

# バリアシミュレータのための傾きフィードバックの基礎検討

大河原 巧<sup>1</sup> 本岡 宏將<sup>1</sup> 呉 健朗<sup>2</sup> 大和 佑輝<sup>2</sup> 奥川 和希<sup>1</sup> 宮田 章裕<sup>1,a)</sup>

**概要：**車椅子に不慣れな車椅子ユーザは多くの場合屋外を移動することに不安を感じ、特にバリアを通過する際には恐怖を感じることもある。このため、彼らが車椅子に乗る感覚に慣れることなどを目的として、Virtual Reality（以降 VR）を用いた車椅子シミュレータが数多く開発されてきた。しかし、VRを用いた従来の車椅子シミュレータは、金銭的なコストと現実感がトレードオフの関係にあった。この問題を解決するために、我々は Vection 誘発映像と電動車椅子の低自由度動作を組み合わせた車椅子シミュレータを提案してきた。我々はこのシミュレータを用いてユーザに前後の傾きのフィードバックを与えるための提案を行ってきたが、ユーザに左右の傾きのフィードバックを与えるための提案は行われていない。そこで、本稿ではこのシミュレータを用いてユーザに左右の傾きのフィードバックを与える方法を提案する。

## 1. はじめに

車椅子に不慣れな車椅子ユーザは多くの場合屋外を移動することに不安を感じ、特にバリアを通過する際には恐怖を感じることもある。このため、彼らが手軽かつ安全に車椅子に乗る感覚に慣れることなどを目的とした車椅子シミュレータが数多く開発されてきた。車椅子シミュレータの中でも VR を用いた車椅子シミュレータは、実際にバリアのある場所まで移動したり、バリアを模した練習用のコースを作成する必要がなくなるというメリットがある。しかし、VR を用いた従来の車椅子シミュレータは、金銭的なコストと現実感がトレードオフの関係にあった。このようなことから我々は、Vection 誘発映像と電動車椅子の低自由度動作を組み合わせた車椅子シミュレータを提案してきた [1][2]。[1][2] では、電動車椅子が前後方向に傾く錯覚をユーザに与えることで、坂道を走行しているかのような感覚を与える方法を提案している。しかし、[1][2] で提案しているシミュレータが再現しているバリアは前後の傾きのみで、左右の傾きを再現することはできていなかった。そこで、本稿ではこのシミュレータで左右の傾きを再現するための手法を提案する。本稿の貢献は、Vection 誘発映像と電動車椅子の低自由度動作を組み合わせた車椅子シミュレータを用いて、ユーザに左右の傾きのフィードバックを与える方法を提案したことである。

## 2. 関連研究

VR を用いた車椅子シミュレータは、視覚のフィードバックのみを与えるものと視覚と動きの両方のフィードバックを与えるものに大別できる [3][4]。

### 2.1 視覚のフィードバックのみを与える例

視覚のフィードバックのみを与えるシミュレータは、典型的にはディスプレイ、椅子、ジョイスティックの3つから構成される。ユーザは椅子に座り、ジョイスティックを操作することでディスプレイに表示される仮想空間や遠隔地にある車椅子を操作する。視覚のフィードバックのみを与えるシミュレータの例として、重度の障害を持つ子供が電動車椅子を適切に操作できるようにするためのシミュレータ [5] や、車椅子の操作に不慣れな人が車椅子を操作する技術を向上させるためのシミュレータ [6] がある。

### 2.2 視覚と動きの両方のフィードバックを与える例

視覚と動きの両方のフィードバックを与えるシミュレータの例として、車椅子利用者が現実世界の動的な障害物に衝突する事故を防ぐためのシミュレータ [7] がある。一般的にユーザに対して動きのフィードバックを与える車椅子シミュレータは、6 自由度で天板を制御する専用装置を利用して動きのフィードバックをユーザに与える [8]。このような専用装置に HMD や大型半球ディスプレイを組み合わせることで、ユーザに視覚のフィードバックと動きのフィードバックを同時に与える試みもある [9][10]。また、我々は過去に提案してきた車椅子シミュレータ [1][2] は HMD と

<sup>1</sup> 日本大学文理学部

<sup>2</sup> 日本大学大学院総合基礎科学研究科

<sup>a)</sup> miyata.akihiro@acm.org

電動車椅子を組み合わせることで、ユーザに視覚と動きの両方のフィードバックを与えている。

### 3. 研究課題

車椅子に不慣れた車椅子ユーザが車椅子に乗る感覚を体験するために、VR ベースの車椅子シミュレータが数多く開発されてきた。視覚のフィードバックのみを与えるシミュレータ [5][6] は典型的には既製品のみで構築できるため金銭的なコストが低い。動きのフィードバックが無い場合、視覚と動きの両方のフィードバックを与えるシミュレータと比べ現実感が低い。視覚と動きのフィードバックを与えるシミュレータ [7][8][9][10] は視覚のフィードバックのみを与えるシミュレータと比べて現実感が高いが、モーションプラットフォームなどの高額装置が必要になる。このように、関連研究で紹介した車椅子シミュレータは金銭的なコストと現実感がトレードオフの関係にある。我々はこの問題を解決するべく金銭的なコストが低く現実感の高い車椅子シミュレータを提案してきた [1][2]。[1][2] では、電動車椅子が前後方向に傾く錯覚をユーザに与えることで、坂道を走行しているかのような感覚を与える方法を提案している。しかし、[1][2] で提案しているシミュレータが再現しているバリアは前後の傾きのみで、左右の傾きを再現することはできていなかった。本稿では、我々が開発してきた Vection 誘発映像と電動車椅子の低自由度動作を組み合わせた車椅子シミュレータにおいて、左右に傾いている感覚をユーザに与えられるのかを明らかにすることを研究課題として設計する。

### 4. 提案手法

本研究の車椅子シミュレータにおいてユーザは HMD を装着した状態で電動車椅子に乗る。3 章の研究課題を達成するために、HMD 上の Vection 誘発映像と電動車椅子の動作をどのように組み合わせたら良いか考える。

[1][2] により、HMD 上の Vection 誘発映像は車椅子でバリアを通過している一人称映像を流すことで、ユーザは目的のバリアに適した運動感覚を得られると考える。このため、HMD 上の Vection 誘発映像はユーザが乗っている電動車椅子が左右どちらか一方に傾きながら直進する一人称視点の映像とする。

ユーザに左右の傾きのフィードバックを与えるために、我々は電動車椅子が左右どちらか一方に傾きながら直進する際にユーザが得る感覚に着目した。実際に乗っている車椅子では左右どちらか一方に傾きつつ直進する場合、車椅子ユーザは車椅子が傾いている方向に自身の体が引き寄せられる感覚を得る。我々はこの感覚を電動車椅子の低自由度動作を用いて再現するためには、電動車椅子本体を傾けることなく、ユーザに体が横方向に引き寄せられる感覚を与える必要があると考える。本稿では、電動車椅子が円運



図 1 再現するバリア（後ろから見た図）



図 2 シミュレーションの概念図（上から見た図）

動をすることでユーザが感じる遠心力を利用する。このため、電動車椅子がシミュレーション中に行う低自由度動作は、円運動の動作とする。

### 5. 実装

本稿では、研究課題を達成するために電動車椅子と HMD を用いて傾斜を横から通過するシミュレータを実装する。我々のシミュレータは、非透過型 HMD、シングルボードコンピュータ (single-board computer, 以降 SBC)、電動車椅子からなる。Unity を用いて横断勾配のあるコースを仮想空間上に作成する予定である。仮想空間上に専用コースを作成することにより、将来的にはユーザが体験したい角度の傾きを提示できるようになることが考えられる。専用コース上を、ユーザが乗っている電動車椅子が左右どちらか一方に傾きながら任意の速さで直進しているような一人称視点の映像を HMD 上に映す。また、前進速度と半径を指定し、電動車椅子がそのとおりに円運動するよう制御するプログラムを作る。電動車椅子を制御する SBC と HMD は WebSocket でリアルタイムに通信し、電動車椅子の動作と HMD 上の映像が連携するようにする。仮想空間上でユーザが体感する前進速度と現実空間の電動車椅子の前進速度がユーザにとって同等だと感じられるようにすることを目指す。

## 6. おわりに

我々は、Vection 誘発映像と電動車椅子の低自由度動作を組み合わせた車椅子シミュレータを提案してきた。しかし、このシミュレータによって再現してきたバリアは前後の傾きのみで、左右の傾きを再現することはできていなかった。本稿では、この車椅子シミュレータを用いてユーザに左右の傾きのフィードバックを与える方法を提案した。今後は提案手法を用いてユーザに左右の傾きのフィードバックを与えられるかを検証していく予定である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H04160 の助成を受けて行われた。

## 参考文献

- [1] 本岡 宏将, 呉健 朗, 大和 佑輝, 宮田 章裕: Vection 誘発映像と前進動作による坂道シミュレーション, 情報処理学会論文誌 (2020 年掲載予定)
- [2] Akihiro Miyata, Kousuke Motooka and Kenro Go: A Wheelchair Simulator Using Limited-Motion Patterns and Vection-Inducing Movies. Proc. 31st Australian Conference on Human-computer-interaction (OzCHI 2019), pp.508–512 (2019).
- [3] Pithon et al.: Wheelchair Simulators: A Review. Technology and Disability, Vol.21, Issue 1-2, pp.1-10 (2009).
- [4] Abellard et al.: Electric Wheelchair Navigation Simulators: Why, When, How? Mechatronic Systems Applications, pp.161-186 (2010).
- [5] Desbonnet, M., Sara, L.C., and Rahman, A.: Development and Evaluation of a Virtual Reality based Training System for Disabled Children. Proc. ICDVRAT 1998, pp.177-182 (1998).
- [6] Silva, Y.M., Simoes, W., Tefilo, M.R.D.S., and Naves, E.L.M.: Training Environment for Electric Powered Wheelchairs Using Teleoperation Through a Head Mounted Display. Proc. ICCE 2018 (2018).
- [7] 陳 連怡, 藤本 英雄, 山田 雅司: 仮想空間内車椅子訓練システムにおける操作感覚の実現と情報支援, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol72, No718, pp.1891-1899 (2006).
- [8] Stewart: A Platform with Six Degrees of Freedom. Proc. the UK Institution of Mechanical Engineers, Vol.180, No.1, pp.371-386 (1965).
- [9] Sonar et al.: Development of a Virtual Reality-based Power Wheel Chair Simulator. Proc. ICMA 2005, pp.222-229 (2005).
- [10] Niniss et al.: Electric Wheelchair Simulator for Rehabilitation of Persons with Motor Disability. Proc. SVR 2006 (2006).