

令和 5 年度実績報告書

令和 6 年 3 月 21 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	HMD を利用した仮想空間でのシミュレーション訓練のための人間工学的ガイドライン作成			
本研究費による発表論文、著書など	国際会議 HCI International 2024, Washington DC, USA にて次の論文を発表予定 “Study of improving virtual workspaces based on Sense of Embodiment”, Ryusei Fukuda, Naomi Kuwata, Daiji Kobayashi, 論文は Springer より出版予定 日本人間工学会第 65 回大会（2024.6.22, 23）にて次のテーマで発表予定 ● 「自己位置感覚に基づく仮想作業環境のレイアウトに関する研究」, 福田龍誠、桑田若海、小林大二 ● 「動作研究に基づく仮想空間内での作業改善に関する研究」, 桑田 若海、福田 龍誠、小林 大二			

研究成果報告

仮想空間では、現実での再現が困難な場面や危険な作業場を容易に再現できる。このため、従業員の作業訓練に仮想空間を用いる企業が近年増えている。また、仮想空間では、訓練設備に掛かるコストが低く、多くの従業員に対して、必要な研修を一度に受けさせることが可能であり、訓練を目的とした VR 技術の導入は今後増えると考えられるが、VR 環境内での作業に関する研究は極めて少ない。

例えば、仮想空間での訓練で習得した作業スキルおよび知識は、現実空間での作業に転用することになる。しかし、仮想空間内での自身の移動や物の把持などの動作を自身が持つコントローラやモーションキャプチャなどで制御する場合は、仮想空間での動作と VR システムの制御動作とが完全には一致せず、作業スキルへの効果を検証する必要がある。この点については、Songjia (2021)が仮想空間でのギヤボックスの組立作業を提案しているが、仮想空間での動作スキルが現実空間での作業スキルに及ぼす効果については検討していない。

次に、日本の自動車産業などの作業現場では、短時間で身体的な負担の少ない部品の配置や作業環境を作業員の身体特性に合わせて設計している。しかし、生産ラインが稼働している間は、作業の見直しの検討が難しいため、VR などによる複合現実を活用して作業を設計することは一つの解決策となる。しかし、このような解決策に関する有効性を調べた研究もほとんど見られない。そこで、組立作業の作業環境を仮想環境内に複数構築し、作業性の評価結果に基づいた作業環境および作業動作の改善案を提案し、その効果を明らかにすることを目的とした。

まず、仮想空間での訓練に効果的な補助情報の効果を明らかにするため、仮想空間に部品を作業員から離れたところに並べた作業環境 A において、部品の接合部を線で結んだ「ガイド」と設計図を仮想空間に提示した作業条件と設計図のみを提示した作業条件で、被験者に椅子を組立させ、その様子を観察した。この実験の測定尺度は、組立時間、部品の向きや位置などに対して誤った組み立てをした回数(エラー)、および疲労感、ストレス、達成感などを測定する代表的な質問紙への回答結果とした。また、実験終了後には実験に対する参加者の意見を聴取した。被験者は平均年齢 21.9±1.0 歳の男女 14 名とし、各条件に 7 名ずつをランダムに割り当てて試行させた。

実験の結果、組立時間はガイドを表示したグループの方が長く、エラーの回数に差は認められなかった。また、作業後の「ぼやけ感」はガイドを表示したグループの方が有意に高く、「不満」の評価値はガイドを表示したグループの方が有意に高かった($p < 0.05$)。被験者へのヒアリングの結果、「ガイドに妨げられて部品を連結する位置が見えにくい」、「左右どちらのコントローラで移動できるのか混乱した」、「設計図がわかりにくかった」などの意見が得られた。

そこで、作業時間を短縮できるような二つの作業環境案を作成した。まず、被験者へのヒアリングの結果を分析し、混乱によるエラーを抑えるため、部品を作業員の前に配置し、向きを組立時に持ち替える必要の無いように配置した仮想的な作業環境 B を構築した。次に、動作を 18 の基本要素に細分化して分析するサブリグ分析と呼ばれる手法と、作業を遂行するのに要する時間を測定する時間研究を用いて、作業環境 A で一番時間が遅かった人について分析し、移動せずに組立作業できるように部品を配置した作業環境 C を構築した。また、作業環境 B と作業環境 C では、仮想空間に提示していた設計図の代わりに作業手順を示す動画に変更した。被験者は先の実験と同じ被験者 14 名とし、椅子の組立作業を 5 回実施した。その結果、組立時間の平均は作業環境 A に比べて作業環境 C の方が有意に短くなること認められた($p < 0.001$)。また、作業環境 B の「不快感」と「ぼやけ感」は作業後の方が有意に高いことが認められた($p < 0.05$)。環境間の比較では「不快感」で作業環境 C の方が有意に低いことが認められた($p < 0.05$)。

以上より、椅子の組立作業を仮想環境内で実施した結果、実験で提示したガイドの表示では作業効率が向上しないことが明らかとなった。また、仮想空間においてもサブリグ分析を用いて作業環境および作業方法を改善することで、作業の効率が向上した。さらに、仮想空間の作業にサブリグ分析を適用する場合には、分析対象を現実環境でコントローラを操作する手指や腕まで細分化することが作業環境及び作業手順の改善にとって有効であった。つまり、本研究で提案した仮想空間での作業性の評価・改善方法はある程度効果があったと言える。

実験を通して、コントローラの操作への習熟が早い被験者は、仮想空間での作業時間が短くなる傾向が観察された。仮想空間での動作は、コントローラの操作によって生成される間接的な動作であるため、作業員がコントローラの操作に習熟しなければ、意図に沿った作業を仮想空間内で実現することは難しい。

現実空間におけるコントローラの操作と仮想空間内での動作の両方を作業員に理解させ早期に習熟させることが身体化感覚の向上に繋がり、作業性も向上する可能性がある。この点の検証を今後の課題としたい。