

橋梁工事における VR 技術（仮想現実）を活用した 安全教育訓練の紹介

INTRODUCTION OF SAFTY EDUCATION AND TRAINING WITH VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN BRIDGE CONSTRUCTION

柿木 誠*
Makoto Kakinoki

1. はじめに

近年、建設業の労働災害は年々減少しているものの、全産業に占める割合は3割を超えており、中でも「墜落・転落」の割合が最も高い。特に高所での作業が多い橋梁建設現場においては、重篤災害に繋がる「墜落・転落」を起こさない対策が必要である。事故を減少させるためには安全教育が必須となるが、実体験の伴わない教育は効果が薄い。そこで、目覚ましい進歩を遂げているデジタル技術を応用し、VR 技術による疑似体験を体感することでより安全意識の向上を期待できる安全教育システムを開発したのでこれを紹介する。

2. システムの概要

これまでの安全教育は、安全衛生テキストやビデオを用いた座学が中心であり、作業員は自身に起こりうる問題であるとの認識が薄かった。そこで、VR 技術を用いて実際に起こりえる危険個所の把握、危険行動、事故等を疑似体験させる「VR 技術を用いた橋梁工事安全教育システム」を開発した。VR とは Virtual Reality の略であり、VR デバイスを装着することで、360 度広がるデジタル上の仮想空間に没入して、現実であるかのような疑似体験ができる仕組みのことである。この疑似体験により作業員は、これまでの安全講習よりも自分自身の問題と捉えやすくなるため、これまでのビデオ視聴などの座学にくらべ、作業員の安全意識の向上が期待できる。写真-1 にシステムの体験状況を示す。被験者は、VR デバイスである VR ゴーグルを装着し、仮想現実を体験する。外部出力装置に映っている画像が被験者の眼前に 3D 画像として展開され、被験者はあたかもその場にいるような錯覚を受ける。本システムは、国土交通省が管理する新技術活用のためのデータベース NETIS にも登録を行っている(KK-180029-VE) 2)。

3. システムの運用

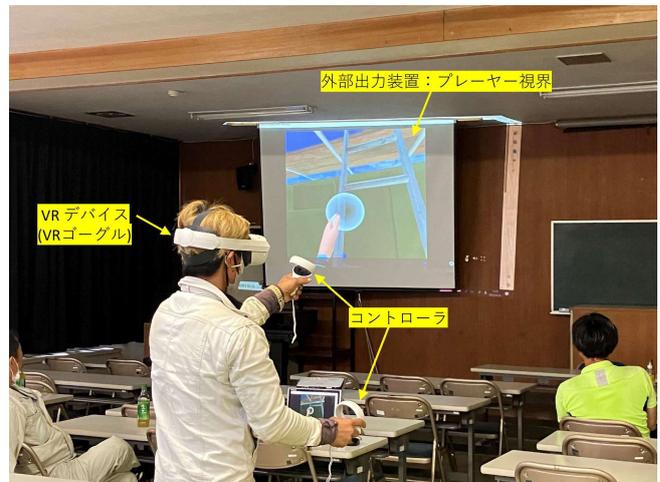


写真-1 VR 安全教育システム 体験状況



写真-2 VR デバイス Meta Quest2

3.1 使用機器およびプレイエリア

本システムの使用機器である VR デバイス「Meta Quest2」を写真-2 に示す。Meta-Quest2 は Meta 社が開発した HDM(Head Mounted Display)で、ゴーグルにセンサーが組み込まれているインサイドアウト方式を採用している。このため、被験者の位置を特定する外部センサー

* 技術開発本部 DX 戦略部 DX 戦略課

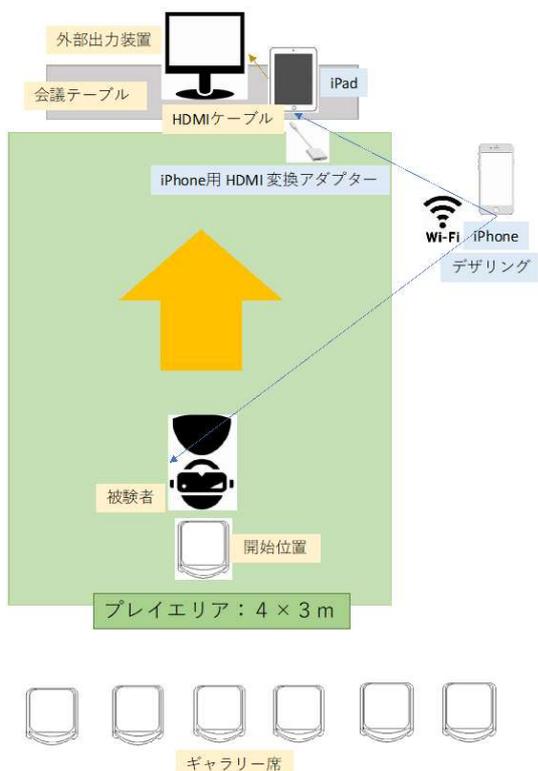


図-1 プレイエリア例

が不要となり、被験者が移動するために必要な4m×3m程度のプレイエリアと称する空間があれば運用は可能である。また、VR空間を構築するだけであれば、Meta Quest2だけでも可能だが、体験状況を他の作業員と共有するためiPhone等の通信機器を用いディスプレイ等の外部出力装置に被験者の視覚の表示を行う。図-1にプレイエリアの構築事例を示す。構築例では、被験者の視点とディスプレイ方向が一致しており、被験者を後ろから第3者が見ているイメージとなる。

3.2 適用範囲

本システムは、橋梁工事の関する屋内における安全衛生教育に適用が可能である。特に複数業種の作業員が就

表-1 コンテンツ一覧

分類	内容	
工場	はさまれ	玉掛作業中、ボックス柱に挟まれる
	飛来・落下	玉掛作業中、ロープが外れ鋼材落下
	飛来・落下	移動中、養生パネルが外れて落下
	転倒	高所作業においてホースに気を取られて転落
	墜落・転落	作業中に頭を打ちバランスを崩して転落
架設現場	墜落・転落	昇降設備から下方をのぞき込み足を滑らせ墜落
	墜落・転落	木製足場板の番線が破断して落下 安全ネットを突き破り地面に墜落
	墜落・転落	安全帯を使用して桁上を歩行中に隙間より落下 宙吊り状態に
	転倒	梯子昇降中に足を滑らせ背中から足場上に転倒
	転倒	雨天時に枠組足場の階段から足を滑らせ転倒

労する場合に高い効果を発揮する。選択可能な3D体験事例（コンテンツ）を表-1に示す。本システムは橋梁の製作工場と架設現場での作業を想定して開発しており、それぞれ発生頻度が高い事例をピックアップし、事前にコンテンツ化している。ただし、本システムでは複数人が同時に仮想空間内で疑似体験を共有することは想定していない。

4. 従来手法との比較

1年間の橋梁工事現場における安全教育費を想定し、安全教育4時間×12回を標準として、座学中心の従来手法と本システムを使用した場合を比較した内容を表-2に示す²⁾。従来の手法と比較し、VRシステム導入費の影響により経済性としては劣ることになるが、VRシステムによる疑似体験により、被験者の安全意識の向上が期待できる。

表-2 従来手法との比較（NETIS情報より抜粋）

項目	活用の効果	比較の根拠
経済性	低下	VRシステム導入費により低下 従来技術：91,722円 新技術：878,922円
工程	同程度	従来技術：6日 新技術：6日
品質	同程度	
安全性	向上	危険個所の把握、危険行動、事故等を疑似体験できるため、作業員の安全意識が向上
施工性	同程度	
周辺環境への影響	同程度	
その他、技術の アピールポイント		VR空間に橋梁工事の状況を再現して、より高い臨場感と没入感の中で被験者が事故を体感することで、実際の現場での危険予知レベル、安全意識の向上に役立てられる。



写真-3 VR 安全教育システム 体験状況 1



写真-4 VR 安全教育システム 体験状況 2



写真-5 VR 安全教育システム 体験状況 3



図-2 コンテンツ選択画面



図-3 音声ガイダンス

5. 安全教育訓練例

本システムを橋梁の架設現場に導入し、安全教育を実施した事例を写真-3～5に示す。VR デバイスを装着すると被験者には図-2の画面が提示され、手に持ったコントローラでコンテンツを選択する。コンテンツを選択すると、図-3のように音声による状況説明が行われ、体験が開始される。操作は視覚的に示され、簡単な操作で体験が可能となっている。本システムをフロー化したものを図-4に示す。被験者はガイダンスに従いコントローラを操作し、仮想空間内で危険作業の疑似体験を行う。実際のVR 体験画面の例を図-5に示す。被験者は疑似体験で



体験者の視覚は外部出力装置にて共有

図-4 体験フロー

あっても、実際に体験したようなリアクションをとることがしばしば起きる(写真-4,5)。現場では、作業員全員に参加してもらい、半日/月以上の時間を割り当てて、安全教育訓練を実施する。システムでは、被験者の視覚が画面に表示されるため、周りで見ている作業員も映像を共有することにより、自然と実際の現場と同じような感覚で「声掛け」が発生する。このようなコミュニケーションは現場でゼロ災害を達成する上で重要な取組みの一

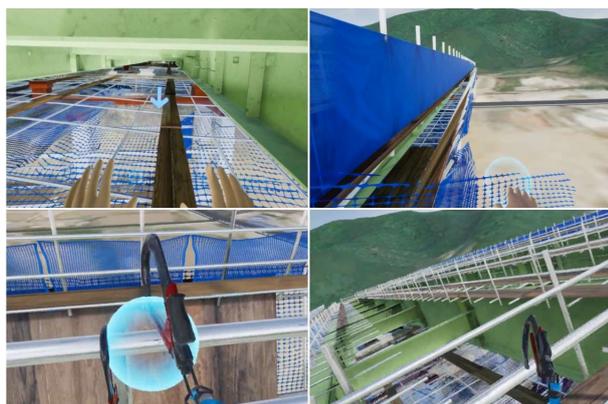


図-5 VR体験画面

(架設現場 墜落・転落安全帯使用時)

表-3 安全教育 VR システム活用現場一覧

番号	年月	発注者	工事名
1	2017年10月	中日本高速道路株式会社	高森高架橋
2	2018年10月	近畿地方整備局	信楽6号橋
3	2019年05月	和歌山県	諸井橋
4	2019年06月	九州地方整備局	大川高架橋
5	2019年06月	和歌山県	恋野橋
6	2019年08月	近畿地方整備局	新滝見橋
7	2019年10月	九州地方整備局	大川高架橋
8	2021年05月	中国地方整備局	静間川橋
9	2021年07月	四国地方整備局	仁淀川橋補修工事
10	2021年09月	東北地方整備局	菊田こ線橋
11	2022年01月	石川県	手取川橋
12	2022年02月	滋賀県	上砥山高架橋
13	2022年03月	関東地方整備局	江川橋
14	2022年04月	近畿地方整備局	堂動川橋
15	2022年05月	近畿地方整備局	堂動川橋
16	2022年07月	中国地方整備局	海田西ランプ橋
17	2022年08月	滋賀県	馬場山寺高架橋
18	2023年03月	近畿地方整備局	京田ランプ橋
19	2023年05月	中日本高速道路株式会社	山県インターチェンジ橋

つであり、本システムは安全対策上有効であると考えている。実施した体験状況はシステムに記録されているため、被験者は疑似体験後に自らの行動を図-6の画面から第三者視点で振り返り、反省することができる。

本システムは多数の現場で導入されている。これまで活用した現場の一覧を表-3に示す。今後も、現場への展開進めていく予定である。

6. 今後の取り組み

本システムは、VR上で危険行動を追体験できるが、実際には危険を予知し回避行動を行うことが通常である。そこで、より現場に即したプレイヤーの行動選択ができるコンテンツを現在開発中である。開発中の画面を図-7に示す。



図-6 VR体験画面（体験の振り返り）

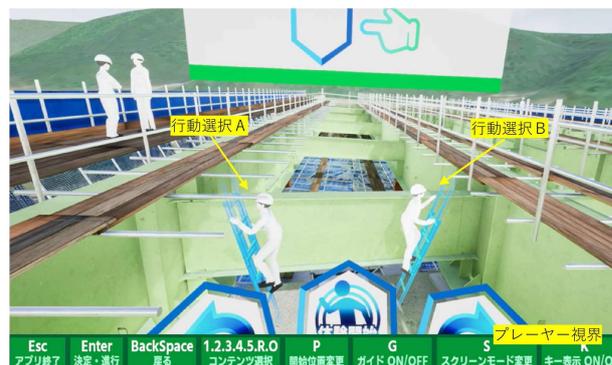


図-7 開発画面

7. おわりに

本稿では、仮想空間で実体験であるかのような疑似体験が可能なVR技術を用いて開発した安全教育システムを紹介した。本システムにより安全意識の向上、作業従事者間の感覚の共有等、従来の安全教育よりも効果の高い安全教育訓練が可能となった。本システムが現場の安全確保の一助になれば幸いである。

謝辞

本システムの共同開発社である、宮地エンジニアリング株式会社、瀧上工業株式会社、オフィスケイワン株式会社の皆様に感謝の意を表します

参考文献

- 1) 厚生労働省ウェブサイト：報道発表資料2023年5月 令和4年度労働災害発生状況の分析等、<<https://www.mhlw.go.jp/content/11302000/001099504.pdf>>、(2023年9月時点)
- 2) 国土交通省：NETIS新技術情報提供システム, KK-180029-VE, VR技術を用いた橋梁工事安全教育システム、<<https://nethttps://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=KK-180029>> (2023年9月時点)