



Title	Temporal and Spatial Vision Augmentation for Perceiving Key Moments in Virtual Reality Sports
Author(s)	陶, 涛
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91986
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (陶 涛)	
論文題名	Temporal and Spatial Vision Augmentation for Perceiving Key Moments in Virtual Reality Sports (バーチャルリアリティスポーツにおけるキーモーメントを知覚するための時間的および空間的視覚拡張)
<p>論文内容の要旨</p> <p>Along with the high-speed development in the technology and commercialization of virtual reality (VR) devices, spectating VR sports has become popular. Compared with the traditional spectating style that spectating sports matches in a stadium live, spectating VR sports has several advantages. For instance, spectating VR sports just requires one VR device, allowing spectators to enjoy the sports matches anywhere, anytime, and from any free viewpoint with a more immersive experience. On the other hand, spectating VR sports still has several limitations. For example, high bandwidth requirements, general VR sickness, misperceiving key moments, and so on. This work focuses on the problem of misperceiving key moments. The key moment in sports is a short and critical moment in a sports action, including the information that can influence or determine the action result. However, there is easy to misperceive the key moment when spectating sports matches in VR because of the temporal and spatial limitations caused by the rapid and occluded actions. This work proposes temporal and spatial vision augmentation frameworks to improve the spectator's ability to perceive the key moment in spectating VR sports. This work includes two parts: 1) Time-control interactive 3D visualization framework for rapid actions; 2) viewpoint optimization based on individual preference for occluded actions.</p> <p>Many sports, like boxing, basketball, and so on, involve rapid actions. However, human eyes commonly do not have enough time to perceive and process such rapid actions. This temporal limitation leads spectators to misperceive the key moment in spectating VR sports. While much research got exemplary achievements in visualizing a rapid scene, less work involved VR rapid sports scenes. This work presents an interactive 3D vision augmentation framework called MomentViz, which allows for both high frame rate recording and interactive Time-control in 3D space. The system is designed to allow users to freely spectate rapid 3D actions from different viewpoints and control time from any free viewpoint. This work starts from 3D data collection and 3D reconstruction. Then the slow time frame and original time frame are set in the same place, and the original time frame overlaid the slow time one. Through a VR HMD, the users can select any area to control the frame time by raycasting with a controller. As a result, the overlaid slow time frame can emerge through the stencil technique in that user-selected sub-region. This method allows the user to control the time in their desired area. A simple pilot experiment is conducted to verify the necessity and performance of MomentViz. Eight participants are recruited to join the experiment. They are asked to observe the rapid motion in VR with four conditions, including 2D visualization, 2D Time-control visualization, 3D visualization, and 3D Time-control Visualization (MomentViz). By the analysis of results, MomentViz outperforms other groups. From the participants' feedback, it is found that the low FPS recording limits the video quality and influences the performance of MomentViz. In order to overcome this limitation, a high-speed RGB camera is implemented in improved MomentViz for high FPS RGB data recording. A user study experiment is conducted to evaluate the empirical performance of this improved MomentViz. Twelve participants join the experiment and are asked to judge the rapid basketball videos. Three groups are compared and evaluated, including 3D visualization (original time videos), 3D Time-control MomentViz (not using the high-speed camera), and H3D Time-control MomentViz (using the high-speed camera). Results showed H3D Time-control MomentViz group outperforms the others in terms of accuracy, required views, and subjective user experience. In addition, in these sports, the players always keep moving, and their poses are usually dynamic. It leads to the key moment of these actions that will be occluded from some viewpoints. Moreover, finding an excellent viewpoint to perceive the key moment from an occluded action in VR is challenging to the spectators. Though some research has tried to solve this viewpoint optimization issue, all of them ignore the individual preference of spectators and provide all the spectators with a monotonous viewpoint. This work introduces a novel method to select an optimal viewpoint for watching punching moments in VR. This method can handle different spectator preferences.</p> <p>In this method, a visibility model is customized, which utilizes eight bounding boxes to account for</p>	

the visibility of upper body parts. Then a neural network classification model is utilized to reproduce the optimal viewpoint selection based on the features of body parts visibility, punch side, and punch offset. An experiment collects the spectators' preferred viewpoints from 24 participants under three controlled preference conditions: seeing the punch arm form clearly (AF), seeing the facial expression clearly (FE), and no additional restriction (None). With a new analysis method for this viewpoint optimization issue, the prediction accuracy of the trained model is evaluated as the scientific performance. The accuracy results are 64.93% for None, 68.61% for AF, and 76.48% for FE, respectively. A user study is conducted to evaluate the empirical performance of this method. Twenty-one participants are recruited to participate in the user study, and their task is to find their preferred viewpoint depending on different preference conditions (AF and FE). Two groups are divided to compare, including the SmartVP group and the Without SmartVP group. The subjective and objective evaluation results show that the SmartVP group outperforms the Without SmartVP group.

The results of this work show the promise and potential of VR sports broadcasting applications. The author hopes this work can encourage the development of portable MR devices for use in watching sporting events both by broadcasting and live in the stadium.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Tao Tao)			
	(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	浦西 友樹

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) でのスポーツ観戦において、観戦者が重要な瞬間を視認する能力を向上させるために、時間的および空間的な視覚補強フレームワークを提案し、提案手法を実装し、評価を実施している。これにより、VRスポーツを観戦する際の重要な瞬間を認識する観戦者の能力を向上させることを目指している。特にVRでのスポーツ観戦において課題となる、スポーツプレイヤーの高速な身体動作の観測に際しての、時空間的な視覚情報の補完アルゴリズムについて詳細に論じている。

本学位論文は大きく2つの研究から構成されており、それぞれ 1) 高速な三次元運動の時間方向制御、および2) 複数競技者が存在するスポーツの観察視点最適化である。これらによる、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、時間的に高速な三次元運動の知覚および処理に対するヒトの視覚の限界を超えることを目指す MomentViz手法の提案である。これは、RGB-Dカメラによる撮影と三次元空間における対話的時間操作を行うことで、ヒトの視覚の拡張フレームワークの提案である。提案手法と他の3種類の視覚制御手法との比較実験を実施し、提案手法の有効性を検証している。

第二の成果は、MomentVizにおける時間制御の時のユーザエクスペリエンス (UX) を改善する改良MomentViz手法の提案である。これは、高速度RGBカメラをMomentVizに加えることで、時間軸方向の映像の分解能の向上を図るものである。改良型MomentVizを、被験者実験により改良前のMomentVizとの比較を行い、その結果、改良型が複数の評価項目で最も優れているという結果となり、提案フレームワークの有用性が検証されている。

第三の成果は、改良型MomentVizで実現されたフレームワークが、限られた範囲での時間と空間の制御を可能にするのに対して、より自由度の高い観測視点の空間的な拡張に関するものである。複数競技者が同時に行うスポーツ、例えばボクシングなどにおいては、競技者は絶えず動き続け、かつ競技者の姿勢変化も大きいため、決定的な瞬間を観測者が見逃しやすい。そのため、実際のボクシング競技の様子を複数視点から撮影した素材、複数の観測者の視点の選択に嗜好に関する情報等を入力として、これを機械学習することで視点選択のモデルを獲得し、最適な観測視点を自動で提示する手法を提案している。実験を通じて、提案手法は正確度および精度の点で観測者の視点選択の嗜好を考慮に入れない既存手法を上回ることを定性的および定量的に示した。

これらの研究の成果は、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を用いた各種アプリケーションのうち、VRスポーツ観戦、特にアルタイムVRコンテンツ配信や競技会場におけるリアルタイム視覚拡張といった応用が可能であり、ひいてはVRスポーツ体験の有用性や将来性を示すものである。また、提案手法はVRスポーツ観戦以外にも応用が考えられVRを用いた学習支援、スポーツトレーニング等にとっても有効であると判断でき、情報科学の発展に貢献するものである。よって、本論文は博士論文 (情報科学) の学位論文として価値のあるものと認める。