

インフラメンテナンス作業の点検等に特化した 安全教育 VR

「eQ 危険体感 VR」の活用に向けて

岡田 卓也

労働災害の原因の一つに、労働者の行動に起因する手順の省略行為や近道行為などがある。当社では、「不安全行動をするヒト」に危険感受性を補うため、より効果的な安全教育として、VR 技術を活用している。令和3年の夏に、インフラメンテナンスの点検作業のうち、特に重大な事象に繋がる「墜落」を疑似体感できる VR を完成させ、これまでに各種展示会や体験会、数多くの企業研修等で活用されてきている。本稿では、これらの活用を通じて得ることができた知見をもとに、安全教育のツールの有効性について報告するものである。

キーワード：VR、危険体感、安全教育、危険感受性、不安全行動、墜落

1. はじめに

建設業は、他産業と比べて労働災害が非常に多く、事故に遭いやすい傾向があり当社も例外ではない。主な要因は、労働者が高い場所や建設機械と同じ場所で作業すること、さらに、自然条件に起因する不確定な要素も加わる。事故は、「不安全な状態のモノ」と「不安全な行動をするヒト」が接触することで発生する。

そこで、当社は事故を未然に防ぐため「不安全な行動をするヒト」に着目し、不安全な行動をしないようにするための安全教育が重要であると捉え、より効果的な方法として、VR を導入することとした。

本稿では、eQ 危険体感 VR（以下：eQVR という）によって、危険感受性を高められることができるのか、また安全教育のツールとして有効か、という点について、アンケート調査から得られた結果をもとに述べるものである。

ここで、危険感受性¹⁾とは、何が危険か、どうなると危険な状態になるのかを直観的に把握し、危害の程度・発生確率を敏感に感じ取る能力と定義する。

2. VR 技術導入の背景

これまでの安全教育は、座学を中心に行っているが、マンネリ化しているのが現状である。これにより、受講者は自分事と考える認識が薄く、記憶にも残らず重要な安全ポイントを見逃してしまいがちである。また、現場の危険な作業が経験できないことから、危険

感受性を身につけることも難しい状況である。

厚生労働省の令和2年労働災害発生状況の分析等²⁾の年齢別を見ると、建設業の死傷災害の発生件数は、20代から60代までの年齢層で同様に事故が発生している。建設業の作業員は、事故に遭いやすい傾向にあり、危険に対する感受性が低い可能性がある。

そこで、当社はこれらの課題の解消のために、危険な作業を疑似体感できることが必要と考え、VR の導入検討に着手した。しかし、インフラメンテナンスの点検業務に特化した VR が他になかったことで、令和2年12月から令和3年7月にかけて、eQVR のコンテンツを開発した³⁾。

ここでは、危険感受性を補う方法として、VR 技術を活用した安全教育である eQVR の取り組み事例を報告する。

3. eQVR の特徴

臨場感とリアル感とは、人間の五感のうち「視覚」と「聴覚」を利用するものである。臨場感とは、現場の空間に存在する物の形状、影、コンクリートの劣化状況を取り入れ、また自分の周りに広がる空間の方向や機械の実際の動きを再現している。リアル感とは、実際の現場の状況を現地調査することで、現実で本物に近い空間をつくりあげたものである。

体験者は、危険を体感することで、その危険を回避しようとする身体に反応が生じる。体験者には、安全を軽視したことで危険な状態になることを体感さ

せ、記憶に残るようにしている。

他社のVRは、ヘッドマウントディスプレイによる映像のみで体験するものが多いが、eQVRは、臨場感とリアル感の特性を生かし、“現実に近い危険を体感できる”ものとなっている。

(1) 構成機器

主な構成機器(図-1)は、VRヘッドマウントディスプレイ(5K映像, 90fps, 210度の視野角)、ネックスピーカー、コントローラー(点検ハンマー)、歩行型VRデバイス(転倒防止)である。



図-1 構成機器

(2) コンテンツ

コンテンツは、単に危険な体験をさせればよいものではない。実用的で実践的な教育を行うには、過去、当社で発生した事故の内容を、より身近に感じてもらうための開発を行った。体験を通じて、現場であればどのような事故につながるか、イメージを膨らませることで危険感受性を高めてもらうものである。

コンテンツの種類は、橋梁点検車からの墜落、高所作業車が転倒、高所作業車による挟まれ、のり面からの落下の4つである。

(3) 危険感受性を高める工夫

体験者に、「不安全な行動をするヒト」が事故を発生した場合と「不安全な行動をしなかったヒト」が事故を発生させなかった両方の場合を体験してもらうことで、事故に至った原因を自分事として考えさせることで、危険感受性を高めるようにしている。

この体験のポイントは、不安全な行動を自ら考え認識させ、あわせて指差呼称による手順の省略行為を防止する習慣をつくることである。さらに、法的根拠に基づいた安全確認のポイントを表示説明することで、労働安全の法令を理解させる安全教育である(図-2)。

4. アンケート調査

(1) 調査対象

調査対象者は、VR技術を活用した安全教育のツールに関心がある392人を対象に、展示会や各企業先で実際に疑似体感をしてもらった(表-1)。

調査対象者の年代は、20歳以上から30歳未満が35%(137人)で最も多く、次いで30歳以上から40歳未満が19%(73人)であった(図-3)。

(2) 回答率

回答率は、99.7%(391人)

(3) 調査時期

令和3年10月6日(水)から令和4年4月25日(月)

(4) 体験概要

体験コンテンツは、建設業で「墜落・転落」としての発生が多い事故を対象に、eQVRのコンテンツの1つである橋梁点検車(以下:点検車という)からの墜落とした。このコンテンツは、「不安全な行動をするヒト」が事故を発生した場合の内容とし、また多くの

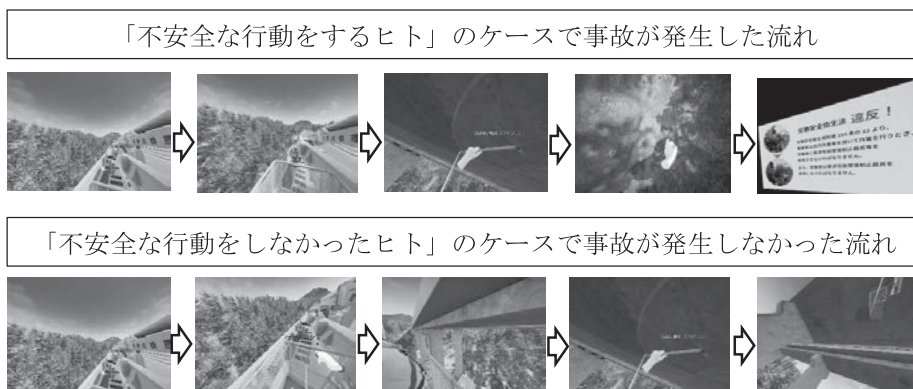
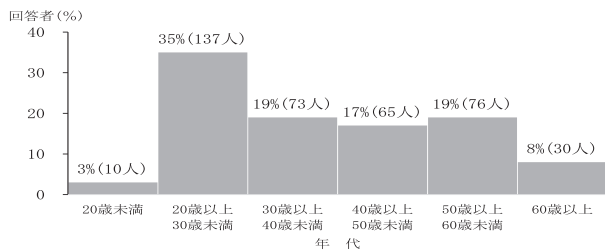


図-2 システムのイメージ

表一 対象者の概要

日付	対象者企業など	業種	対象者人数			
			計	男性	女性	無回答
令和3年10月6日	ハイウェイテクノフェア2021	全産業	71	60	11	
令和3年10月7日	ハイウェイテクノフェア2021	全産業	79	57	22	
令和3年10月28日	A企業	建設業	12	12	0	
令和3年11月19日	B企業	高速道路会社	31	30	1	
令和3年12月10日	C企業	建設業	3	3	0	
令和4年2月18日	D企業	建設業	24	23	1	
令和4年3月28日	E企業	高速道路会社	75	66	9	
令和4年3月29日	E企業	高速道路会社	50	42	7	1
令和4年4月25日	F企業	高速道路会社	47	37	10	
		計	392	330	61	1



図一 年代別の回答率

人に事故の体験をしてもらうために、体感時間を2分間弱程度とした。

体験概要は、フルハーネス型墜落制止用器具を装着しているが、フックの未使用により、墜落することを疑似体感してもらう。体験者は、フックの未使用による省略行為が事故につながったという危険を認識し、危険感受性を高めていく内容である。

(5) 質問項目

アンケート質問項目は、表一2に示す。このほかに、自由記述欄を設けた。

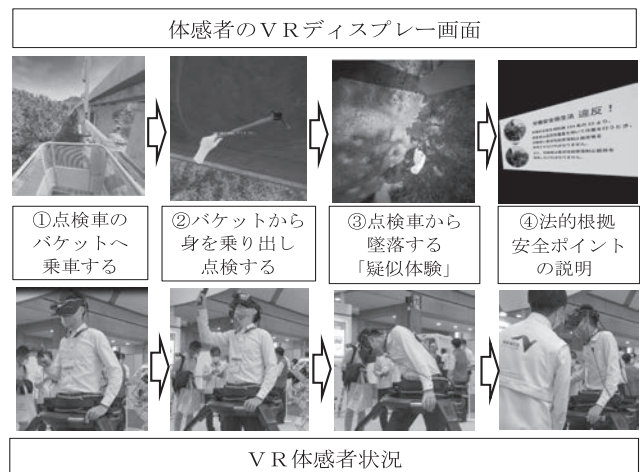
アンケートの質問項目を、「体感時間、臨場感、リアル感、総合評価、教育時間」の特性を把握し評価するために設定した。ここで、①体感時間は危険な体験をしてもらう長さ、②臨場感にあたかも自分がその場にいる感覚があるか、③リアル感はコンテンツが現実に近い感覚であるか、④総合評価は危険感受性が高められる内容であるか、⑤VR教育時間はeQVRを体

感した2分間程度を基準に安全教育のツールとしての適する時間を問う、内容である。

(6) 体験手順

VR体験手順は以下のとおりである(図一4)。

- ①体験者は、点検車のバケットに乗り込む。ここで、まず現場に存在する物の形状や奥行き、高さ、影、風の音、機械の動きの実際の時間、音のリアル感を知ってもらう。また、体験者の手、バケットに乗車している場所、360°の方向、動きの状態の臨場感を体験してもらう。なお、体験者は、フルハーネス型墜落制止用器具を装着しているが、フック掛けを使



図一4 体験の流れ

表一2 アンケート質問項目

① 体感時間	<input type="checkbox"/> 短い	<input type="checkbox"/> やや短い	<input type="checkbox"/> ちょうどよい	<input type="checkbox"/> やや長い	<input type="checkbox"/> 長い
② 臨場感	<input type="checkbox"/> 大変満足	<input type="checkbox"/> 満足	<input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 不満	<input type="checkbox"/> 大変不満
③ リアル感	<input type="checkbox"/> 大変満足	<input type="checkbox"/> 満足	<input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 不満	<input type="checkbox"/> 大変不満
④ 総合評価	<input type="checkbox"/> 大変満足	<input type="checkbox"/> 満足	<input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 不満	<input type="checkbox"/> 大変不満
⑤ VR教育時間	<input type="checkbox"/> 1~2分未満	<input type="checkbox"/> 2~3分未満	<input type="checkbox"/> 3~4分未満	<input type="checkbox"/> 4~5分未満	<input type="checkbox"/> その他

用していない状況である。

体験者は、バケットに乗り込んだ状態で点検箇所へ移動する。ここでは、点検箇所までの移動時間を省略し、事故が発生した場面の手順のみとした体感時間とした。

- ②点検箇所に移動後、橋梁の床版下面でコンクリートの劣化状況を打音点検により開始する。この体験は、体験者の手で点検ハンマー(コントローラー)を持って打音することで、音と振動が出る仕組みとしている。
- ③体験者は、バケットから身を乗り出して打音するときに、バケットから墜落する。事故を体感したことで危険に対する感受性を高める。
- ④体験者は、事故の背景の説明を聞く。「不安全な状態のモノ」と「不安全な行動をするヒト」が接触したことで事故に至ったことを、法的根拠に基づいた条文で説明し、安全確認のポイントが分かる構成としている。

5. アンケート結果と考察

(1) 体感時間の長さ

アンケート結果は、392人の有効回答率99.5%(390人)であった(図-5)。

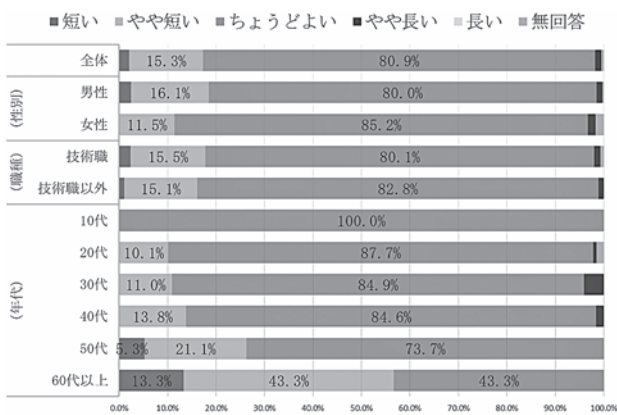


図-5 体感時間

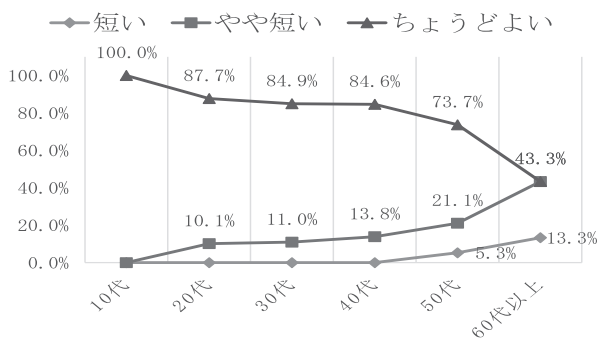


図-6 体感時間と年代別

VRの体感時間を5段階に「短い」、「やや短い」、「ちょうどよい」、「やや長い」、「長い」で評価した。

全体を見ると、「ちょうどよい」が80.9%、次いで「やや短い」が15.3%であった。

年代別の図-6に示すとおり、体感時間の「ちょうどよい」は、10代が100%であり、年齢とともに低下し60代以上で43.3%であった。「やや短い」と「短い」は10代が0%から60代以上で56.7%と多くなっている。

一方で、「やや長い」と「長い」は、10代と50代、60代以上で0%であった。20代から40代までは、ほんの僅かであった。

10代は体験した2分間程度の長さに対して、全員が危険感受性を高められる時間と回答している。しかし、60代以上は、半数以上が2分間程度の長さでは、危険感受性が高められないと回答している。これは、年代が上がっていくにつれて、危険な作業や安全に関する情報が、多くなるためと考えられる。

アンケートの自由記述欄では、「2分程度の体感であったが、実感するまでの時間を考慮し長めが良い」、「事象発生までに、もう少し時間があっても良い」などの意見があった。これは、体験者が事故のイメージを膨らませる時間が乏しいと考えられる。

次に、職種別を見ると、「ちょうどよい」は技術職が技術職以外より2.7%低く、「やや短い」が0.4%高かった。技術職は、2分間程度の長さ若干であるが、体感時間が短いと回答している。これは、現場の状況や危険作業に関する知識、作業手順を熟知している技術職が、技術職以外の未経験者より危険感受性が高いと考えられる。これらのことから、体感時間に点検箇所までの移動時間を省略した部分を含めることで、より危険をイメージすることが可能となり、気づきが生まれ危険感受性が高められると思われる。

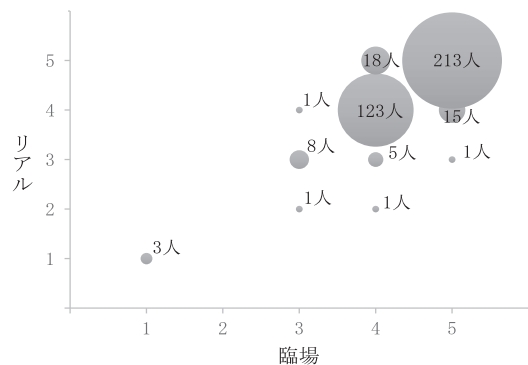


図-7 相関関係の散布図

(2) 臨場感とリアル感の関係

アンケート結果は、392人の有効回答率99.2%（389人）であった。臨場感とリアル感の関係（図一7）は、強い正の相関関係（ $r=0.854$, $N=389$, $p=0.00$ ）が認められた。 $p=0.00$ と求められたので有意であったことが分かる（ $p<0.05$ ）。すなわち、臨場感とリアル感の間には、有意な相関が示された。また、平均値および標準偏差は、臨場感（ $M=4.540$, $SD=0.626$ ）、リアル感（ $M=4.524$, $SD=0.667$ ）であった。

アンケートの自由記述欄では、「臨場感があり、本当に落ちた様な体験ができた」、「実際に体験すると臨場感がすごく恐怖を覚えた」、「VR画面は想像以上に迫力があり、高所での作業風景などもリアルであった」、「周囲環境を、よりリアルな質感にすると臨場感が増し、高度な安全教育につながると思う」など肯定的な記述が多くあった。

これは、全体の光景と関連した場所が機能したリアル感と、あたかも自分がその場にいる感覚が本物らしさに機能した臨場感の、二つの特性が大きく影響したと思われる。

(3) 総合評価の結果

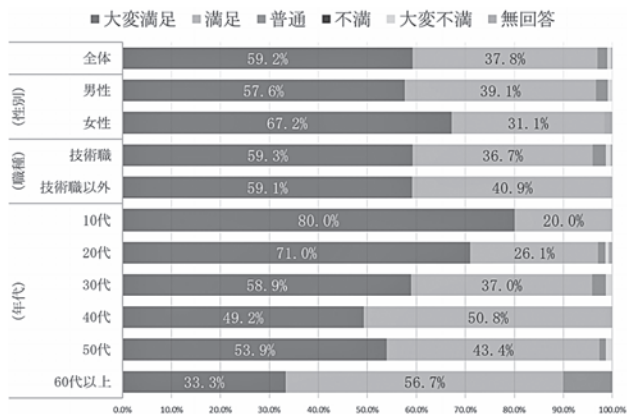
アンケート結果は、392人の有効回答率99.7%（391人）であった（図一8）。

全体を見ると、「大変満足」が最も高く59.2%、次いで、「満足」が37.8%であり、これらの上位を合わせると97.0%が満足という結果であった。

職種別を見ると、「大変満足」と「満足」は、技術職以外が技術職より評価が2.9%高かった。

年代別では、全ての年代で「大変満足」と「満足」が約9割以上と高い結果であった。

これは、現場のリアル感と体験者の臨場感が再現できたことで、本物に近い危険な疑似体感が得られたと言える。体験者が、危険な作業のイメージを体感した



図一8 総合評価

ことで、記憶に残りやすかったと考えられる。

アンケートの自由記述欄では、「落下する際、非常に怖かった。身を乗り出しての作業はとても危険だと認識できた」、「落下までの危険体験まですることができたので、今後も安全対策に重視していきたい」、「失敗の経験をさせるのは大きいと感じた」、「イメージ(事故)ができた」など肯定的な記述が多くあった。一方で、「とても面白く勉強になった」、「楽しかった」など少数の安全に関する以外の記述もあった。

体験者は、危険な状況を正しく認識せずに、不安定な行動に走ってしまう問題点を体感することで、危険を敏感に感じて回避する行動に繋がった。また、「楽しかった」という感情が、体験者にとって新鮮でゲーム感覚で楽しく受けられたことも行動の原動力になるのではないかと考えられる。したがって、危険感受性を補う方法として、幅広い年代や職種に受け入れられたことが示された。

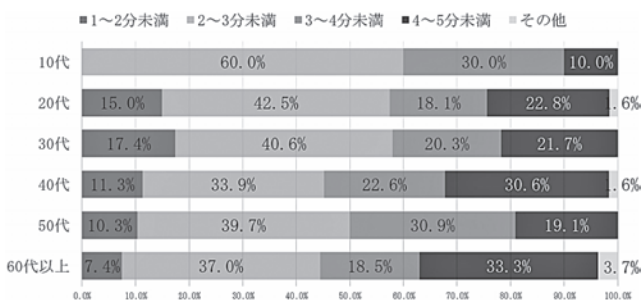
(4) VR教育時間の検討

アンケート結果は、392人の有効回答率92.6%（363人）であった（図一9）。

VR教育時間の適する時間を5段階に「1～2分未満」、「2～3分未満」、「3～4分未満」、「4～5分未満」、「その他」で評価した。

適する時間は、「2～3分未満」が約4割と最も多かった。次いで、「3～4分未満」、「4～5分未満」を合わせると約5割であった。「その他」では、1～5分未満に該当しない5分以上の時間は、ほんの僅かであった。

次に、年齢別では、「1～2分未満」と「2～3分未満」をあわせると、10代で約6割であり、年齢とともに低下し60代以上で約4割であった。つまり、「3～4分未満」と「4～5分未満」をあわせた比率のほうが高くなる。これらのことから、適する時間は「3～5分未満」に占める割合が高くなることが示された。また、「その他」の5分以上の割合が、限りなく低いことを見ると、VRを短時間で効率的に、より多



図一9 VR教育時間

くの労働者に体験させるべきと考えられる。これは、体験者に現場の潜在的な危険を、事故が発生した場面の手順のみだけでなく、事故が発生する前の不安全な行動を誘発する手順を充実させることで、危険感受性を高める狙いがあると考えられる。

不安全行動を誘発する要因⁴⁾は、労働者の要因、作業の要因、作業環境の要因、安全管理の要因、組織の要因等があると言われている。

このことから、VRの教育時間は効率的かつ効果的に実施することを踏まえ「3～5分未満」が適していることが伺える。

6. おわりに

本稿では、幅広い年代を対象として、eQVRを用いて危険感受性を高めるために、安全教育のツールの有効性の検証を目的としてアンケートを実施した。アンケート調査を行った評価を以下に述べる。

現場のリアル感と体験者の臨場感の特性が大きく影響したことによって、現場の本物に近い危険な疑似体感が得られた。このことから、危険感受性を補うツールとして幅広い年代や職種に受け入れられたことが示された。体感時間と年代別の関係は、経験豊富な中高年齢層ほど体感時間が短く感じる傾向が顕著に表れている。

一方の教育時間と年代別は、年代が上がるにつれて教育時間が短く感じる傾向があったが、5分以上を適する時間とする回答は、限りなく少なかった。このことから、危険に至るまでの不安全行動を誘発する内容

を省略せず効果的に、かつ教育時間を3～5分未満で効率的に行うことが示唆された。

以上のことから、危険感受性を高められる安全教育のツールとしてVRの有効性を示すことができた。

今後は、安全教育のプログラムに組み込むことで、労働者の安全意識がどのように変わるか効果を検証しつつ、安全教育の発展と労働災害の防止に貢献していきたい。

謝 辞

本研究のeQVRを実施するに当たり、アンケートの回答に多大なるご協力していただいた体験者と関係者の皆様に深く感謝いたします。

JCMA

《参考文献》

- 1) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト, https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo86_1.html
- 2) 厚生労働省：令和2年労働災害発生状況の分析等, <https://www.mhlw.go.jp/content/11302000/000790380.pdf>
- 3) 建設業労働災害防止協会：ICT研究開発事例, https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/entry/005957.html
- 4) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト, https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo90_1.html

【筆者紹介】

岡田 卓也（おかだ たくや）
西日本高速道路エンジニアリング九州(株)
事業推進本部
安全品質部 安全品質課
課長代理

