

審査結果の要旨

論文題目 「Study on Simulator Sickness in Immersive Virtual Environment and Proposal for Safety Guidelines」

(没入型バーチャル環境におけるシミュレータ酔いと安全ガイドラインの提案に関する研究)

学位申請者 Jinjakam Chompoonuch

本研究では、没入型バーチャル環境 (Immersive virtual environment (IVE)) として、「複数の大型平面スクリーンから成り、複数のユーザが同時に入る事が出来、その役割が位置センサを装着したドライバとその他のパッセンジャとに分類できる環境」と定義している。このようなバーチャル環境の代表例は CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment) であるが、通常 1 名のユーザが利用する環境である。しかし近年このサイズが大型化しており、この大型の CAVE では複数ユーザの同時利用が可能となることから、本研究では、複数ユーザ同時利用の環境を研究対象としている。一方、バーチャル環境では、その特有の「シミュレータ酔い」の現象が生じるため、この研究が盛んに行われているが、CAVE におけるシミュレータ酔いの研究は少なく、特に、本研究で対象とする、「大型 CAVE における複数ユーザ同時利用環境」に着目したシミュレータ酔いの研究は行われていない。そこで本研究では、この環境下でシミュレータ酔いを低減するためのガイドラインを提案することを目的として研究を行っている。シミュレータ酔いに関しては、Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) に基づき、酔いを誘発する複数の要因をその環境内に発見し、その重要度の順位付けを行うための実験を行っている。シミュレータ酔いを誘発する複数の環境要因として、ユーザ位置、ドライバとパッセンジャ間の身長差、視差、スクリーンの数の重要性を示している。また、SSQ と Motion Sickness History Questionnaire の比較、心拍数とシミュレータ酔いの関係についても検討している。

実験 1 では、視差とスクリーンの数の関連について検討している。この実験により、3 面スクリーン環境は 1 面スクリーン環境よりもシミュレータ酔いが少ないが、視差が 2.0cm の場合は、眼精疲労の項目において、3 面スクリーン環境が 1 面スクリーン環境よりも疲労が大きいという結果が得られている。この実験結果は、3 面スクリーン環境では実際と同じ眼間距離 (約 6.5cm) を視差として設定する必要がある事を示唆している。一般の 1 面立体環境では、視差は実際の眼間距離よりも短い方が良いとされており、この研究成果は、没入型立体環境に関する研究分野に波及する効果大きい。

実験 2 では、視差、ユーザ位置、身長差、国籍、年齢の影響について検討している。実験結果について主成分分析を行ったところ、シミュレータ酔いに大きな影響を与える要素の順は、視差、ユーザ位置、身長差、国籍、年齢の順であることが示されている。シミュレータ酔いに影響を与える複数の要因について順位付けを行った初めての研究成果であり、本研究分野に多大な寄与をもたらすと評価できる。

しかし実験 2 で利用したコンテンツは、スクリーン境界で生じるパッセンジャとドライバへの映像歪みの違いが不明瞭であったため、実験 3 において映像歪みが強いコンテンツを用い、パッセンジャとドライバの違い (ユーザに関する要因) を明確にするための検討を行っている。この実験では、ユーザ位置、身長差、年齢の影響について検討を行い、その結果、ユーザ位置と身長差が著しくシミュレータ酔いに影響を与える事が示されている。

続けて、同じコンテンツを用いて実験4を行っている。この実験では、再度全ての要素について検討を行っている。その結果、視差、ユーザ位置、身長差の3つが最も重要なシミュレータ酔い誘発要素であることが示されている。また、この実験では心電図の計測を併せて行い、シミュレータ酔いと心拍数の関係についても検討している。シミュレータ酔いに影響を与える最も重要な要因を発見し、その順位付けを行ったことは、高く評価できる。

これらの実験より、「IVEは1面スクリーンに比べてシミュレータ酔いを低減できる、ただし視差は現実と同等の6.5cmに設定する」、「最も身長が高いユーザをドライバとして設定する」、「ユーザ位置、特にパッセンジャの位置はスクリーン境界が視野に入らない位置とする」などの結果を最終的なガイドラインとしてまとめている。さらに、IVEでの実験方法に関する調査結果もガイドラインしてまとめている。これらのガイドラインは、シミュレータ酔いを低減するための方法とその影響度を整理しているだけでなく、コンテンツ制作に制限を加えることなく立体視環境側の条件設定でシミュレータ酔いを低減できる事を示しており、その学術的意義は高く評価できる。

本論文の1章では、問題定義、先行研究調査結果、研究目的について述べられている。2章では、3D環境や立体視の仕組みについて述べられている。3章では、シミュレータ酔いの客観的・主観的評価方法について述べられている。4章は、先行研究調査結果を基に、没入型バーチャル環境で実験を行う際のガイドラインが提案されている。このガイドラインは、これまで定まった実験方法が示されていなかった本研究分野に多大な寄与をもたらすと評価できる。本研究の主要な結論は、次の二つの章で述べられている。実験1～実験4の結果と考察が述べられている5章と、その結果を基にガイドラインを提案している6章である。このガイドラインは、大規模没入型立体視環境での共同作業におけるシミュレータ酔い低減のための環境設定方法を示しており、その新規性、独創性は共に高く、学術的意義は高く評価できる。7章では、本研究の結論を述べている。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 Jinjakam Chompoonuch は東海大学博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	博士（工学）	伴野 明	情報通信学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	石井 啓之	情報通信学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	工学博士	野須 潔	開発工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	黒田 輝	情報理工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	濱本 和彦	情報通信学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）