクションを行うことができる。

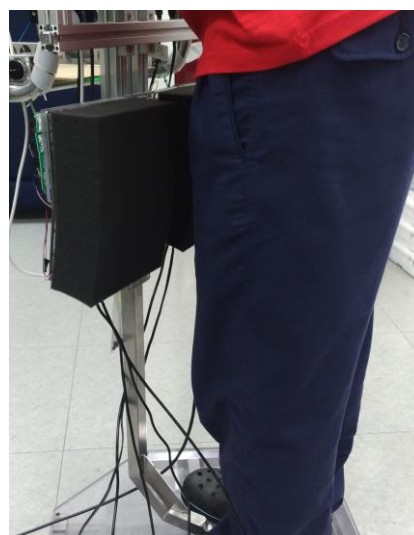


図2 ロコモーションデバイス

4. まとめ

本論文では、両手に対してフォースフィードバックを行う SPIDAR-W、足踏み動作を用いたロコモーションデバイスを組み合わせ、複合的な VR デバイス SPIDAR-WL を試作した。バーチャルリアリティ技術では、人間の様々な感覚器官、運動器官を通して、現実空間と同等のインタラクションが行えることが求められる。SPIDAR-WL では、個々のデバイスで実現されていた機能を統合することで、マルチモーダルな VR 体験環境を構築した。今後の課題としては、装置の性能を定量的に評価し、装置の最適化を行っていくことを考えている。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費(JP17H01782)の助成を受けたものです。SPIDAR-WL 用アプリケーションの開発にあたっては、株式会社 BeRISE 様にルームモデルをご提供いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Oculus Rift: 2018 <https://www.oculus.com/> 2018 年 7 月 25 日閲覧
- [2] HTC Vive: <https://www.vive.com/> 2018 年 7 月 25 日閲覧
- [3] 舘暲, 佐藤誠, 広瀬通孝: 2011-2016 『バーチャルリアリティ学』 日本バーチャルリアリティ学会, pp. 5-7
- [4] Vive トラッカー: <https://www.vive.com/jp/vive-tracker/> 2018 年 7 月 25 日閲覧
- [5] 永井一樹, 銭亦芥, 赤羽克仁, 佐藤誠: 2016 『ワイヤ駆動型ウェアラブル 6 自由度力覚提示デバイス “SPIDAR-W”』 情報処理学会インタラクション 2016, pp. 315-320
- [6] Wii リモコン - ヌンチャク: 2018 <https://www.nintendo.co.jp/wii/controllers/index.html> 2018 年 7 月 25 日閲覧
- [7] Omni: <http://www.virtuix.com/> 2018 年 7 月 25 日閲覧