

VR で実際に起こったクレーン事故を体験できる 「リアルな操縦+危険体験」による効果的な VR トレーニング

瀬戸 豊

本稿では、小型移動式クレーンの安全教育を目的に開発された VR 訓練システムについて報告する。本システムは、実際のクレーン用操縦機器と VR システムを連動させ、過去に発生した実例をもとに構成された事故シナリオを体験できる点に特長がある（図—1）。従来の座学や映像視聴型訓練と異なり、操縦中に突如として事故が発生するリアリティによって、作業員の危険認識力と判断力を高めることができる。特に「自分の操作が原因で事故が起きる」という実感が、行動変容を促す要因となる。建設会社や鉄道関連事業者にとって、より実践的で定着率の高い安全教育手段として、本システムの活用可能性を提示する。

キーワード：小型移動式クレーン、VR 安全教育、危険体験シミュレーション、建設業の労働災害防止、リアル体験型トレーニング、感電体験機器

1. はじめに

(1) 背景と課題

(a) 建設現場におけるクレーン事故の実態

建設業界において、小型移動式クレーンは住宅地や狭隘地での作業を中心に広く使用されているが、その操作性の手軽さと引き換えに、重大な事故を招くリスクが常に存在している。特に、クレーンの転倒、荷の接触、感電などの事象は、わずかな操作ミスや確認不足に起因することが多く、事故事例の分析からは人的要因が共通の背景にあることが明らかとなっている。厚生労働省の労働災害統計によれば、クレーンに関連する死亡・重傷事故は依然として高水準にあり、安全対策のさらなる高度化が求められている。

(b) 現行の安全教育の限界

建設機械操作に関する現行の教育手法は、座学とビデオ教材、ならびに実機による基本操作訓練が中心で

ある。しかし、これらは「安全の知識」を伝達する手段としては有効である一方、あくまで「第三者としての学習」に留まりがちである。これでは、作業員の深層にある危機意識を喚起するには不十分である。自らの行動が事故の引き金となりうることを「体感」として理解することで、安全行動は初めて習慣として根付く。

(2) 技術の進展と新しい訓練の可能性

(a) VR 技術と XR デバイスの発展

近年、XR（VR/AR/MR）技術の進展は著しく、産業界においても教育・訓練分野での応用が急速に進んでいる。特に、没入感の高いヘッドマウントディスプレイ（HMD）の普及により、従来の「疑似体験」をはるかに超える「模擬実体験」が可能となっている（写真—1）。

(b) 教育分野への応用事例

航空、自動車、医療などの分野ではすでに、実機を



図—1 VR 内の小型移動式クレーン



写真—1 VR と専用デバイスを使用した訓練の様子

用いた訓練の補完あるいは代替としてVR訓練が導入されており、実際の作業に近い環境で、コストと安全性を両立した教育が進められている。建設分野においても、足場の組立訓練や感電事故再現などのVR事例が報告されており、今後ますますその重要性は高まると考えられる。

(c) 本システム開発の目的と着眼点

本稿で紹介する「小型移動式クレーンVR訓練システム」は、こうした背景を踏まえ、「リアルな操縦」と「突発的事故体験」を融合させることで、作業員に対して強い当事者意識を植え付け、実際の行動変容を促すことを目的として開発された。本システムでは、過去の具体的な事故を再現するシナリオをベースとし、VR内の事故と操縦体験を同期させることで、単なる「見て学ぶ」教育から、「体験して学ぶ」教育への転換を目指している。特に、自身の操作が原因となって事故が発生するというストーリー展開により、現実の現場での操作にも慎重さと注意力が反映されることが期待される。

2. システムの構成と訓練シナリオ

(1) システム構成の概要

(a) ラジコン型操作システムとVR連動の特徴

本VR訓練システムは、現場で実際に使用されているラジコン型クレーン操作機と、VRゴーグルを用いたVR映像とを同期させた構成を採用している。機材構成としては、ラジコンとVRゴーグルを接続するノートパソコン、までを含めて一式となる(写真-2)。

ユーザーは、実際のラジコンと同じ古河ユニックのジョイスティック式ラジコン、あるいはVR訓練用に開発した特製の選択スイッチ式ラジコンのいずれかを手に取り、VR空間内で小型移動式クレーンの操作を行う。ラジコンの操作は即座にVR内のクレーン挙動に反映され、荷の吊り上げ、旋回、ブームの伸縮など、実作業に即した挙動が再現される(写真-3、4)。

本訓練モードは、実機の操作感とVRによる没入体験の両立により、机上の学習では得難い臨場感をもたらす。特に「危険体験シナリオ」はすべて、このラジコン型操作機を用いたインタラクティブなVR体験として設計されており、訓練者は「操作ミスが直接事故に繋がる」という構造を通じて強い当事者意識を得る(写真-5)。

(b) クレーン操作の延長線上での事故演出

ラジコン型操作機からの入力リアルタイムでVR空間に反映され、ユーザーがブームを伸ばす、荷を吊る、旋回するなどの操作を行うと、VR内のクレーン



写真-2 機材構成



写真-3 古河ユニック製ラジコン



写真-4 VR専用選択スイッチ式ラジコン



写真-5 古河ユニック製ラジコンを使用したVR訓練の様子

も同様の挙動を取る。加えて、ワイヤーで吊るクレーン特有の「揺れ」を物理演算シミュレーションにより正確に再現している。VRのシナリオ内では事故につながるような「不適切な操作」—たとえばアウトリガーの未展開や定格荷重の超過—を実際に行うことによりVR空間内で事故が発生する体験として設計されている。



写真—6 古河ユニック佐倉工場での取材の様子

一般的な映像視聴型の危険体験とは一線を画すものであり、訓練者にとっては「自分の操作が事故を引き起こす」という直接的な責任感を伴った体験となる。

(c) 危険体験はラジコン操作機に限定

なお、本システムは別途、レバー操作によるクレーン操縦訓練も備えているが、危険体験シナリオに関しては一貫してラジコン操作型 VR 訓練に限定されている。これは、現場でのクレーン操作の 90% がラジコン型操作機によって行われているためである。

(d) クレーンメーカーによる監修

危険体験シナリオを作成するにあたっては、小型移動式クレーンのトップメーカーである古河ユニック(株)により、事故事例の再現、事故原因の分析、事故を回避するためのポイントなどについて専門的な立場からの監修を受けて開発している(写真—6)。

(2) 危険体験シナリオの設計思想

(a) 実際の事故を再構成したシナリオ設計

本システムでは、労働災害として報告されている過去の実例をもとに、危険体験のシナリオが構成されている。各シナリオでは、「危険を予見できなかった」「不注意な操作を行ってしまった」等、現実の事故で繰り返されるミスが忠実に再現されており、それを訓練者自身の操作によって体験するシナリオ構成となっている(図—2)。

(b) 自らのミスで事故が起きる「当事者体験」

たとえば、アウトリガーが十分に展開されていない状態で吊り上げや旋回を行いクレーンが転倒する。あるいは、上方に電線が通っている事を失念して操作を続け感電事故に遭う。こうした誤操作はすべて、訓練者自身のラジコン操作によって引き起こされる(写真—7)。

(c) 多様な作業シーンの再現

訓練シナリオは、建設現場、高圧電線下、工場敷地内での作業など、多様な現場を想定して設計されている。これにより、特定条件下における判断力や操作の



図—2 VR 内第三者目線での事故の振り返り



写真—7 VR 内クレーン転倒事故の本人目線の様子

注意点を、状況別に習得できる構成となっている。

(d) 着座でも可能な危険体験

VR 表現はリアリティが利点である反面、リアルすぎるが故に現実の環境でも体が反応してしまって転倒する、といったアクシデントも他社事例で報告されている。そのため、本システムにおいては事故体験を着座でも行えるモードを用意し安全性に配慮している。

(3) 危険体験シナリオの具体例

(a) 公開済みシナリオ①：アウトリガー張り出し不足による事故事例

鉄骨の荷下ろし作業時にアウトリガーを張り出すのを怠ったことによりクレーンが転倒し、吊り荷と荷台から滑り落ちて来た鉄骨に挟まれた事故事例。

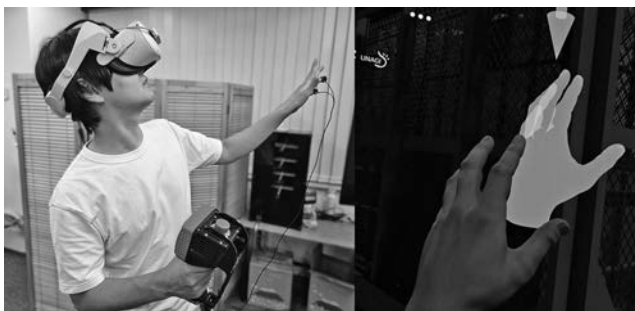
(b) 公開済みシナリオ②：高圧電線へのブームの接触による事故事例

農作物をトラックに積み上げている過程で、遠くの荷物を吊るために伸ばしたブームを起こした際に上方の高圧電線に接触し感電した事故事例(図—3)。

(c) 公開済みシナリオ②の体験拡張版：高圧電線へのブーム接触による感電事故(感電デバイス連動) 弊社開発の感電体験デバイス「UNAGI」と連動。



図ー3 高圧電線への接触による事故事例の一場面



写真ー8 感電体験装置を指に巻いた感電事故体験

VR内で電線にブームが接触すると、現実の指先に安全な微弱電流が流れ、感電を体感できる構成。視覚と触覚が統合された学習によって、感電の怖さと作業環境の安全確認の重要性が強く印象付けられる（写真ー8）。

(d) 開発中シナリオ①（2025年秋公開予定）：定格荷重超過による荷の激突事故

作業終盤でブームを伸ばしたことでオーバーロード状態となったが、そのまま作業を継続したことでトラックの傾斜を招き荷台から滑り落ちた木材、吊っていた木材の両方に激突された事故事例。

本章では、VR危険体験シナリオがいかにして構築され、ユーザーの操作がどのように事故演出と結びついているかを詳述した。次章では、これら体験型訓練によって得られる教育効果、および現場での導入結果について考察する。

3. 訓練効果の分析と導入の展望

(1) 実証的評価の初期観察

(a) 関係者によるテスト体験の概要

本システムは現在、正式な実証実験や企業導入に先立ち、クレーン教育機関の指導者、小型移動式クレーンの操縦者、鉄道関連事業者等、業界の専門的知見を有する関係者を対象としたテスト体験を継続的に実施している。これらの体験は、展示会・個別デモンスト

レーション等を通じて行われ、累計で数十名以上の専門家に体験いただいている。

(b) 得られているフィードバック

現時点で得られている意見には、以下のような特徴的なフィードバックが挙げられる：

「あらかじめ事故が起きるとわかっていても、実際にその瞬間を体験すると恐怖を感じる」

「荷が崩れる・当たる・感電するというVR上の出来事が、想像よりもリアルだった」

「ラジコンの操作によって、自分が事故を起こしてしまうという感覚が強く残る」

「吊り荷の揺れや地面の傾斜など、現場でよくある“ヒヤリ”がうまく再現されている」

このような反応は、体験者が単に映像としてではなく、事故の当事者としての臨場感を得ていることを示しており、本システムの設計思想が正しく機能していると評価できる。

(c) 今後の機能面の課題

現時点ではまだ、リアルな事故体験を提供するにとどまっているが、建設会社などの企業が本格的にこのシステムを安全性向上のために導入する場合、各作業員の体験状況の把握や安全性向上についての効果測定をデータ的に行える必要性が考えられる。そのため現在、本システムの利用データ集計機能の開発を進めている。

(2) 導入検討と現場からの期待

(a) 現場関係者の反応と受容性

テスト体験に参加した関係者からは、導入に対する前向きな姿勢と期待が確認されている。特に鉄道インフラや高圧電線の近傍で作業を行う業者においては、「実際の感電体験が伴うVR」は、従来の座学や安全ビデオでは伝えきれなかった危機意識の醸成に有効であるという意見が多く見られた。

また、建設会社の安全教育担当者からは、「吊り荷の揺れ」「アウトリガー未展開」「過積載」といった、日常的に起こりうるリスクを安全な環境下で模擬的に体験させられる手段として有用であるとの評価が得られている。

(b) 教習・訓練機関からの導入相談

いくつかの教習・訓練機関や職業訓練機関においては、本システムの貸出または常設導入に関する相談も寄せられている。特に「事故体験は、現実においては容易に実施できず、多くのバリエーションとなると不可能に近い」という意見が印象的であり、今後の教材設計の一部として、VRによる感情刺激・身体刺激が

有効であるという仮説を裏付ける結果となっている。

(c) 今後の導入と継続評価の展望

正式な導入にあたっては、VR 体験の設置環境など運用面での整備も求められるが、何よりもシステム機材一式が軽量の構成（ノートパソコン、ラジコン、VR ヘッドセット）であることから、さほど広い場所も必要とせず持ち運びも用意である。また、導入時にはそれらの設置や利用方法に関する導入サポートも行っており、既存の導入先においても一般のクレーン作業者にスムーズに利用されている。

(3) 今後の課題と応用展望

(a) シナリオの多様化と現場課題への適応

現段階で実装済みの危険体験シナリオは、代表的な災害事例をもとにした限定的な構成となっているが、今後はより広範な作業条件や業種に適合するコンテンツの拡充が求められる。具体的には、以下のような視点からシナリオの多様化が必要である。

- ・夜間・悪天候・視界不良といった「環境要因」を含む事故再現
- ・隣接作業・第三者接近・外部交通との関係を含む「複合リスク」
- ・特定業種（鉄道、電力、橋梁施工など）に特化した状況設定

これらの拡張により、個々の現場で実際に直面するであろう「潜在的リスク」に対して、より高い現実適応力を養う訓練が実現できると考えられる。

(b) より多くの事例を継続的に体験できる仕組みと体験の習慣化

事故の起こる状況や原因は一様ではない。また、一度体験しても長い時間が経過した後には記憶が薄れていくことも懸念される。クレーン作業者の安全意識向上に対する有効性を高めるならば、より多くの事故体験を、継続的に、数多く提供していく必要がある。これを、クレーン実機で行おうとするのは現実的ではなく、VR 訓練の有用性を生かすべきある。

本システムでは、そのようなサイクルを実現するために、継続的に事故体験を追加していき、それらをサブスクリプション型式（月払い費用の中ですべての事故体験を利用できる）で提供する。現在、年3作品のペースで開発を進めており3作品目となる次回の事故体験は2025年9月に提供開始予定である。

(c) 企業内教育システムとしての仕組みの整備

昨今の企業内教育は集合研修から職場単位での分散研修、さらには Web システムを利用した個人レベルでの学習(WBT)へと顕著な変化を遂げている。クレー



写真—9 職場内でVR訓練を一人で行うクレーン作業者

ンの訓練に関しても、各作業者の体験学習記録を管理集計するシステムで全作業者の体験状況の「見える化」を実現することで、本VR訓練システムは建設機械の分野におけるVR式のWBTを提供できるものと考えている（写真—9）。

4. おわりに

建設現場における災害の多くは、作業手順やルールを「知っている」にもかかわらず、「できていなかった」ことに起因する。そこには、知識と行動の間にある心理的なギャップ——すなわち、「自分ごととして危険を認識できていない」という課題が横たわっている。

本システムのVRによる危険体験を制作し、何度もテストを行いながら感じたのは、「死亡に至る事故というものがいかに静かに呆気なく起こるか」という点である。ドラマや映画で描かれるような、危険を彷彿させる前触れの演出など一切なく、死亡事故は起こる。そしてその時、ほぼ何が起こったのか分からないまま当事者は命を落とす。

本稿で紹介した小型移動式クレーンVR訓練システムは、そうしたギャップを埋めるための新たなアプローチである。特に、ラジコン型操作機を用いたインタラクティブな危険体験により、「自分の操作が事故を引き起こす」という感覚を身体的・感情的に伴って習得できる点は、従来の座学や映像教材にはない特徴である。

危険体験というものは、ウィルスに対する予防接種にたとえることができる。毎年、微妙に変化するインフルエンザウィルスに対し私たちは予防接種を受ける。危険な事故にも多くの種類のものがあり、典型的な事故の危険性は学んでも、日々変化する現場においてはどのような事故が起こっても不思議ではなく、そ

のためにクレーンの事故も後を絶たないのではないだろうか。

予防接種で免疫を得るように、より多くの事故事例を操縦者の立場で体験することは自らの危険予知能力を強化することにつながるものと考え。臨場感ある「体験」を継続的に行うこと。それこそが、次代の安全教育のあり方であり、労働災害ゼロを目指す現場に必要とされる進化であると確信している。

J C M A



【筆者紹介】
瀬戸 豊（せと ゆたか）
シンフォニア(株)
代表取締役

