

令和4年度実績報告書

令和5年3月3日

公立千歳科学技術大学
学長 宮永 喜一 様

公立千歳科学技術大学特別研究等助成要綱第7条に基づき、下記のとおり報告いたします。

報告者	所属	情報システム工学学科	職名	教授
	氏名	小林 大二	ふりがな	こばやし だいじ
研究課題名	仮想環境における身体化感覚の心理生理学的評価			
本研究費による発表論文、著書など	国際会議 Human Computer Interaction International 2023 での口頭発表, および, 論文(査読付き)提出を予定(論文は, HCII 2023 - Late Breaking Work - Papers, Springer LNCS volumes of the Proceedings に掲載予定)			

研究成果報告

1. 背景と目的

近年、VR 技術を活用したフライトシミュレータのように、システムの手動制御をするユーザインタフェースとして仮想環境や複合現実環境を利用する例が増えている。これらの環境では、現実と同様の視覚情報に加えて、ユーザの意思決定を支援する情報(支援情報)を仮想空間(VR 空間)に提示できる。しかし、物体に遮られた場所が透過して見えるようにするため、現実空間での見え方とは異なる図 1 右のような視空間がユーザに及ぼす影響は、よく分かっていない。そこで本研究では、非現実的な支援情報がユーザのパフォーマンスおよび身体化感覚(SoE: Sense of Embodiment)への影響を実験的に調査した。なお、本研究の実施に際しては、本学研究倫理委員会の審査・承認を事前に得た(受付番号 2022-6)。



図 1 VR 空間に非現実的な支援情報を付加した例(右側)

2. 方法

実験では、男子学生 10 名に右上図のような細長い経路を板に開けた「経路パネル」に棒を挿し、経路に接触しないように両終端の間を往復させる課題に取り組みさせた。練習せずに課題を 1 試行(練習前試行)させた後、接触回数が 2 回以下になるまで練習させ、再度、1 試行(練習後試行)させた。これら一連の練習と試行を 1 セッションとし、このセッションを現実空間、支援情報を提示しない VR 空間、支援情報を提示する VR 空間の 3 空間で実施した。ただし、支援情報を提示しない VR 空間と提示する空間でのセッションの順序は、5 名からなるグループごとに異なるようにした。

図 1 の VR 空間は、ヘッドマウントディスプレイ(VIVE Pro Eye)および、PC(Lenovo LEGION T750i)を用いて、Unity で構築・提示した。また、被験者の右手掌に振動デバイスを装着させ、棒が経路に接触した際に振動を提示した。なお、実験に先立ち、全ての被験者からインフォームドコンセントを得た。

被験者のパフォーマンス、および、タスク後の身体化感覚(SoE)、疲労、ストレス、作業負担感、は、先行研究で用いた SoE の質問項目、自覚症しらべ、職業性ストレス簡易調査票、National Aeronautics Space Administration Task Load Index :NASA-TLX などの質問紙を用いて評価した。また、課題遂行中の被験者の生体信号は、サンプリング周波数 1kHz で、心電図用アンプ(BIOPAC System ECG100C)、脈波測定用アンプ(BIOPAC Systems PPG100C)、皮膚電気活動アンプ(BIOPAC Systems EDA100C)を用いて測定しマルチ入力データロガー(Keyence NR-500)を用いて PC に記録した。これらのデータから、各空間での課題試行が作業者の心理生理に及ぼす影響を調べた。

3. 結果および考察

本研究では、棒の移動距離(往復の距離)を接触回数で除した値をパフォーマンスの成績評価尺度(成績)とした。3 つの空間での練習前試行と練習後試行の成績を比較した結果、支援情報を提示した VR 空間と提示しない VR 空間では、練習前試行の成績が有意に高かった($p < .05$, $p < .01$)。つまり、VR 空間では、成績の向上において練習の必要性が高いと言える。また、支援情報を VR 空間に提示した条件で練習した被験者は、提示せずに練習した被験者に比べて、練習に要した回数が多かった。

次に、質問紙を用いて調査した、課題遂行後の被験者の主観反応を各空間で比較した結果、現実空間に比べて VR 空間では課題後の眠気感が有意に強くなること、また、支援情報を提示した VR 空間では不快感も高まることが分かった。SoE の評価については、VR 空間は現実空間に比べて有意確率 5% で得点が低かった。具体的には、自ら棒を動かしている感覚(運動主体感)、VR 空間に表示される身体が自分のものであるという感覚(身体所有感)、自身の身体位置を違和感無く認識できている感覚(自己位置感覚)が、VR 空間では有意に低下していた。

さらに、支援情報を提示する場合には、まず、支援情報を提示しない条件で練習を積んだ後、支援情報を提示した条件で練習を積むと、より少ない練習回数で成績が向上することが分かった。このような順序で練習をした被験者は、「接触理由は分からないが、うまくいく感覚を覚え接触回数を減らした」と述べていたが、支援情報を提示した条件から練習を始めた被験者は、「うまくなる気がしない」、「なぜ接触するのかが分からない」、「棒が強調されていて奥行き感が分からない」と述べていた。つまり支援情報には、接触する原因の究明のような視覚的な空間の論理的な解釈に注意資源を集中させる作用があることが示唆される。しかし、VR 空間の精緻さは現実空間に比べて低く、仮想空間での見え方を現実空間に準えて解釈する意義は薄い。

従って、VR 空間内での作業訓練の効率を高めるためには、視覚だけでなく、触力覚、運動感覚など、習熟に必要な手掛かりを多様な感覚情報から見出す認知処理を促す必要がある。このため、仮想空間で支援情報を提供する場合には、支援情報の提示方法が視覚に偏った認知処理を促し、他の感覚情報に含まれる習熟の手掛かりを見落とす要因とならないようにする必要があると言える。