

## バーチャル・リアリティによる先進的土木工学実習教育コンテンツ開発

福島工業高等専門学校 正会員 ○鈴木 摩耶  
 福島工業高等専門学校 フェロー会員 緑川 猛彦

## 1. はじめに

近年、建設業界では、少子高齢化や生産年齢人口の減少等により、熟練技術者の人材不足や若手技術者への技術継承が課題となっている。それに伴い、建設機械の無人化等の技術革新（i-Construction）も進みつつあり、本来、熟練技術者が手取り足取り教授することが必要であった経験的技術力の継承を可能な限り人手や時間をかけずに実現できる画期的な方法や付加価値の高い教材等が強く望まれている。

筆者が技術職員として勤務する実践的技術者の育成を目標とする高専においても、従来の対面型による実験・実習では、器具の取扱方法や測定方法等の学習に多くの時間を費やしがちであるほか、教職員が一度に対応できる学生数にも限りがある。高専や大学等の教育機関において、より実社会を見据えた専門知識の習得を目指すためには、従来の実験・実習教育による技術者育成をより発展させることが必要となる。

本研究では、現在様々な分野で応用が進んでいるVR（Virtual Reality）技術<sup>1)</sup>を活用し、必ずしも指導者や教職員を必要とせず、場所や時間の制約を受けずに視覚的に学ぶ・繰り返し記憶に刻む・職人的感覚を養う等の経験的学習を補助する技術支援教材を開発し、従来の対面型授業との比較・評価を行うこととした。

## 2. 対象実験及び開発概要

本研究では、表-1 に示す通り、現在もなお実現場で経験に基づく「勘」に頼る部分の多い砂・石・セメント等の性状を取り扱う本科3年次に学習するコンクリート材料実験を対象とした。

作業手順は、図-1 に示した撮影・編集・VR実装が主な流れとなる。特に、二次元動画等では表現しにくいような各材料の質感や水分量、練り混ぜ時の粘りや扱いやすさ、流動性の程度等に着目し、比較対象となる実際の対面型授業を360度カメラで動画撮影した。撮影時は、状況に応じて定点や手持ちでの撮影手法に切り替えながらカメラを移動させた。また、可能な限り体験者の見

たい角度や視点で体感視聴できるように、実験内容に沿って全体が把握できる位置や学生の目線、指導者の立ち位置等に留意し、VR体験の特徴である臨場感が最も得られるように撮影を試みた。

撮影後、撮影データを編集PCに取り込み、360度動画に対応した編集ソフトで補足説明のテロップ等を加え、主にゲームやアプリ開発等で広く用いられている開発プラットフォーム「Unity」を介してHMD（Head Mounted Display）に投影した。

なお、HMDは、PCに常時接続して使用する高性能タイプとやや性能を抑えたワイヤレスに特化したタイプの2種類を用いることとした。

表-1 対象実験項目

項 目	実験内容
細骨材の密度・吸水率試験	表乾状態試料の作成(砂)
	密度試験
	吸水率試験
コンクリートのフレッシュ性状	材料の計量
	コンクリートの練り混ぜ
	スランプ試験
	空気量試験
コンクリートの硬化性状	簡易型枠による供試体作成
	供試体の研磨
	供試体の寸法・質量測定
	圧縮強度試験



図-1 作業手順と使用機材

キーワード VR, 教材開発, 360度動画, コンクリート実験, HMD

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0836

### 3. 開発環境

一般に、前述した使用機材や編集・開発ソフトを用いて開発を行う場合、各種インストール、データの読込・編集・書き出し・保存等の各動作に耐えうる高性能なPC環境が必要となる。本研究では、表-2に示すようなPCスペックのもと、安定した開発環境下でVR実装まで実施することができた。本研究で取り扱った360度動画は、1時間程度の4K撮影で約30GBとなり、多くのデータ容量を消費する。また、動画編集やVR実装デモ等を実施する際にも多くの負荷がかかるため、作業効率の観点からも開発内容に応じて必要又は推奨PCスペック以上の開発環境を確保することが重要である。

表-2 使用データ容量と機材スペック

360度動画データ	撮影 60~90分 : 30~50GB
Mac mini (Apple社 デスクトップPC)	
OS	MacOS
動画編集	CPU/GPU Apple M1チップ
	RAM 16GB
	SSD 1TB SSD
raytrek R5 (Build To Order ノートPC)	
OS	Windows 10 Enterprise
CPU	intel Core i7-10875H
GPU	NVIDIA GeForce RTX 2060 6GB
RAM	32GB DDR4 SO-DIMM
SSD	1TB NVMe SSD

### 4. 実装結果の整理

細骨材の密度・吸水率試験における編集画面の一部を切り取った画像を図-2に示す。VR動画中に表示されるテロップは、特に試料を表乾状態にする際、試料を手で握って湿り具合を確認するなどの感覚的な作業時において、状況の理解や体験者の視点誘導、視覚的学習等の効果を促すため、3D立体文字を用いて必要箇所に空間配置した。その他の実験項目も同様の手法で編集し、VR実装を行った。また、Unity上では、HMDに映し出される実際の視点も表示させることが可能であり、図-3のように、開発中にHMDを接続して映像を再生させて繰り返しその場で実装デモを実行させた。

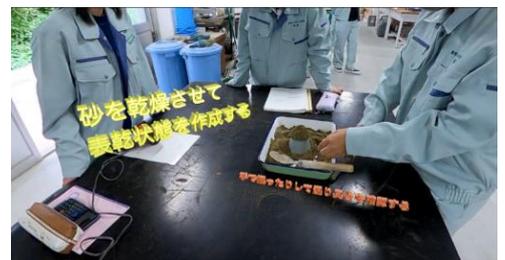


図-2 Final Cut Pro上での360度動画

実装したVR動画を見てみると、3DCG空間とは異なり、物体等に触れることはできないものの、一定の没入感や臨場感は確保できていると推察され、従来の対面型授業や二次元動画等における「学習」という意識を感じさせずに視聴することができるといえる。



図-3 UnityとOculus Quest 2の実装デモの様子

一方で、体験者の視点の動きに加え、動画自体も動きがあるため、場面によっては脳と身体間での認識のズレにより眩暈や吐き気を催す等の「VR酔い」を引き起こしやすい傾向がある。HMDにおいては、PC接続型と比べて解像度や音の再現性、装着感等で多少見劣りするが、基本的に電源を入れれば起動するという開発時のセッティングの容易さや導入コスト等の観点から、独立型のほうがより実用性に優れている。

### 5. まとめ

評価において重要となるVR体験時の没入感の程度やHMDの装着感や重量感、VR酔いの程度等は、個人の感覚の影響を大きく受けることから、実装後、一部の実験関連教職員を対象にVRデモ体験を実施し、そこで得られた見解をもとに、表-3に示す具体的評価のためのアンケート項目の抽出・選定を行った。今後、実際に対面型授業を受けた学生らに実装したVR動画を体験してもらい、アンケート調査を実施することでより詳細な比較・評価を進めていく。

表-3 アンケート項目

項目	回答形式
回答者情報 (学年・性別・体験VR機種)	選択
過去におけるVR体験の有無 (体験内容・使用VR機種)	選択 (複数回答)
VR酔いの有無	選択 (4段階)
学習時間の適切さ	選択 (4段階)
テロップ等情報の見やすさ	選択 (4段階)
対面型授業との比較 (良い点・悪い点)	選択 (複数回答)
改善点	選択 (複数回答)
応用性 (見学・予習・復習・追実験)	選択 (複数回答)
新たに体験希望するテーマ	選択 (複数回答)
総合満足度	10段階

**謝辞** 本研究は、JSPS 科研費 JP21H04107 の助成を受けたものです。

また、本研究の遂行にあたり、ご指導・ご助力を頂きました緑川猛彦教授に深く感謝の意を表します。

**参考文献** 1) VR等のコンテンツ制作技術活用ガイドライン2020, 特定非営利活動法人 映像産業振興機構, 2021. 3