



Title	Adaptive Rendering for Improving Locomotive Experiences in Virtual and Augmented Realities
Author(s)	Zhao, Guanghan
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/91987">https://doi.org/10.18910/91987</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name ( <b>Guanghan Zhao</b> )		
Title	Adaptive Rendering for Improving Locomotive Experiences in Virtual and Augmented Realities (仮想現実と拡張現実での移動体験を改善するための適応レンダリング)	

### Abstract of Thesis

Motion is a fundamental part of interaction in virtual reality (VR) and Augmented reality (AR). Challenging situations occur more often to the users while they are moving virtually or physically in the environment since the view or body is no longer stable. In addition, the motions cause distraction, sickness and loss of self-orientation. Thus as the user starts to move virtually or physically, ordinary approaches of interactions and rendering may not be reliable compare with stable scenario. To date, several methods have been proposed to support users to gain instant and accessible information and visual effects while moving such as real-time visual guidance, field of view (FoV) modifications, auto-placed interfaces and hands-free interactions. In some practical use cases, however, those approaches were not well performed on counter balancing interactions and user experiences. Moreover, most of the current methods are only focusing on motive parameters such as speed, further explorations about applying interactive sensors and environment-adaptive rendering is still barely touched. To tackle these issues, this work focuses on exploring innovative methods for interactions in locomotive scenarios with motion tracking, eye tracking, environment sensing and real-time rendering technologies. The focus can be distinguished into: a) virtual passive motions (locomotion) in VR, and b) physical active motions in AR.

In virtual reality, VR sickness resulting from continuous locomotion via controllers or joysticks is still a significant problem. In this work, I present a set of algorithms to mitigate VR sickness that dynamically modulate the user's field of view by modifying the contrast of the periphery based on movement, color, and depth. In contrast with previous work, this vision modulator is a shader that is triggered by specific motions known to cause VR sickness, such as acceleration, strafing, and linear velocity. Moreover, the algorithm is governed by delta velocity, delta angle, and average color of the view. I conducted two experiments with different washout periods to investigate the effectiveness of dynamic modulation on the symptoms of VR sickness, in which this approach is compared against baseline and pitch-black field of view restrictors. The first experiment made use of a just-noticeable-sickness design, which can be useful for building experiments with a short washout period. In the second experiment the methods were tested with a fashionable long washout experimental design for further comparison.

For physical active motions, this work focused on applying AR techniques to cycling interfaces. During cycling activities, cyclists often monitor a variety of information such as heart rate, distance, and navigation using a bike-mounted phone or cyclocomputer. In many cases, cyclists also ride on sidewalks or paths that contain pedestrians and other obstructions such as potholes, so monitoring information on a bike-mounted interface can slow the cyclist down or cause accidents and injury. In this work, I present HazARdSnap, an augmented reality-based information delivery approach that improves the ease of access to cycling information and at the same time preserves the user's awareness of hazards. To do so, we implemented real-time outdoor hazard detection using a combination of computer vision, motion and position data from a head mounted display (HMD). We then developed an algorithm that snaps information to detected hazards when they are also viewed so that users can simultaneously view both rendered virtual cycling information and the real-world cues such as depth, position, time to hazard, and speed that are needed to assess and avoid hazards. Results from a study with 24 participants that made use of real-world cycling and mixed reality (MR) hazards showed that both HazARdSnap and forward-fixed augmented reality user interfaces (UIs) can effectively help cyclists access virtual information without having to look down, which resulted in fewer collisions (51% and 43% reduced compared to baseline, respectively) with virtual hazards.

Additionally, cyclists often focus on pedestrians, vehicles or road conditions in front of their bicycle. Thus, approaching vehicles from behind can easily be missed, which can result in accidents,

injury, or death. Although rear information can be accessed by applying rear-view mirrors or monitors, having to look down at this kind of small interface distracts the cyclist from other hazards. To help address this problem, a peripheral information delivery approach that enhances awareness of rear-approaching vehicles and at the same time preserves forward vision, which was named ReAR Indicator, is presented. ReAR uses computer vision applied to a rear-facing RGB-D camera with position data from an HMD for real-time vehicle detection. Then, an algorithm that delivers information to the periphery such that the user can simultaneously view forward information but still use cues that provide information about hazard distance, width, and probability of collision was developed. Results from a VR-based experiment with 20 participants showed that the ReAR Indicator can effectively help cyclists maintain focus on their forward view while still avoiding collisions with virtual rear vehicles.

The findings of this work provide implications and insights on the implementation of locomotive interactions, the design of locomotion-related experiments in VR and AR, interfaces that adapt to environments, and applications of motion-based real-time rendering for HMDs. The applied combination of real-time rendering techniques with motion tracking can lead to great improvement of human-HMD interaction in both VR and AR.

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Guanghan Zhao)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主査 教授	竹村 治雄
	副査 教授	土屋 達弘
	副査 教授	三浦 典之
	副査 准教授	Orlosky, Jason (Augusta University)

## 論文審査の結果の要旨

本学位論文は、バーチャルリアリティ（VR）及び拡張現実（AR）において、移動に関するユーザエクスペリエンス（UX）を改善する適応的な映像生成手法の提案、開発、評価に関する研究である。

これまで、VRおよびARでの移動におけるUX改善の手法は種々提案されているが、その多くは速度などの運動パラメタのみに着目しており、実際のユースケースではUXに改善の余地が残る。また、インタラクティブなセンサーや環境適応型レンダリングの応用については、まだほとんど触れられていない。このため、本学位論文では、モーショントラッキング、アイトラッキング、環境センシング、リアルタイムレンダリング技術を用いて、移動に関するUXを改善するインタラクション手法について詳細に論じている。

本学位論文では、a) VRにおけるコントローラを用いたバーチャルな移動および、b) ARにおける能動的な身体移動の2種類についてのUX改善について論じている。本学位論文の主な成果は、以下のとおりである。

第一の成果は、VR環境における受動的な移動体験において依然として大きな問題である、「コントローラやジョイスティックによる連続的な運動によるVR酔い」に着目し、VR酔いを軽減する新手法について論じている。具体的には、生成されるVR映像の動き、色、深度に基づいて視野周辺部のコントラストを調整することで、ユーザの視野を動的に調整するVR酔い軽減のためのアルゴリズムを提案している。被験者実験による評価の結果、提案手法が視野周辺を黒く遮蔽する従来手法と同等のVR酔い防止効果があり、加えてユーザが体験するVR空間の質の低下が抑えられていることを確認している。

第二の成果は、能動的な身体移動でのUX改善として、サイクリング時にAR技術を適用した新しい情報提示手法（HazARDsnap）の提案と評価を行っている点にある。サイクリングでは、サイクリストが自転車に装着した携帯電話やサイクルコンピュータ等を用いて、自身の心拍数や移動速度、移動距離、経路情報など様々な情報をモニターすることが多い。また、歩行者や障害物が存在する歩道や路地を走行する場合も多く、サイクリストが自転車に装着した情報提示機器を注視することで、事故や接触による怪我を引き起こす可能性がある。このため、サイクリストの前方視界内に必要な情報を提示すると同時に、前方の危険物を検知し、その情報を提示する手法を提案している。24名の被験者実験の結果、提案手法によるサイクリング時における安全性向上への効果が確認されている。

第三の成果は、サイクリング時の自転車後方の情報を、RGB-Dカメラを用いて収集し、必要な情報をARで提供するReAR Indicatorの提案と評価である。後方から接近する車両等の情報をARで前方の視界内の提示することで、前方への注意を妨げることなく、後方警戒を可能とする手法を開発し、20名の被験者を用いたVR空間での評価実験の結果、提案手法の有効性を確認している。

本研究で得られた知見は、VRやARでの移動インターフェースの実装、VRやARにおける移動関連のシステムデザインおよび実験デザイン等に多くの示唆と洞察を与えるものであり、VRとARの両方においての移動に関連するUXの改善と向上に大きく寄与するものである。

これらの成果は、主要な学術論文誌、及び国際会議で発表されている。

以上のように、本学位論文は現在広く普及が始まろうとしている、VR及びARを用いた各種アプリケーションの開発に置いて必要となる、UX設計手法を確立するための重要な成果であり、情報科学の進展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。