



視線情報を利用した両眼視野闘争の特性を用いた 1 人称視点と 3 人称視点の融合提示についての検討

酒井宏伸, 橋本直己

Hironobu SAKAI, and Naoki HASHIMOTO

電気通信大学 (〒 182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, sakai@hashimoto.lab.uec.ac.jp, hashimoto@uec.ac.jp)

概要: VR アプリケーションでは 1 人称視点で映像が提示され, 高い身体感覚や没入感を伴って映像体験が可能である. 一方で 3 人称視点は, 空間把握力に優れるとされている. 本研究では, それぞれの視点の利点を両立させる映像提示手法を明らかにする. 我々は両眼視野闘争の意識によって知覚する映像を切り替えられる特性に注目し, 視野映像の提示手法を変えながら, ユーザの体感するアバタへの身体感覚や空間把握力などの評価を行うための手法の検討を行った. 本稿では実装結果や評価実験の設計, 及び予備的な検討について述べる.

キーワード: 両眼視野闘争, 視点融合, 視覚提示, HMD

1. はじめに

近年, バーチャルリアリティ (Virtual Reality: VR) の利活用が進んできており, ユーザはヘッドマウントディスプレイ (Head-Mounted Display: HMD) を装着することで, 高い没入感で映像を楽しむことができる. 一般的に, VR アプリケーションでは 1 人称視点で映像が提示され, まるで仮想空間に入り込んだかのような映像体験が可能である. 一方で, 3 人称視点はビデオゲーム内での操作視点として広く用いられている. 3 人称視点は 1 人称視点と比較して, ゲーム内のアバタの行動を周囲の環境と併せて認識可能であるために, 空間把握力を高める可能性があるが, プレイヤの没入感が損なわれることが示唆されている. このように, どちらの視点も一長一短の特性を持っている.

そこで, 我々は両眼視野闘争 [1] に注目する. 両眼視野闘争とは, 両眼の網膜の対応部に, ある程度以上の異質的な刺激が同時に与えられるときに, 脳が混乱し両眼の像が一致せず, 知覚される像が時間とともに交互に入れ替わる現象である [2]. 像を知覚する時間は不規則であるが, ユーザの意図によってどちらの像を知覚するのかをある程度制御可能であり [3], コントラストや明度の違いによっても知覚する視野に影響を与えるとされる [4]. これらの特性を利用することで, 1 人称視点と 3 人称視点の強みを両立することができるのではないかと考えた.

視野闘争の特性を利用して, 異なる VR 空間を左右の眼に提示し, その際の操作手法や 2 視点の切り替わりに注目した研究 [5] はあるが, 同一の VR 空間における異なる視点提示による体験の評価は十分になされていない.

そのため, 本研究では両眼視野闘争を活用して, 同一の VR 環境において身体感覚と空間把握力を両立させた映像提示手法について検討する. この研究により, 周囲に注意

を払いながらも主体的に行動する場面において, 高い効果を発揮する映像提示手法が明らかになると期待される. また, 異なる 2 視点の利点を同時に利用し, プロテウス効果による重さ錯覚に応用した研究もあり [6], 複数視点を同時に提示する研究への応用も期待される.

2. 関連研究

2.1 視点位置の違いによるユーザ体験

身体感覚 (Sense of Embodiment: SoE) は, 「行為主体感 (Sense of Agency)」, 「身体所有感 (Sense of Body Ownership)」, 「自己位置感覚 (Sense of Self-location)」の三つの要素から構成されると定義されており [7], 没入型仮想環境 (Immersive Virtual Environment: IVE) におけるユーザ体験に影響を与えるとされている. 視点位置の違いによるユーザ体験を評価した研究にも注目が集まっており, 1 人称視点のほうが 3 人称視点よりも行為主体感や身体所有感が高い傾向にあることが示されている [8].

Gorisse ら [9] は, IVE において 1 人称視点と 3 人称視点による身体感覚やパフォーマンスの違いを調査した. その結果, 身体所有感と自己位置感覚において, 1 人称視点のほうがアバタに対する身体感覚を誘発することを示唆している. また, パフォーマンスは 1 人称視点のほうが正確なインタラクションに優れ, 3 人称視点のほうが空間把握力が向上することを示唆している.

Boulic ら [10] や Debarba ら [11] は, HMD を用いて VR 環境における視点ごとの特徴を調査し, 1 人称視点のほうが物体を掴む際の対象物への到達精度が高くなり, 3 人称視点のほうが物体知覚と空間把握力が向上することを示した. 3 人称視点において, 対象物への到達精度が低い原因は, VR 空間における距離知覚不足によるものであると考えられている [12].

2.2 VR において異なる視点を提示する手法

VR 空間において、異なる視点をユーザに提示する手法として、画面を分割して異なる視点を提示する手法 [13] やオーバーレイで透過度を変えて映像を重ね合わせることで複数視点を提示する手法 [14]、さらには両眼視野闘争を利用して左右の眼に異なる映像を提示する手法 [5] が存在する。ほかにも、視野内の一部にウィンドウを生成し、そこに異なる視点を提示する手法や、ボタンを押すことで異なる視点を完全に切り替えるといった手法も存在する。なかでも、我々は両眼視野闘争を利用した提示手法に注目している。

山本ら [5] は、両眼視野闘争を活用して異なる 2 つの環境を同時体験する場合の操作手法と 2 視点の切り替えについて探求している。左右の目に別々の環境を提示することで両眼視野闘争を引き起こし、左目の環境は左手で、右目の環境は右手でインタラクションするように設計されている。両眼視野闘争が発生する状況でもユーザが使いやすいようにするために、アクティブな視野を手の加速度に基づいて判定し、アクティブでない視野のコントラストや明度を下げる工夫をしている。実験の結果、被験者全員が 2 つの視点を同時並行して視認できることを報告し、また被験者の意図によって知覚の切り替えが制御可能なことも示唆している。

3. 評価実験に向けた検討

本研究では、両眼視野闘争を用いて VR 環境における身体感覚と空間把握力を両立させた映像提示手法を検討している。そこで、高い身体感覚が期待される 1 人称視点と高い空間把握力が期待される 3 人称視点を融合提示する手法と、それぞれが単独視点の評価とどの程度かを比較するために単独視点での評価も行う。評価は次節以降で記す 5 つの提示方法でタスクの実施後、身体感覚や空間把握力に関する質問を 7 段階のリカート尺度で回答させる。

本実験を行うにあたり、HMD は VIVE 社の VIVE FOCUS VISION を使用し、仮想環境は Unity (2022.3.52.f1) を用いて構築した。アバタの制御には Final IK を使用し、HMD で頭部を、コントローラで左右の手をトラッキングし、計 3 点で制御を行った。ただし実験環境の都合上、VR 内の移動にはコントローラを使用し、オブジェクトを掴んだり離したりする操作もコントローラでボタンを押すことにより実装した。

3.1 評価タスクの設計

本研究目的を検証するためには、全くの同時時間軸で 2 視点の強みが発揮されるタスクが理想であるが、疑似的に同時に強みが発揮されるように異なる視点映像を交互に知覚しながら行うタスクを考えた。我々の以前の報告 [15] では、異なる視点の映像を交互に知覚し、それぞれの情報を用いて判断を促すようなタスクの設計を行った。具体的には、環境の中心に置かれたオブジェクトを周囲の対応する色の机に運ばせるタスクを行った。しかし、このタスクでは各視点の強みが発揮される場面が完全に別れており、例えばオブジェクトを掴んだり離したりする場面では 1 人称視点に、

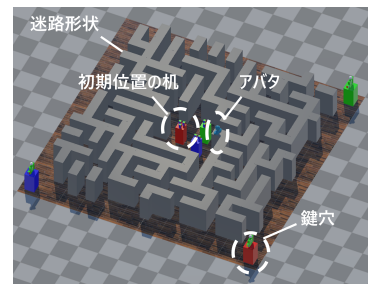
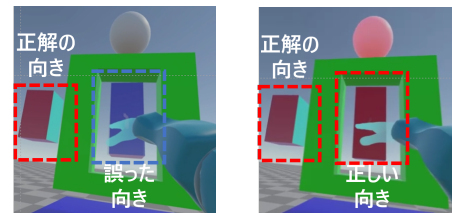


図 1: 実験環境



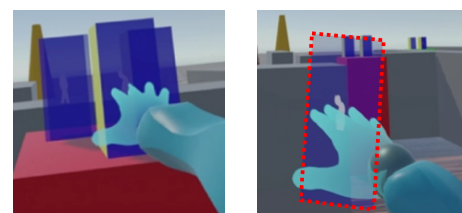
(a) 挿し込めない様子 (b) 挿し込めた様子

図 2: 鍵穴の仕様

周囲の机を探したり、移動したりする場面には 3 人称視点にのみに集中すればタスクが完遂できてしまっていた。

そこで今回の実験では、知覚する映像を脳内で切り替える頻度を高めることを考え、どちらかの視点に集中するような場面においても、もう一方の視点映像への意識を促すようなタスク設計を目指した。具体的には、正確な操作が求められる場面でも、周囲の状況に注意を払う必要がある場面を繰り返し誘発する実験環境を構築した。実験環境の例を図 1 に示した。

ユーザは、把持可能なオブジェクトが置かれた机から対象のオブジェクトを見つけ出し、環境内の鍵穴まで運び、挿し込む。オブジェクトはランダムに生成された特定の箇所でのみ把持可能であり、鍵穴は図 2 のようにあらかじめ用意された台座の中央の位置に対して、特定の向きでのみ挿し込み可能とした。環境内は敵キャラが巡回しており、ユーザを発見すると追尾する仕様とした。また、オブジェクトを把持すると徐々に透過していき、一定時間が経過すると初期位置に戻される仕様とした (図 3 参照)。環境内は迷路状になっており、事前に 10 種類程度の異なる配置を用意し、



(a) 把持し始めの様子 (b) 数秒経過した時の様子

図 3: 環境内の把持可能なオブジェクトの仕様

実験ごとにランダムに割り当てることにした。また、オブジェクトの把持は利き手でのみ可能とした。

このタスクにおいて、1人称視点映像はオブジェクトの把持時と鍵穴への挿し込み時に役立ち、3人称視点映像は敵キャラの位置確認や迷路の効率的なルート検索時に役立つと想定した。そのため、今回のタスクではこれらの異なる映像を交互に必要とすると考えられる。例えば、オブジェクトを鍵穴まで運ぶ途中、オブジェクトは一定時間で初期位置に戻ってしまうため、ユーザは3人称視点で敵キャラから逃れる効率的なルートを探しながらも、1人称視点でオブジェクトを持ち直す必要が生じる。また、鍵穴に挿し込もうとする際も、敵キャラの位置を随時確認し、接近してきたら逃げる戦略が求められる。このようにタスク全体を通じて、状況に応じて異なる視点映像を交互に利用する設計が実現できたと考えられる。

3.2 映像提示手法

実験では単独提示手法として、1人称提示（FPP 提示）、3人称提示（TPP 提示）。また融合提示手法として、オーバーレイ提示（Overlay：OL 提示）、両眼視野闘争提示（Binocular Rivalry：BR 提示）、視覚強調を用いた両眼視野闘争提示（Binocular Rivalry using Visual enhancement：BR-V 提示）の合計5条件とする（図4）。

FPP 提示のカメラ位置はユーザの視点とし、TPP 提示のカメラ位置はFPP 提示カメラの後方2.5m、上方0.5mとし、カメラがアバタを向くように角度を調整した（図5）。これは、HMD内の映像においてアバタが画角の半分程度の大きさとなるような位置とした。

OL 提示とは、1人称視点から取得した映像と3人称視点から取得した映像を透過率0.5ずつで画像合成した映像を両目に提示する手法である。今回の実験において異なる視点を提示する手法として様々な手法が考えられたが、オーバーレイ提示と比較することにした。これは、両視点の映像が同時に視野全体に提示されており、高い没入感で評価を行うことができると考えたためである。

BR 提示とは、片目に1人称視点、もう片目に3人称視点を提示することで両眼視野闘争を誘発する提示方法のことである。ユーザは意識によって知覚する視野を切り替えることが可能という視野闘争の特性を利用することを期待した。

BR-V 提示とは、BR 提示のように片目に1人称視点、もう片目に3人称視点を提示しながら、「コントラストや明度が高いほうの視野を知覚しやすい」という視野闘争の他の特性を利用することを想定し、次節で示す視覚強調を行う提示手法である。これはユーザがBR 提示と比較して、BR-V 提示のほうが意識だけでの知覚の切り替えよりも知覚したい視野を変更しやすくなることで、より滑らかに視点切り替えができることから、映像的な自然さが向上し、身体感覚や空間把握力に関する評価が高くなるのではないかと考えた。

両眼視野闘争を利用するBR 提示、BR-V 提示において、

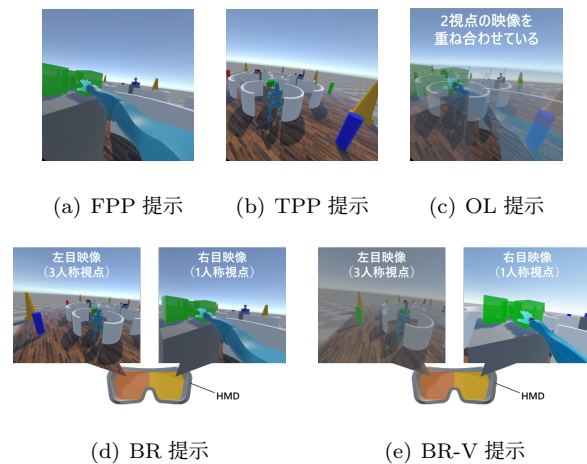


図4: 実験における5つの提示手法

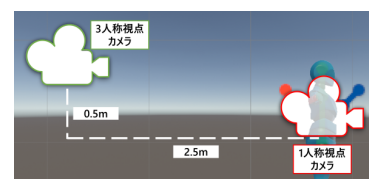


図5: FPP 提示と TPP 提示で使ったカメラ配置

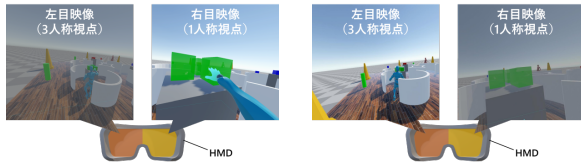
左右どちらの目にどの視点の映像を提示するかによって、評価に影響を及ぼす可能性がある。これは、利き目に提示された視点が優位になりやすいとされているためである。ただし、我々はオブジェクト把持時には1人称視点の映像に注目していると考えているため、利き手側に1人称視点が提示されているほうが操作しやすくなると考え、今回の実験では利き手側に1人称視点を、非利き手側に3人称視点を提示することを想定している。

3.2.1 BR-V 提示の視覚強調

タスクを実施している際に、ユーザがその場に適した視点を意識によって制御しやすくするために、両眼視野闘争の特性の一つであるコントラストや明度が高いほうの視野を知覚しやすいという特性を利用することを考えた。

タスクの実施中において、1人称視点の強みを発揮すると想定するようなオブジェクトを掴もうとしたり離したりする際には、ユーザは対象となるオブジェクトを探し出すために視線を向けたり、手を近づけることになる。そこで、システムでは1人称視点のほうを強調する際には、ユーザが対象のオブジェクトに対して視線を向けているかをHMDに搭載されているアイトラッキング機能を用いて判定し、コントローラが対象のオブジェクトと一定の距離未満の場合に対して、Unity内のポストプロセス処理を実施することで1人称視点映像のコントラストや明度を上げ、3人称視点映像のコントラストや明度を下げた（図6(a)参照）。処理はスムージングさせ、ユーザに違和感に感じ取られないような速度とした。

一方で、3人称視点の強みを発揮すると想定するような敵キャラの位置を確認したり、迷路の効率的なルートを探



(a) 1人称視点を強調する様子 (b) 3人称視点を強調する様子

図 6: BR-V 提示における視覚強調の様子

る場面では、ユーザはカメラを回転させる動作をすることになると考えられる。そこで、3人称視点のほうを強調させる場合には、HMD 自身やコントローラを用いて各フレーム間で一定の回転以上をしていると判定した場合に、1人称視点のほうを強調させる際に記した処理と逆の処理を行うことによって実装を行った(図 6(b) 参照)。

4. 予備実験

4.1 BR-V 提示の視覚強調手法の検討

BR-V 提示において、今回は視野全体に対してコントラストや明度を変化させる手法を採用している。これは、予備実験として視野全体を変化させた場合と注視しているオブジェクトのみを変化させた場合を比較し、判断したためである。5名の被験者(男性5名, 21~24歳)に対して「意識したほうの視野を知覚しやすいと感じたか」、「視覚的に自然と感じたか」、「使いやすいと感じたか」を7段階のリッカート尺度で評価させた。その結果、おおむね視野全体のコントラストや明度を変化させたときのほうが評価が高く、本実験では視野全体を変化させる手法を採用することにした。

4.2 評価実験タスクの調整

被験者実験を行うにあたり、各種パラメータの調整や評価タスクの難易度の確認、さらには異なる視点を必要とするタスクになっているかの確認を行った。そこで、3名の被験者(男性3名, 24歳)に対して、各提示手法でタスクを実施した。これにより、タスクは完遂できるが都度それぞれの視点を必要とするタスクを設計できたことを確認した。

5. まとめ

1人称視点における高い身体感覚と3人称視点における高い空間把握力を両立させる映像提示手法や実験内容を検討した。そこで、単独視点と融合視点での比較を行うことで、複合視点における複数視点の利点が両立できるかを検討するための実装を行った。

今後は被験者を募集し、評価実験を実施予定である。また、先行研究として異なる視点を同時に提示する手法[13][14]を参考に比較を行い、研究目的を検証していく予定である。

参考文献

[1] W.C. Xviii. contributions to the physiology of vision. —part the first. on some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 128, pp. 371–394, 12 1838.

[2] B. B.Breese. Binocular rivalry. *Psychological Review*, Vol. 16, No. 6, pp. 410–415, 1909.

[3] C.Paffen and D.Alais. Attentional modulation of binocular rivalry. *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 5, , 2011.

[4] T. J.Mueller and R.Blake. A fresh look at the temporal dynamics of binocular rivalry. *Biological Cybernetics*, Vol. 61, pp. 223–232, 1989.

[5] 山本航世, 渡邊恵太. Parasights : 両眼視野闘争によって2つの環境と並行してインタラクションできる空間提示手法. In *Workshop on Interactive Systems and Software 2024*, 2024.

[6] 村石雄世, 内山櫻子, 佐藤美恵, 橋本直己. ”1+3” 人称視点からのアバタの印象が重さ錯覚に与える影響の検討. 映像情報メディア学会冬季大会講演予稿集, 2024.

[7] K.Kiltani, R.Groten, and M.Slater. The sense of embodiment in virtual reality. *Presence Teleoperators & Virtual Environments*, Vol. 21, , 11 2012.

[8] M.Slater, B.Spanlang, M. V.Sanchez-Vives, and O.Blake. First person experience of body transfer in virtual reality. *PLOS ONE*, Vol. 5, No. 5, pp. 1–9, 05 2010.

[9] G.Gorisse, O.Christmann, E. A.Amato, and S.Richir. First- and third-person perspectives in immersive virtual environments: Presence and performance analysis of embodied users. *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 4, , 2017.

[10] R.Boulic, D.Maupu, and D.Thalmann. On scaling strategies for the full-body postural control of virtual mannequins. *Interacting with Computers*, Vol. 21, No. 1-2, pp. 11–25, 10 2008.

[11] H. G.Debarda, E.Molla, B.Herbelin, and R.Boulic. Characterizing embodied interaction in first and third person perspective viewpoints. In *2015 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, pp. 67–72, 2015.

[12] J. M.Knapp and J. M.Loomis. Limited field of view of head-mounted displays is not the cause of distance underestimation in virtual environments. *Presence*, Vol. 13, No. 5, pp. 572–577, 2004.

[13] R.Miura, S.Kasahara, M.Kitazaki, A.Verhulst, M.Inami, and M.Sugimoto. Multisoma: Distributed embodiment with synchronized behavior and perception. In *Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2021*, pp. 1–9, 2021.

[14] J.Schjerlund, K.Hornbæk, and J.Bergström. Ovr-lap: Perceiving multiple locations simultaneously to improve interaction in vr. 2022.

[15] 酒井宏伸, 橋本直己. 両眼視野闘争を用いた1人称視点と3人称視点の融合提示に関する検討. 情報処理学会研究報告, Vol. 2025-EC-75, No. 37, 2025.