

# 強化学習による電動車椅子の バリアシミュレーションの基礎検討

藤本 悠作<sup>1</sup> 杉本 隆星<sup>2</sup> 齊藤 孝樹<sup>1</sup> 呉 健朗<sup>2</sup> 宮田 章裕<sup>1,a)</sup>

**概要:** 車椅子に不慣れな人は、屋外を移動する際、縦断勾配や横断勾配といった様々なバリアが至る所に存在していることから不安や恐怖を感じることもある。これらの不安や恐怖を少しでも軽減するために、我々は HMD と電動車椅子を用いて、金銭的成本が低く臨場感の高い車椅子シミュレータを開発してきた。しかし、先行研究のシミュレータの開発には、電動車椅子の挙動を制御するパラメータを決定するのに多大な時間と労力を要するといった問題がある。本稿では、電動車椅子の挙動を制御するパラメータを自動で設定できるようにするための、機械学習モデルの構築を提案したことについて報告する。

## 1. はじめに

車椅子に不慣れな人は、屋外を移動する際、縦断勾配や横断勾配といった様々なバリアが至る所に存在していることから不安や恐怖を感じることもある。これらの不安や恐怖を少しでも軽減するために、VR ベースの車椅子シミュレータが開発されてきた。しかし、既存のシミュレータは、金銭的成本と臨場感がトレードオフの関係にある。そこで、我々は Head-Mounted Display (HMD) に表示する一人称視点映像と電動車椅子の動作を組み合わせることで、金銭的成本が低く臨場感の高い車椅子シミュレータを開発してきた [1][2][3]。先行研究のシミュレータを開発するためには、電動車椅子の挙動を制御するパラメータを手動で決定する必要がある。具体的には、電動車椅子が実空間のバリア上を走行した際に観測された加速度を再現するように、パラメータを決定する必要がある。しかし、そのようなパラメータを手動で決定することは、作業に慣れた技術者でも 6 時間程度かかるため、多大な時間と労力を要するという点で問題である。

そこで、我々は電動車椅子の挙動を制御するパラメータを自動で設定できるようにするための、機械学習モデルの構築を提案する。本稿では、初期検討として、シミュレーションシーンを平地の直進運動に限定し、電動車椅子の加速度を制御するためのパラメータを自動で設定する方法を検討したことについて報告する。

## 2. 関連研究

### 2.1 VR ベースの車椅子シミュレータに関する研究事例

VR ベースの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シミュレータと、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 2 種類に大別できる。視覚のフィードバックのみを与える車椅子シミュレータは、比較的安価な装置で構築できるため、金銭的成本は低いが、動きのフィードバックのあるシミュレータと比べると、臨場感が得られにくいという特徴がある。Rodriguez らは、複数の障害をもつ子供たちが、車椅子の運転に慣れるための車椅子シミュレータの開発を行った [4]。このシミュレータでは、PC モニタに表示された VR 空間にバーチャルオブジェクトを出現させ、ユーザが仮想の車椅子をジョイスティックで操作することにより、オブジェクトを避ける練習をすることができる。視覚と動きの両方のフィードバックを与える車椅子シミュレータは、多くの場合大型装置や専用機器を用いるため、高い臨場感が得られるが、金銭的成本が高いという特徴がある。Niniss らは、大型半球ディスプレイと 6 自由度モーションプラットフォームを用いて、電動車椅子を運転する人の能力を評価することを目的としたシミュレータの開発を行った [5]。

### 2.2 機器の動作を自動獲得している研究事例

機器の動作を自動で獲得している研究の中でも、機械学習を用いた研究が多く存在している。Yang らは、深層学習を用いて、柔らかい物体を折りたたむ作業を繰り返し行うような人型ロボットを開発した [6]。この研究は、人間が

<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

a) miyata.akihiro@acm.org

人型ロボットを遠隔操作することにより得られたデータを訓練データとし、訓練データに基づいて深層学習を行うことで、人型ロボットは柔らかな物体を自動で折りたためるようになる。

### 3. 研究課題

2.1 節の VR ベースの車椅子シミュレータは、金銭的コストと臨場感がトレードオフの関係にある。この問題を解決するために、我々は低コストかつ臨場感の高い車椅子シミュレータを開発してきた [1][2][3]。先行研究のシミュレータを開発するためには、坂道や横断勾配などのバリアを通過している感覚をユーザに与えるために、電動車椅子の挙動を制御するパラメータを手動で調整する必要がある。しかし、そのようなパラメータを手動で調整することは、多大な時間と労力を要するため、容易にシミュレータを開発できないという点で問題である。そこで、本研究では電動車椅子の挙動を制御するパラメータを調整するのに要する時間と労力を軽減することを研究課題とする。

### 4. 提案手法

研究課題を達成するために、我々は電動車椅子の挙動を制御するパラメータを自動で設定するための手法を提案する。

#### 4.1 先行研究のオーサリングツールとの相違点

先行研究のオーサリングツール [3] は、先行研究のシミュレータを利用するためにかかる作業コストを低くし、専門的な知識のないユーザであっても容易にシミュレーションを行えることを目的とした研究である。ユーザが体験したいバリアの情報をオーサリングツールに入力すると、オーサリングツールはその情報をもとに VR 空間内にバリアを模したコースを作成し、シミュレーション中の VR 空間の振舞いの時系列データと、電動車椅子の時系列に沿った動作を生成する。

この研究 [3] では、電動車椅子の挙動を制御するパラメータを自動で設定する方法を提案している。具体的には、VR 空間にて作成されたコース（例：平地や坂道）を走行させた場合の加速度変化と同様の加速度変化が生じるように、実空間上の電動車椅子の挙動を制御するパラメータを自動で設定する方法を提案している。しかし、VR 空間を走行させた場合の加速度変化は物理演算に基づく理論値であるため、実際に実空間を走行させた場合の加速度変化とは異なる可能性が高い。実際の実空間では、空気抵抗や摩擦係数などが含まれるため、環境はより複雑である。電動車椅子の加速度変化を物理演算に基づく理論値としてしまうと、ユーザにシミュレーションを体験してもらう際に、バリアを通過している感覚を与えることは可能であるが、実際の実空間を通過している感覚とは異なる感覚を与えてし

まう可能性がある。そこで本研究では、実空間上での環境（例：平地や坂道）にて電動車椅子を走行させた場合の加速度変化と同様の加速度変化が生じるように、実空間上の電動車椅子の挙動を制御するパラメータを自動で設定できるようにする。

#### 4.2 機械学習モデルの構築

電動車椅子の挙動を制御するパラメータを自動で設定できるようにするために、我々は機械学習モデルの構築を提案する。本稿では、初期検討として、ソフトウェアシミュレーションを用いた VR 空間を学習環境とし、シミュレーションシーンを平地の直進運動に限定する。構築する機械学習モデルへの入力は、電動車椅子が実空間上の平坦な道を走行した際に観測された加速度変化の数値の記録（以降、正解データ）とする。出力は、電動車椅子として見立てたバーチャルオブジェクトに正解データと同様の加速度変化を生じさせるような、各時刻におけるバーチャルオブジェクトの推進力とする。モデルを構築するための強化学習アルゴリズムとして、REINFORCE を用いることを予定している。

### 5. おわりに

本稿では、初期検討としてシミュレーションシーンを平地の直進運動に限定し、電動車椅子の挙動を制御するパラメータである加速度を自動で設定するための機械学習モデルの構築を提案した。今後の展望としては、ソフトウェアシミュレーションを用いた VR 空間において、電動車椅子として見立てたバーチャルオブジェクトが、実空間上の平地を電動車椅子が走行した際に観測された加速度変化を再現できるかを調査する。

### 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, Vol. 61, No. 1, pp. 61–69 (2020).
- [2] 杉本隆星, 大河原巧, 板床海斗, 落合慶広, 宮田章裕: Vection 誘発映像と電動車椅子の円運動を組み合わせた横断勾配シミュレータの検証, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 28, No. 1, pp. 35–42 (2023).
- [3] Okawara, T., Motooka, K., Okugawa, K. and Miyata, A.: Implementation of an Authoring Tool for Wheelchair Simulation with Visual and Vestibular Feedback, *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pp. 754–755 (2022).
- [4] Rodriguez, N.: Development of a wheelchair simulator for children with multiple disabilities, *2015 3rd IEEE VR International Workshop on Virtual and Augmented Assistive Technology (VAAT)*, IEEE, pp. 19–21 (2015).
- [5] Niniss, H. and Inoue, T.: Electric wheelchair simulator for rehabilitation of persons with motor disability, *Symposium on Virtual Reality VIII (Proceedings)*, Belém (PA) (2006).
- [6] Yang, P.-C., Sasaki, K., Suzuki, K., Kase, K., Sugano,

S. and Ogata, T.: Repeatable folding task by humanoid robot worker using deep learning, *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol. 2, No. 2, pp. 397–403 (2016).