

【助成 39-59】

立体視 180 度動画を用いた VR 建設現場教材の開発と 脳波・脈波モニタリングによる学修効果の評価

代表研究者 国土舘大学理工学部建築学系 准教授 位田 達哉

共同研究者 国土舘大学大学院工学研究科 特任助教 三上 可菜子

〔研究の概要〕

建設現場の施工管理教育に関して、高等教育機関の教場講義という“読む・聞く”の間接的学修には限界があり、就業後の現任訓練（OJT）によって実務的な施工管理能力を獲得しているのが現状である。本研究では、初学者向けの仮想体験が可能な VR 建設現場教材を作成するとともに、その学修効果を脳波・脈波のモニタリングによって評価する一連の教育システムの開発に取り組んだ。その結果、VR 建設現場教材は、実際の建設現場を撮影した実写 VR 動画と操作可能な VR アプリケーションに分けることで、実体験に近づけることができた。また、VR 体験時に脳波・脈波を取得することで、課題への集中度合いや驚きなどをリアルタイムに評価することができた。

〔研究経過および成果〕

本研究は、建築系大学生の革新的な体験型授業の創出を試み、建築施工学と生体工学の学問的なアプローチを融合させた新時代の VR 教育システムの確立を目的としている。経験工学に基づき運営されている建設現場の VR 教材を構築するとともに、その VR 現場見学の学修効果を脳波解析による脳活動特性および心拍変動による自律神経系のモニタリングによって評価できることを実験的に検討した。研究経過と研究期間で得られた成果は下記 3 点に集約される。

1. VR 建設現場教材の構築

立体視 180 度 VR 動画（VR180）、360 度全天球カメラによる全天球動画（VR360）および小型ジンバルカメラを用いた動画の 3 種類の実写動画を稼働中の建設現場で撮影したほか、スマートディスプレイによるリアルタイム観測を実施した。これら

実写動画は建設業者の協力のもと撮影し、その業務の妨げにならないよう撮影する必要があったため、技能労働者の詳細な作業のほか、安全上の制限で危険箇所や事故現場を撮影することができなかった。そこで、3D ゲームエンジン（Unity）を用いて仮想建設現場をプログラミングし、HMD（Head Mount Display）とコントローラを用いて細かな現場作業や労働災害の仮想体験などができるように構築し、現場の臨場感を付与した（図 1）。



図 1 VR 建設現場シミュレータの画面

2. VR 体験時における学修効果の測定方法の検討

VR 体験時の学修効果評価のため、生理的指標のリアルタイム計測を試みた。生体情報デバイスは、HMD との併用を考慮し、簡易脳波計により脳活動 (EEG) から α 波 (リラックスしている状態) および β 波 (緊張, 興奮, 思考など脳を使っている状態) を計測した。また、胸心拍センサにより心臓の電気的活動 (ECG) を計測し、心拍数 (HR) および R-R 間隔を計測した (図 2)。

30 名の国士舘大学大学生を対象として、HMD を装着した状態で脳波および心拍変動 (HR および R-R 間隔) を計測し、概ね想定通りに生体情報が取得できることを確認した (図 3)。ただし、動きを伴う体験では、特に脳波のノイズが増す傾向があり、個人差を生ずる頭部形状と脳波計をフィットできるような固定具の開発を引き続き進めたい。

3. VR 建設現場教材を用いた学修効果の検証

VR 建設現場教材の学修効果を可視化するため、VR 被験に及ぼす脳波・脈波の影響を調べた (図 4)。その結果、VR 体験中は β 波が優位となる被験者が多く、脳活動の活発化、すなわち集中している様子を把握することができた。例えば建設現場内を歩いている際に死角からフォークリフトが飛び出して激突する労働災害を表現した VR 体験では、被災した 40 秒付近で急激に α 波が低下して β 波が優位となり、HR の急激な高まりに伴って R-R 間隔が短くなるなど、VR 体験に連動した生体情報の変化を検知することができた (図 5)。ただし、数分程度の VR 体験であっても生体情報のデータ量が膨大となることから、この脳活動を簡易的に把握するための要素を抽出し、システムの軽量化を今後の課題としたい。

〔発表論文〕

- 1) 位田達哉, 三上可菜子: コンクリートの施工教育に関する取組みの紹介 -VR 建設現場教材と学修評価手法の開発-, *コンクリート工学*, **60(6)**, pp. 548-553, 2022. 6
- 2) 位田達哉, 三上可菜子: 生理的指標を用いた VR 施工教材の学修評価に関する試み, *建設機械*, **59(1)**, pp. 19-25, 2023. 1
- 3) 位田達哉, 三上可菜子: VR 建設現場の体験評価のための生理的指標の簡易モニタリング手法に関する基礎的研究, *国士舘大学理工学部 紀要*, **16**, 2023. 3 (掲載決定)



図 2 生体情報デバイスおよび装着の様子

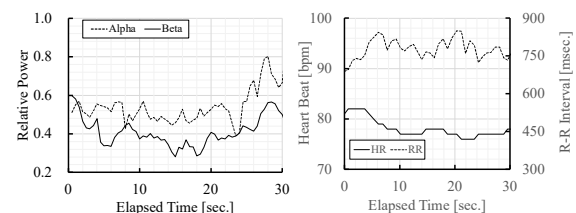


図 3 HDM 着用時の脳波 (右図)・脈波 (左図)



図 4 VR 体験の様子

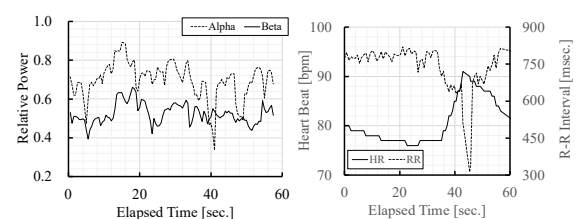


図 5 フォークリフト衝突時の脳波・脈波