

モーションキャプチャによる没入体験を 安全教育に活かす

「気づき」をもたらす安全教育システム「リアルハット」の開発

蛭原 巖・須長 真介・真柄 毅

労働災害の主要因である「不安全行動」を抑止するためには、作業に携わる関係者自らが「作業に潜む危険」に気づき、自主的に安全対策を講じる必要がある。従来型の安全教育が抱える課題を改善し、関係者の「気づく力」を鍛える新しい安全教育システムを開発した。本システムは、モーションキャプチャを活用することで安全教育受講者を仮想労働災害現場に没入体験をさせる。さらに受講者に「気づき」をもたらす教材となるようにVRデータ製作時にシナリオを工夫し、「気づき」に至らせるプロセスをシラバスとして整理している。加えて本稿では安全教育の実施例も紹介している。

キーワード：バーチャルリアリティ、安全教育、気づき、モーションキャプチャ、没入体験、シナリオ、シラバス

1. はじめに

建設産業の労働災害は、長年にわたる業界の懸命な努力により死傷者数、死亡者数とも緩やかな減少傾向を示しているものの、2016年も1年間で15,000名を超える死傷者が発生している。これら労働災害の原因要素分析を行うと、その多くは複数の原因が重なって発生している傾向にあり、しかも原因には必ず当該作業関係者の不安全行動が含まれている。この不安全行動の防止こそが労働災害を減少させるカギであることから、建設現場では「人間のエラー」を前提とした様々な取り組みを実施しているものの、依然として「安全対策の不備」や「想定外のエラー」の発生は否めない。しかし、当該作業関係者の「作業に潜む危険」への「気づき」があれば、「安全対策の不備」や「想定外のエラー」を補完でき、労働災害の発生を大幅に減少させられる。この「気づき」は、知識や体験から生まれるものであり、その根源は、現場における「ヒヤリハット」である場合も多い。この「ヒヤリハット」を安全にかつ数多く体験し、「気づく力」を身に着ける仕組みとして「モーションキャプチャを活用した没入型安全教育システム」を開発した。本稿では、この安全教育システムについて報告する。

2. 従来型安全教育の抱える課題

かねてより安全教育は、定期開催に加えて、雇い入

れ時、送り出し時、新規入場時などさまざまな局面で実施されている。その安全教育の形態は、“講師一人が多数の受講者に対して講義を行う一方通行型教育”と“数人ずつのグループに課題を与えグループ内で討議する相互通行型教育”の2つがある。一方通行型教育は、当該現場に相応する過去の災害事例や映像を用いて、労働災害を防止させるための知識を与える教育方法であり、現在の主流となっている。一方通行型教育は、多数の受講者を同時に教育するため、受講者側は受け身となっていることが多く、その理解度は講義に臨むモチベーションや知識・体験量など個人差の影響を受ける。一方、相互通行型教育は、“講師と受講者”、“受講者と受講者”が意見を交わしながら答えを導く方法であるが、“講師の技量”や“教育に費やす時間”などによりその学習効果は異なる。また、グループ内の誰かが解答すれば他の参加者は何もすることなく済む場合が多く、結果として限られた参加者のみが学習しているにすぎない。また2つの教育方法において、理解度を測り学習効果の検証を実施していないのが一般的である。これらの現象の背景には、教材として用いる災害事例への受講者の「当事者感の欠落」や受講者のモチベーションを向上させない「教育方法のマンネリ化」などが考えられる。これらに対し、いかに受講者の集中力を高め、学習効果を得るかが課題である。本開発は、安全教育の教材にバーチャルリアリティ（VR）に関する技術を導入し、安全教育受講者が労働災害の当事者として体験することで従来型安全

教育の課題を解決することを目的としている。

3. マンネリ化した従来型安全教育からの脱却

(1) モーションキャプチャを活用した新しい教材

モーションキャプチャとは、現実の人物や物体の動きをデジタル的に記録する VR 技術である。このモーションキャプチャを活用することで、VR 被験者の行動を仮想空間内で瞬時に再現できるようになる（写真一1）。これにより人間の脳は、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）で展開される仮想空間内の出来事を現実として捉え、VR 被験者自身がその仮想空間内にあるように錯覚する。その際、VR 被験者は仮想空間内で再現される映像や音に集中し、その世界に浸った感覚となっている（写真一2）。この体験を「没入体験」という。この「没入体験」を伴う「新しい教材」により、VR 被験者すなわち安全教育受講者たちが高い集中力を維持しながら、学習教材に取り組む環境を整えた。



写真一1 「リアルハット」の体験状況



写真一2 驚くVR被験者

(2) 効果的な「気づき」をもたらすためのVRシナリオとシラバス

「気づき」は、自分を取り囲む環境内でそれまで意識しなかった事柄に注意が向き、その事柄を問題として認識することである。人間は、この「気づき」を得た後、認識した問題（気づいた事柄）に自分なりの価値観を設定（評価）し、その価値観に基づく行動を起こす。よって、教育には「気づき」をもたらすことが重要であり、より多くの「気づき」をもたらす教材であれば、その学習効果は大いに期待ができる。そこで、本安全教育システムの開発と履修に当たっては、効果的に「気づき」が得られるよう内省・洞察できる仕掛け（イベント）を盛り込んだ。これは、気づかせたい項目、その根拠となる法規、気づかせるまでの手順（シナリオ）などをシラバスとして整理し、このシラバスに沿ったVRデータの製作を行った。さらに仮想空間内でおきる出来事の要所において、講師はVR被験者に対して声をかけ、「気づき」へと誘導する。そこで得た「気づき」を仮想空間内で実践することにより、仮想空間内の労働災害を発生させずにVR体験を終了することもできる。本システムのVRデータは、労働災害を疑似体験することを主目的とせず、仮想空間の中で労働災害が発生した原因を見出させることを主目的とした。そこで、本システムで構築した仮想空間には、実際に発生した災害事例を忠実に再現し、様々な労働災害の要因を内在させている。これは労働災害の発生状況にリアリティを持たせ、多くの「気づき」を誘発させるためである。またこの試みにより、風化させたくない労働災害を新鮮な形で記録するという副産物も生み出した。

(3) 仮想空間内の立場を変えて再体験できる機能

本システムでは、仮想空間の中でVR被験者が労働災害の被災者となって労働災害を体験できることに加えて、労働災害発生時の関係者に立場を変えて被災状況を第三者的に見ることもできる機能を持たせている。被災者から関係者へと立場を変えて複数回体験することで、VR被験者は、労働災害の発生状況を俯瞰的に感じつつ、「被災者の私は、相手側にこう見えるのであれば、こう配慮しよう」「関係者の私は、このようなところにも気をつけながら作業の進捗を監視しよう」などと多くの「気づき」を得ることができる。さまざまな視点から何度でも繰り返し体験することで「気づく力」が鍛えられる。

(4) 「気づき」「学び」「成長」のスパイラル方式

VR体験は、VR被験者にとって最初の体験が最も新鮮かつ衝撃的である。同VRシナリオを複数回体験することで、その新鮮さや衝撃度は急速に失われ、「気づき」を得ることは難しくなる。こうしたシステムでは、頻繁なVRシナリオの更新や追加が必要とされるため、開発費が膨大に膨らむことが予想され、長く使用できる教材としての価値を失うこととなる。そこで、これらの課題に対し、VRシナリオに階層性を設けた「スパイラル方式」を導入した(図-1)。「スパイラル方式」は、①作業員を対象とした「危険を基本的に理解できるレベル」、②現場管理者を対象とした「安全の法規を含めて理解できるレベル」、③事業者を対象とした「総合的な安全対策を理解できるレベル」の複数段階に設定しており、ひとつのVRシナリオにおいて、「作業員個人が安全対策を行える」、「職長クラスが安全対策を指導できる」、「元請会社が安全パトロールできる状況」に対応させている。



図-1 スパイラル方式の概念

4. 「モーションキャプチャを活用した没入型安全教育システム」の実施例

本システムは、装着した機器の操作によって体験したいコンテンツを選択できる仕組みとなっている(図-2)。



図-2 「リアルハット」のコンテンツ

(1) バックホウ編

重機災害のバックホウ編は、仮想空間内の労働災害が発生する前に講師がVR被験者に対し「ここを安全に通行するには何をしたらよいか？」と声をかける(写真-3)。するとVR被験者は、さまざまな行動を試し被災を繰り返しながらも、最終的に「安全に通行する」ために必ずしなければいけない事柄に気づく。仮想空間の中で、その「気づき」を実践すると労働災害を回避し、無事に終了する(図-3)。



写真-3 講師の声掛けにて「気づき」を誘導する



図-3 バックホウ編の仮想空間全景

(2) クレーン編

重機災害のクレーン編は、労働災害の概要説明を行った後、VR被験者に対し「被災者のあなたは、周囲を見て労働災害が発生した理由に気づかないか？」(写真-4、図-4)などの問いを与える。これに対しVR被験者は、キョロキョロと周囲を見渡したり、自らが仮想空間の中を移動して(図-5)「死角の存在」「合図員の立哨位置」など複数の労働災害発生要因に気づく。さらに講師は「ではこの労働災害は、どうすれば回避できたのだろうか？」とさらに声をかけ、VR被験者に具体的な対策を考えさせ、深い「気づき」に至らせる。



写真-4 異なる声掛けにて「深い気づき」へ



図-6 仮想空間内で安全対策違反を探す



図-4 被災場所付近から仮想空間内全景を望む

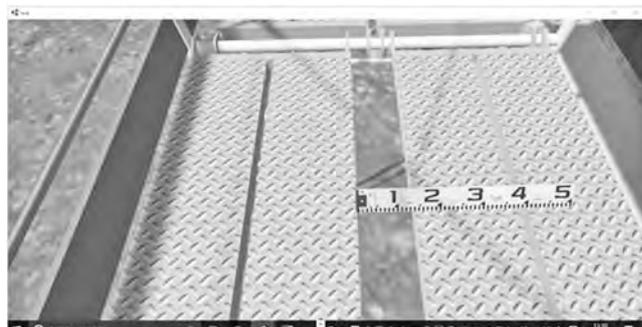


図-7 法規上定められた寸法を計測確認する



図-5 仮想空間内を自由に移動して災害要因を探す



写真-5 レスキュー体験型教材の実施状況

(3) 足場点検編

墜落・転落災害に対応する足場点検編は、仮想空間に設置された足場をVR被験者が点検するシチュエーションとなっている。点検する足場には異なる難易度のイベント（安全対策違反）が多数設定されており、VR被験者は実際の安全点検と同様に仮想空間内をウロウロしながら、隠されたイベントを探す（図-6、7）。VRシナリオの中に、異なる難易度のイベントを構築することにより、VR被験者の能力に応じた「気づき」を得ることができる上に、反復体験することで新たな「気づき」を得、「学び」「成長」へとスパイラルアップすることができる。特に難易度の異なるイベントは、階層ごとに解答集としてまとめているため、学習効果の確認も容易にできる。さらに、墜落・

転落（足場）編では、体験型教材も製作した。この体験型教材は、安全帯（胴ベルト・ハーネス）で宙づりになったという設定で、救助者が到着するまでの間、自分でできるレスキュー訓練を行うものである。不幸にも宙づりとなってしまった場合、宙づり時間が長くなると安全帯によって締め付けられた体は、呼吸困難、血栓障害等を発症する。これら体の異常を緩和する為のレスキュー動作を、体験することができる（写真-5）。

(4) 使用するシステム機器の構成

本システムでは、立体映像処理と3次元インターフェース等を用いることで、従来よりもリアル感を体験できるVRを実現するシステムを構築している。

表-1 動作環境 PC スペック一覧表

OS	Windows [®] 7 SP1, Windows [®] 8.1 以降, Windows [®] 10
CPU	Intel [®] Core [™] i5-4590, AMD FX [™] 8350 または同等クラスの CPU 以上
メモリ	8 GB 以上 (Windows [®] 10 環境下でなければ 4 GB 以上)
GPU	NVIDIA [®] GeForce [®] GTX 1060, AMD Radeon [™] RX 480 または同等クラスの GPU 以上 (ただし, VR Ready 対応機種)
出力	1 箇所以上の HDMI 1.4 ポートまたは DisplayPort 1.2 以上
USB	1 箇所以上の USB 2.0 ポート

(a) ワークステーションの構築

ワークステーションは、下記の仕様によるシステムで構築している。通常の PC では動作性が乏しくなるため、使用する PC には必要最低限のスペックが設定される (表-1)。

(b) ヘッドマウントセットの選定 (図-8)

現在、ヘッドマウントセットは数種類販売されているが、プログラム映像への没入感や仮想空間における自由度を重視し、「HTC VIVE (以下、「VIVE」)」を選定した。VIVE は、ヘッドマウントディスプレイ (HMD)・コントローラー・ベースステーションにより構成されている。

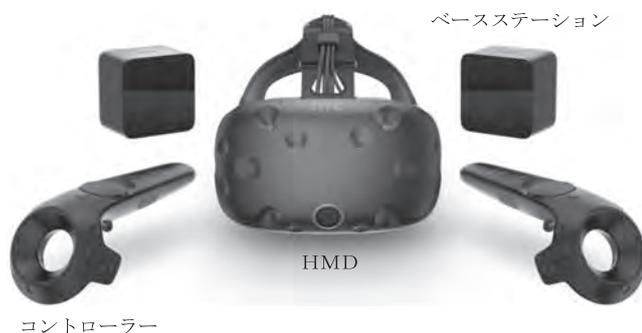


図-8 ヘッドマウントセットの構成

① HMD

VIVE の HMD は非透過型であり、外部の視覚情報を遮断し、HMD 特有の高解像度グラフィックスで見ることで、一瞬にして“没入する体験”が可能である。タイムレスかつ自分の意思で 360 度周囲を見渡すことができる。

② コントローラー

コントローラーはワイヤレスであり、VR 用に特別に設計されていることから、リアルな触覚フィードバックが可能となる。

③ ベースステーション

2 つのベースステーションを設置することにより、体験者を 360 度動作追跡し、優れた没入感が得られる。また、ベースステーションの設置範囲を設定する

ことで、シャペロンガイダンスシステム (プレイエリア外に出そうになると警告される) により、設定された範囲内で安全に教育を受講することができる。

5. おわりに

「モーションキャプチャを活用した没入型安全教育システム」は、安全教育受講者の集中力を高め、「気づき」をもたらすことで従来型安全教育が抱える課題解決に寄与できたと考える。しかしその一方で、VR 技術を活用するがゆえの新たな課題が顕在化した。安全教育を実施する場合、工事現場の作業を一時中断させ、教育会場に大人数を集めて実施する方法が一般的である。これは、安全教育に要するコストや工程上の影響を最小限とするためであり、本システムもこれらの実施方法にも対応する必要がある。しかし、現在の VR 技術では、ひとつの仮想空間内で複数の被験者が同時に体験することは難しい。VR 技術を活用した教育手法の学習効果がいかに高くとも、大人数の受講者を効率よくさばくことができなければ、その価値は高まらない。よって今後は、複数の被験者が同時に仮想空間の中で労働災害を体験できるソフトやデータ、教育手法の開発が必要である。また、土木建築工事において多く発生しやすい労働災害をモデルとした教材や専門工事向けの教材製作も必要である。さらに、本システムでは、「気づき」を引き出す講師の存在が極めて重要である。この「気づき」を引き出す講師育成を行うため、シラバスの充実、運用 DVD の作成、VR 被験者ひとりで完結できる仕組みなどを進めなければならない。

謝辞

本システムが単なる労働災害の体験に留まらず、安全教育教材としての体を成せたのは、ひとえにシラバス作成によるものである。このシラバス作成に豊富な経験と知識を提供して頂いた日本大学理工学部土木工学科 教授 関文夫先生、みなとみらい労働法務事務所

所長 菊一 功氏, 西武建設(株) 村木康成氏, 吉田和成氏
に深謝する。



[筆者紹介]
鮫原 巖 (えびはら いわお)
西武建設(株)
土木事業部エンジニアリング部
エンジニアリング部長



須長 真介 (すなが しんすけ)
西武建設(株)
土木事業部技術設計部
課長補佐



真柄 毅 (まがら たけし)
(株)岩崎
企画調査部企画開発グループ CIM チーム
課長

