

競技自転車ゲームにおける操作・知覚提示に関する研究

渡邊 拓人* 兼松 祥央† 羽田 久一† 三上 浩司†

概要. 自転車シミュレーターにおいて、自転車に向けた様々な知覚提示技術が開発されている。例えば、車体姿勢の変化、ペダルやタイヤの回転に抵抗を与えることで登坂を表現するといったものだ。自転車の操舵においては速いスピードの場合体重移動を用いて行う。しかし、自転車 VR コンテンツではハンドルを水平に回すことでしか実現できていない。本研究では安全かつ、没入感のある体験を目指すために、車体傾斜感覚を提示する自転車操舵システムを開発した。

1 はじめに

自転車シミュレーターにおいては、知覚提示技術の開発が進んでいる。ペダルをこぐ動作（以下「ペダリング」）に対して負荷を変化させることで登坂時を再現する装置が開発されている。さらに、車体の角度を前後に変化させることで、坂を登りや下りの様子を再現する装置が開発されている。

しかし、ヘッドマウントディスプレイ（以下「HMD」）で視界を覆う VR コンテンツでは、安全性の観点から体重移動を利用して操舵する事例は極めて少なく、別の操作で補っている。

本研究ではこの現実の自転車操作と VR シミュレーターの操作との乖離を抑えつつ、安全性を考慮するために車体姿勢は正立のままハンドルのみを傾けて車体の傾斜感覚を与える装置を開発した。

2 先行研究

川上らは Vz Bike Controller（以下「VzBike」）を用いて VR サイクリングゲームを開発した[1]。VzBike はペダルの回転数、負荷を検知してデータ上の速度を算出する。この装置にはハンドルを傾ける装置がついているが、仮想空間内の自転車に反映されない。そのため HMD のトラッキング機能を用いて、頭部の移動を体重移動に置き換えてコンテンツ内に反映した。

石田らはサイクリングシミュレーターにおいて自転車を固定設置する際に自転車の傾きを許容することで、現実の自転車の走行感に近づけられたことを実験で明らかにした[2]。しかし、このシステムでは、車体の傾きが操舵には反映されない。そのため現実

の自転車の操舵とコンテンツ内の自転車の操作の乖離が課題となった。

Herpers らは体験者が現実の自転車のハンドルを切ることや、体重移動を与えることで、3DCG 空間内の自転車を操舵するシミュレーターを提案した[3]。Herpers らのシステムではヘキサポッドと呼ばれる装置に自転車を固定し、ペダルを漕ぎながらハンドルや重心に変化を与えてそれを 3DCG 空間上の自転車に反映し操作が可能である。また、3DCG で表された坂に合わせて車体姿勢を変化させることも実現した。

筆者らは競技自転車における体重移動を用いた研究で、HMD とジャイロセンサーを用いてゲームのインタラクションが開発した[4]。この研究では自転車を用いず、通常の椅子を用いて体と、ハンドルを傾けることで自転車の操作を提示した。

現在では Elite 社[5]・Wahoo 社[6]を中心に、自転車のペダリングに対する負荷に変化を与えることで、登坂を再現する装置が開発されている。また Wahoo 社はペダリング動作や心拍数に合わせた風を与える装置や、任意の坂の傾斜を再現する装置を開発している。一方 Elite 社はハンドルを回して自転車を操舵する装置を開発し、独自のソーシャルネットワークを利用したオンラインサイクリングシミュレーター「Zwift」[7]内の自転車を操作できるようにした。

これらの先行研究では車体を傾けるためには大型の可動機構を持った装置を用意する必要がある[2][3]。一方で HMD のトラッキング機能を用いて体の傾きを推定する事例[1]もあるが、車体だけ傾き、体は垂直になっているいわゆるリーンアウトの姿勢に対応できない。そこで本研究では体の傾きと、車体の傾きの双方を考慮した、小型の機構を持った自転車の操舵システムの実現を目指した。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 東京工科大学 大学院, † 東京工科大学

3 システムの設計

2章で述べた先行研究や事例から、本研究における操舵システムの要件を次の4点とした。

- 車体の傾きが考慮されていること
- 体験者の体の傾きが考慮されていること
- システムの可動箇所が小型であること
- ペダルを漕いでも安全であること

これらの要件を達成するために、車体は正立させた状態でハンドルのみを傾けることのできる小型の筐体の開発を目指した。そして体重移動のインタラクションについては、[4]の文献を参考にシステムを設計した。

システムでは体の動き・傾きをHMDのトラッキング機能を用いて推定した。一方、自転車本体の傾きは筐体のハンドルの傾きを用いて車体全体の傾きとして推定した。

3.1 ハンドルを利用した車体傾斜感覚提示装置

本システムの筐体を制作するにあたり、自転車の車体全体を支える機構が必要である。そこで、図1のように鉄パイプを用いて周りを囲い、前輪を止めるフォークと呼ばれる部位をスポーツバイク準拠の規格である100mmクイックリリースシャフトを用いて固定した。



図1. 筐体全体の写真

ハンドルの傾斜提示機構は図2の概要図のように板にD型ゴムとばねを固定し、その上部の板にハンドルと、ばねを固定して制作した。ハンドルの傾き推定においてはJoy-Conを採用した。

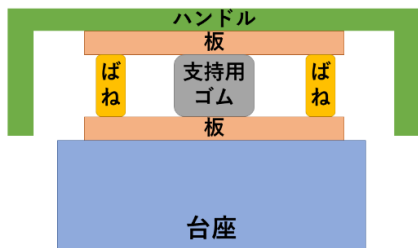


図2. 傾斜感覚提示機構の概要図

3.2 ハンドルと体験者の傾きの計測

提案システムを用いて、ハンドルと体の傾きを用いて操作できるプロトタイプを作成した。

プロトタイプでは車体の傾き $H(\text{rad})$ は Joy-Con のジャイロセンサーを用いて(1)の式に基づき推定した。図3に示すようにジャイロセンサーは常にハンドルの角度の変化量 $\Delta h(\text{rad})$ を検出する。前のフレームでの角度 $h(\text{rad})$ に Δh を加算して推定した。

$$H = h + \Delta h \quad (1)$$

一方、体験者の体の傾きはHMDのトラッキング機能を用いて(2)の式に基づき推定した。図3に示すように体験者の視線を $T(\text{m})$ 、HMDが初期一から左右にずれた長さを $X(\text{m})$ として車体の傾き $B(\text{rad})$ を推定した。

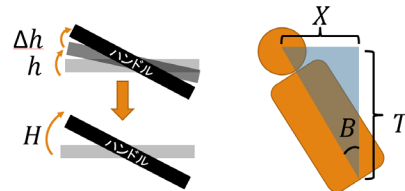


図3. 体・ハンドルそれぞれの傾きの推定
左側はハンドルの傾き・右側は体の傾きを推定する。

$$\tan B = \frac{X}{T} \quad (2)$$

提案システムにはハンドルの傾き H 、体の傾き B そしてプロトタイプ内の傾きを調整する係数 S_1 、 S_2 を用いて(3)の式に基づいて自転車の舵角 $R(\text{rad})$ を算出した。

$$R = H \times S_1 + B \times S_2 \quad (3)$$

図4に示したプロトタイプはUnityとOculus Quest2を用いて、湖の周りを周回するサイクリングの体験ができるコンテンツを用意した。



図4. プロトタイプで提示される視界

4. まとめと今後の展望

本研究では車体傾斜感覚を提示する自転車操舵インタラクションを制作した。提案システムではハンドルの傾きと体の傾きの両方を用いて自転車の操舵角を計算した。

今後の課題としてはペダリングと VR 内の自転車の速度を連動させることである。

今後はサイクルトレーナーを使って自転車をこいで進める機能の実装を行う。そして提案システムを用いて操舵可能なサイクリングシミュレーターの開発を進めていきたい。

謝辞

本研究にはサイクルベースあさひ川口鳩ヶ谷店スタッフの中野むさしさんからハンドル等自転車部品の資材提供をいただきました。誠にありがとうございました。

参考文献

- [1] 川上庄慶, 中山宗太郎, 寺田裕樹, 猿田和樹. 横山真哉.VR によるサイクリングゲームの作成, 秋田県立大学学生自主研究研究成果, 2018.
- [2] 石田雄紀, 島田哲哉, 植田晃一郎, 金田重郎. 車体傾きを許容した自転車シミュレーターの提案, 情報処理学会第 79 回全国大会, pp.211-212, 2017.
- [3] Herpers, R., Heiden, W., Kutz, M., Scherfgen, D., Hartmann, U., Bongartz, J., Schulzyk, O. FIVIS Bicycle Simulator: an Immersive Game Platform for Physical Activities, *Proceedings of the 2008 Conference on Future Play: Research, Play, Share*, pp.244-247, 2008.
- [4] 渡邊拓人, 兼松祥央, 三上浩司. 競技自転車ゲームにおける体重移動を考慮したインタラクションの提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, pp.358 – 363, 2021.
- [5] Indoor Bike Hometrainers – Elite(2021/11/16 確認)
<https://www.elite-it.com/en/products/home-trainers>
- [6] Indoor Cycling & Training Resources | Wahoo Fitness 日本(2021/11/16 確認)
<https://jp.wahoofitness.com/devices/indoor-cycling>
- [7] Zwift | The at home training app connecting cyclists around the world (2021/11/16 確認)
<https://www.zwift.com/ja>