



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Advancing the use of immersive VR in geoscience : Virtual landslide fieldwork for research and education
Author(s)	MUHAMMAD ZULHILMI, Abdul Azim
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16568号
Issue Date	2025-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16568
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98178
Type	doctoral thesis
File Information	MUHAMMAD_ZULHILMI_Abdul_Azim_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士（環境科学）

氏 名 MUHAMMAD ZULHILMI Abdul Azim

審査委員 主査 准教授 早川 裕一
副査 教授 山中 康裕
副査 教授 根岸 淳二郎
副査 准教授 白岩 孝行

学 位 論 文 題 名

Advancing the use of immersive VR in geoscience: Virtual landslide fieldwork for
research and education

（地球科学における没入型VRの活用：ランドスライドのバーチャルフィールドワークによる
研究と教育展開）

没入型バーチャルリアリティ（VR）は、近年急速に普及しつつある新興的な情報技術であり、主にゲームや医療、建築分野において応用が進んでいるが、地球環境科学の分野においてもその活用可能性は極めて高いと考えられている。特に、三次元的な空間情報を扱うことの多い地質学や地形学、災害科学などにおいて、VRの持つ視覚的・体感的な特性は、従来の手法では得られなかった新たな分析・教育の手段を提供し得る。しかしながら、現時点においては、VR技術が地球科学分野の研究や実務に本格的かつ体系的に導入されている事例は限られており、その有効性や実用性に関する体系的な検討は未だ途上にある。そこで本論文では、地球科学におけるVR技術の現状を広く概観したうえで、実際の野外調査手法や教育実践への応用の可能性を多角的に検討し、科学的手法および教育手法の革新に資する知見を提示することを目的とした。

まず、既存研究の整理と俯瞰を目的として、2016年から2024年にかけて発表されたVR関連の地球科学文献を対象に、文献計量分析を実施した。この分析では、出版年ごとの論文数の推移、主題領域の分布、用いられているVR技術の種類、主な応用分野（例：視覚化、教育、災害伝達など）を体系的に整理した。その結果、近年におけるVR技術の発展と共に、地球科学分野でも特に視覚的なデータの提示や理解促進を目的とした応用が増加傾向にあることが明らかとなった。特に、教育目的での利用が顕著に増加しており、大学や研究機関を中心にVRを活用した教材開発や実習環境の整備が進められている様子がうかがえた。このことは、VR技術が地球科学の教育現場において有望なツールとして認識され始めていることを示唆している。

次に、VRの実践的応用可能性を検証するための事例研究として、地震災害に伴い発生した小規模な斜面崩壊地を対象に、従来の地質学的野外調査手法をVR環境内で再現・模擬する取り組みを行った。本事例では、ドローンやフォトグラメトリを用いて取得した三次元地形データをVR空間に実装し、ユーザーが仮想空間内で対象地形を自由に観察・分析できるようなシステムを構築した。その結果、仮想的な地形探索によって、地質構造の把握や変位量の観察な

どが実際の現地調査と同等レベル、あるいはそれ以上の精度で可能であることが確認された。また、ユーザー同士の同時接続による共同作業も可能であり、教育・研究両面での応用の広がり期待される。本研究は、地形災害研究におけるVRの適用可能性を示す優れた実践例であると同時に、同様の研究への基盤的知見を提供するものである。

さらに、教育的応用の可能性を検証する目的で、インターナショナルスクールに在籍する中学生を対象としたVR講義の実践を通じ、没入型環境が学習動機や理解度に与える影響を評価した。講義では、実際の火山地形を模した仮想環境を用い、受講者が地形内部を歩き回るような形式で火山活動や地層構造を学習できるように設計した。その結果、従来のスライド型講義に比べて、受講者の集中力や質問回数が顕著に増加し、学習内容の記憶定着にも良好な影響を与えていることが観察された。加えて、アンケート調査からは、多くの生徒が能動的な回答をしており、VRを活用した教育が地球科学分野に対する理解と関心の深化につながる可能性が高いことが示唆された。

このように、本論文では、文献調査、事例研究、教育実践という三つのアプローチを通じて、VR技術の地球科学分野における多面的な応用可能性を実証的に検討した。その結果、VRは地球科学の研究手法の革新のみならず、教育実践の質的向上にも大きく貢献しうる有力な手段であると結論づけられる。とりわけ、視覚的・体感的理解が重要となる地学教育においては、VRによる没入型体験が学習意欲の喚起と深い理解の形成において極めて有効であると考えられる。

今後は、VR技術をより広範かつ効果的に活用するために、用途別に特化したインターフェースや教材、データ処理ツールなど、実践的かつ柔軟な技術パッケージの開発が求められる。また、VR環境の導入におけるコストや操作性、アクセシビリティの課題についても継続的な検討が必要である。最終的には、科学的探究と教育実践の両面において、VRの持つ潜在力を最大限に活かすことで、地球科学のさらなる発展と社会への波及効果が期待される。

これらの研究成果は、地球科学分野におけるVR応用の方向性を指し示すものであり、学術的意義および実践的貢献の両面において高く評価されるべきものである。さらに、申請者は本研究を通じて誠実かつ粘り強い姿勢で学術的探究に取り組んでおり、大学院博士課程における必要な単位取得や研究活動の水準に鑑みても、博士（環境科学）の学位を授与するにふさわしい資質と能力を有していると審査委員一同は判断した。