

Title	VR体験拡張のための直感的かつ没入的なウェアラブルデバイスとインタラクティブドールの開発
Author(s)	李, 仁敦
Citation	
Issue Date	2023-06
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/18702
Rights	
Description	Supervisor: 宮田 一乗, 先端科学技術研究科, 博士

氏名	李仁敦 (LEE JEN TUN)		
学位の種類	博士 (知識科学)		
学位記番号	博知第 335 号		
学位授与年月日	令和 5 年 6 月 23 日		
論文題目	Enhancing Intuitive and Immersive VR Experience with Wearable Devices and an Interactive Doll		
論文審査委員	宮田 一乗	北陸先端科学技術大学院大学	教授
	西本 一志	同	教授
	由井 隆也	同	教授
	金井 秀明	同	准教授
	野間 春生	立命館大学	教授

論文の内容の要旨

Over the years, virtual reality (VR) applications combining somatosensory operations have gained popularity, moving beyond entertainment and into medical and educational realms. Wearable sensing devices, robot interaction, and VR devices have evolved, and the user's physical activity can now provide instructions, creating a new type of human-computer interaction. Intuitive operation can make users feel the same sense of operation in the virtual world as in the real world, and the sound, tactile, and visual stimuli directly fed back to the user after the operation can increase the user's sense of presence in the virtual world. However, there are issues with existing hardware devices such as wand controllers and depth cameras, which cannot provide users with intuitive operations (passive interaction). Moreover, current interactive robots can only provide feedback in the physical world. Therefore, the main research problem to be solved through the proposed hardware and software in this research is to provide an intuitive and immersive interaction procedure to increase the immersive experience in VR. This research can be divided into four aspects.

First, the existing VR device controller mimics the user's hands in the virtual world. However, the actual operation method is through the equipped touchpad, trigger, and buttons, using touch, press, or slide to interact and operate with the objects in the game. Therefore, the research proposes a wearable motion tracking device and a VR glove. The researchers aim to combine feedback from gesture operations with VR and somatosensory control to achieve a more intuitive and humanized human-computer interaction (HCI) for head-mounted VR devices.

Second, interactive gestures between users and animals or friends in the real world are usually continuous gestures, such as waving, clapping, and touching. However, existing gesture recognition usually only recognizes static gestures (fist or OK sign). Therefore, this research proposes an algorithm to recognize continuous gesture interactions so that users can interact with characters in the virtual world through gestures, just like in the real world.

Third, in the virtual world, interactive objects between the user and the game are usually classified as objects or virtual characters. However, when the user grabs or pulls the objects in the game through the

controller, they cannot feel real feedback. To reproduce the interactive feeling of holding objects of various shapes and behaviors with both hands, this research proposes the use of intuitive manipulation of VR gloves to allow users to stretch, bend or twist flexible materials and display the corresponding physical deformation on the virtual object. The realization allows users to perceive the difference between virtual and real tactile sensations only with their hands.

Finally, it is not enough to provide only visual feedback in the virtual world but also tactile and auditory feedback in the real world. To achieve an easy-to-read human-computer interaction target interface, the research proposes an interactive doll that can also show how the user's daily behavior is integrated into the virtual world. When interacting with characters, the feedback that virtual characters can bring to users is a very important factor. Therefore, this research will develop an interactive doll that integrates visual, auditory, and physical tactile feedback to simulate the sense of presence brought by the interaction of virtualization and realization. By integrating data gloves, persistent gesture interaction, and interactive dolls, this research aims to provide intuitive and immersive interactions between virtual and physical realities to increase the presence experience in VR.

Keywords: Human-Computer Interaction, Free-hand Interactions, Intuitive Manipulation, Virtual Reality, Embodied Operation.

論文審査の結果の要旨

近年、体性感覚操作を組み合わせたバーチャルリアリティ (VR) アプリケーションが人気を博し、エンターテインメントの枠を超え、医療や教育の領域へと展開している。しかし、既存のハードウェアデバイスでは、ユーザに直感的な操作を提供できないという問題がある。これに対し、本研究では直感的で没入感のあるインタラクション手順を提供し、VRにおける没入感向上を目指した。研究のコンセプトとして、仮想空間において直観的で没入感のある体験を与えるために、Natural Interaction, Human Factors Feedback, Embodiment Sensation, Double-bridge Avator の4つの要素が重要であるとする NHED モデルを提案している。

まず、ウェアラブルなモーショントラッキング装置と VR グローブを提案した。ジェスチャー操作によるフィードバックを VR と体性感覚制御と組み合わせることで、ヘッドマウント型 VR デバイスにおいて、より直感的で人間らしいヒューマンコンピュータインタラクションを実現した。

次に、現実世界と同じようにジェスチャーで仮想世界のキャラクターと対話できるように、連続的なジェスチャー対話を認識するアルゴリズムを提案した。

続いて、様々な形状や振る舞いのオブジェクトとのインタラクティブな感覚を再現するために、VR グローブによる直感的な操作で、柔軟な素材を伸ばしたり曲げたりねじったりして、対応する物理変形を仮想オブジェクト上に表示する手法を提案した。

最後に、上述した3つの要素を組み合わせ、ユーザの日常的な行動が仮想世界にどのように統合されているかを示すインタラクティブドールを提案した。キャラクターとインタラクションする場合、バーチャルキャラクターがユーザにもたらすフィードバックは非常に重要な要素である。そこで本研究では、視覚、聴覚、物理的触覚のフィードバックを統合し、仮想化と現実化の相互作用によってもたらされる臨場感をシミュレートするインタラクティブドールを開発した。データグローブ、持続的ジェスチャーインタラクション、およびインタラクティブドールを統合することで、仮

想現実と物理世界の間に直感的で没入感のあるインタラクションを提供し、VRにおける臨場感体験を高めることを示した。

以上、本論文は、自然なインタラクションを通してVR環境の没入感を探究した学際的な研究であり、学術的に貢献するところが大きい。よって博士（知識科学）の学位論文として十分価値あるものと認めた。