

(57) VR を活用した鋼橋の溶接施工性の確認

照屋 光輝¹・横山 徹²・井上 麻子³・
原 直人⁴・石田 剛⁵・高田 佳則⁶

¹ 非会員 株式会社 IHI インフラシステム LCB・DX 推進室 DX 推進部
(〒590-0977 大阪府堺市堺区大浜西町 3) E-mail: teruya3929@ihi-g.com

² 非会員 株式会社 IHI インフラシステム LCB・DX 推進室 DX 推進部
(〒590-0977 大阪府堺市堺区大浜西町 3) E-mail: yokoyama0701@ihi-g.com

³ 非会員 株式会社 IHI インフラシステム LCB・DX 推進室 DX 推進部
(〒590-0977 大阪府堺市堺区大浜西町 3) E-mail: inoue9045@ihi-g.com

⁴ 非会員 株式会社 IHI インフラシステム LCB・DX 推進室 DX 推進部
(〒590-0977 大阪府堺市堺区大浜西町 3) E-mail: hara6333@ihi-g.com

⁵ 非会員 株式会社アプリコア MSIS 本社 (〒503-0006 岐阜県大垣市加賀野 4 丁目 1-7)
E-mail: tsuyoshi@applicore.co.jp

⁶ 非会員 株式会社アプリコア MSIS 技術開発部 (〒503-0006 岐阜県大垣市加賀野 4 丁目 1-7)
E-mail: takada@applicore.co.jp

土木-橋梁分野では、国交省が推進している BIM/CIM (Building / Construction Information Modeling, Management) によって 3 次元モデルの工事活用が一般化され、3 次元モデルを利用した生産性向上に期待が寄せられている。本論文では、3 次元モデルの持つ視認性の高さと VR (Virtual Reality) で作成された空間の再現性に目を向け、鋼橋における溶接の施工性の事前評価に VR コンテンツが有効であるかモニターテストを実施した。コンテンツの作成には、BIM/CIM で使用される 3 次元モデルを使用し、作業姿勢を仮想空間上のアバターに反映するために VR トラッカーは、HTC VIVE Tracker 2018 を使用した。モニターテストの実施により溶接の施工性の事前評価における VR の有効性が確認され、機能の改良点が明らかになった。

Key Words: building / construction information modeling, management, virtual reality, tracker

1. はじめに

(1) BIM/CIM

国土交通省では、ICT (Information and Communication Technology) の活用などにより建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す i-Construction という取り組みが推進されている。平成 24 年度から開始された CIM (Construction Information Modeling/Management) は、3 次元データの活用によって一連の生産システムの効率化・高度化を図ることを目的としている。平成 30 年から名称を CIM から BIM/CIM (図-1) に変更し、継続して 3 次元モデルの効率的な活用を推進している。BIM/CIM の思想において 3 次元モデルは、橋梁ライフサイクルの中で属性情報を記憶、管理する媒体として扱われる。記憶された属性情報は、アプリケーションを介することによって各工程で効率的に活用

される。近年では、3 次元モデルのあらゆる活用方法が検討され、材質や形状などの属性情報だけでなく、解析やアニメーションに使われる物理的特性や作業の工程情報など、あらゆる属性情報が 3 次元モデルに付加されるようになった。属性情報の付加された 3 次元モデルは、構造物の視認性を高め、問題点の早期発見、担当者間のコミュニケーション向上に役立つ一方、全工程において

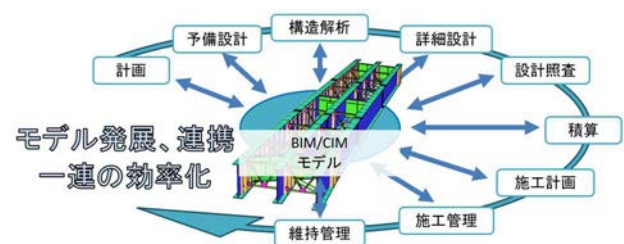


図-1 BIM/CIM 概念図

は他システムと連携する書庫の役割を果たす。

(2) VR とは

VR は、コンピュータ技術を用いて作り出した仮想環境を疑似体験できる技術である。ゲームエンジンなどのアプリケーションでは、物理的特性などを与えることで現実の動きを視覚的に表現することが可能になった。そういったアプリケーション上の情報を HMD(Head Mount Display)に出力することで構想上の空間を現実に近い感覚で体験することを可能にする。

VR は、CAD で作成した 3 次元モデルを現実と同じスケール感で体験することができるため、鋼橋建設プロセスの各フェーズにおいて、教育・協議・検査・安全性や施工性確認・点検導線の確認・工事説明会など幅広い活用が想定されている。

社会での VR の導入検討が進む一方、橋梁分野における導入実績は少ない。その理由として VR 技術は、リアルな空間の再現を目的として使用されることが多いため、感覚的な把握としてのメリットが大きく、効果の数値化が難しいことが理由に挙げられる。また、高齢化が進む建設現場において新しい技術が導入されにくい環境も理由の一つである。ものづくりにおいて、現物確認は、重要であり、現物の確認により、想定できていなかった欠陥の発見と解決が可能である。VR は、平面のディスプレイで確認できない欠陥を間近にとらえることが可能である。VR を運用現場の実務に浸透させるためには、導入現場の作業者に検討段階から VR の持つ臨場感を体感・実感してもらうことが重要である。

そこで、本論文では、3 次元モデルの効率的な活用方法の調査として VR が施工性の事前評価に有効であるかを試行した。実施結果を以下に述べる。

2. VR 活用事例

(1) VR 活用事例

IHI インフラシステムでは過去に吊橋の主塔に配置されるエレベータ設備の搬入ルートを検討に VR を活用した。主塔の部分的な構造変更と溶接・ガス切断などの施工性の事前評価を同時に行う必要があった。それには現場状況の把握が必要になるが、現場への移動にかかる時間とコストや現場作業との調整が発生する。そこで現場乗り込み前の作業者に対して、フリーソフトを活用し、構造確認ミーティングを実施した。

構造確認ミーティングでは、部材形状や配置状況及び作業空間の把握の理解を深めるために、VR 上に展開した 3 次元モデル(図-3)を使った説明に加え、360° パノラマ写真(図-4)による視覚的な説明を追加し、参加者の現

場状況の理解を図った。

ミーティングに参加した作業者は、ターゲットとしていた施工性の確認だけではなく、盲点になりがちな部材吊上げのための準備など、ターゲット以外への思考にも考えが及ぶという想定外の効果があった。ミーティングに参加した作業者から、「VR は、平面ディスプレイでは実現できない臨場感伴う空間把握が可能であり、現場の状況把握に有効である。また、現場に足を運ばなくても現物でしか発見が難しい欠陥を見つけることが可能である。」という評価が得られた。

3. VR コンテンツの作成

(1) 作成の経緯

上述のように VR の活用が一定の効果を得られた為、VR の持つ空間の再現性に目を向け、橋梁の溶接における施工性の事前評価に有効かを検討した。

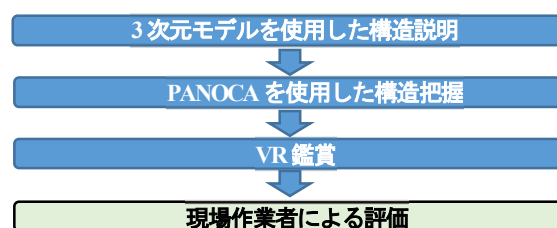


図-2 VR鑑賞の手順

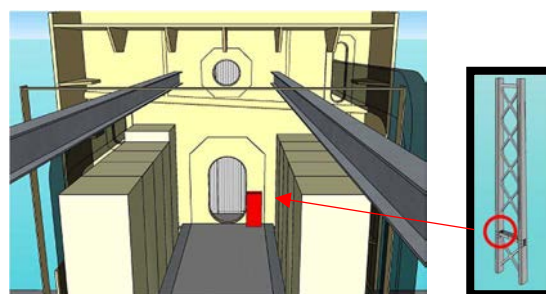


図-3 3次元モデル

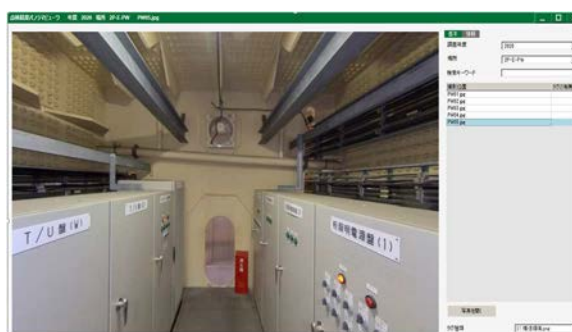


図-4 360°パノラマビューア

対象の構造は、溶接作業姿勢に制約をうける鋼製主塔の大重量ブロックとした。(図-5)この対象構造は、従来、溶接の施工性を評価するために実物大のモックアップを作成していた。しかし、橋梁のモックアップを作成するには、広い作業場所が必要になり、作成と解体による労力、時間など大きなコストが発生する。該当工事では、設計検討に3次元モデルが使われていたため、それをもとに溶接の作業空間モデルを作り出しVRを使って確認することで施工性の事前評価が可能と考えた。また、仮想空間でシミュレーションを行うため、構造の変更が容易である。

溶接の施工性の事前評価にあたっては、以下項目が満足されていることが必要であると考えた。

- ・作業姿勢がとれる空間であること
- ・溶接時に障害物がないこと
- ・溶接対象が目視で確認できること

これらを満たすために溶接作業者へのヒアリングを行い、コンテンツに求める要望を抽出した。溶接の施工性を評価するには、より現実に近い感覚で溶接の施工を再現し、VRコンテンツ実施中に溶接の施工性が明確に評価できることが望ましい。フリーソフトでは、VRコンテンツの実施中に自身の状況を客観的に把握できない。また、履歴情報が残らないため、コンテンツ実施後に溶接の施工性の評価ができない。そのため、VR開発プラットフォームを活用し、VRコンテンツを自社にて作成した。

(2) VR開発プラットフォーム

VRコンテンツの作成には、統合開発環境を有するゲームエンジンであるUnityを使用した。Unityは、UI開発、グラフィック操作、物理演算、モデルインポート・エクスポートなどアプリケーションの開発に必要な機能を保有しており、Unityを用いることでVRなどあらゆるデバイスに対応したコンテンツが開発可能である。

(3) VRコンテンツに使用する機材

VRコンテンツの作成には、高いトラッキング性能を持ち、高い解像度を持つHTC VIVE Cosmos Eliteを使用した。トラッキングは、位置を追跡する機能である。

(4) VRコンテンツ仕様

VRコンテンツは、溶接の施工性の確認をターゲットとし、以下a)~e)の機能を実装した。

a) 動きの反映

本コンテンツでのアバターは、ユーザーの動きをVR空間上に表現する役割を持つ。アバターの身長は、ユーザーに合わせて変更する。そして、HTC VIVE Tracker 2018(トラッカー)を両肘、両膝、腰、両足首の計7箇所

に取り付け(図-6)、HMDと2つのコントローラのトラッキング機能を利用することにより、フルボディトラッキングを行う。ユーザーの動きをアバターに反映することによって作業姿勢を確認する。

b) VRコンテンツ内移動

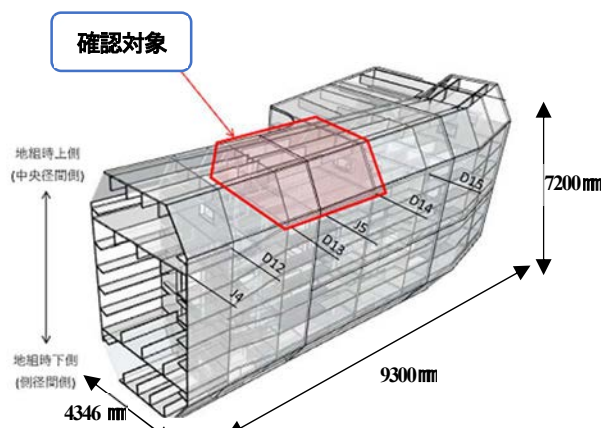
ユーザーの移動操作は、コントローラにより行う。右手コントローラの十字ボタンを選択することでアバターの前後左右の移動を行う。

- ・↑ボタン : VR表示面の前方向
- ・↓ボタン : VR表示面の後ろ方向
- ・←ボタン : VR表示目の左方向
- ・→ボタン : VR表示面の右方向

また、コンテンツ内にある複数の確認対象へ移動するには、左手コントローラのメニューボタンを押すことによりマップをグラフィックに表示することが可能である。マップ内のボタンをクリックすることによってレポート移動を行う。

c) VR内の溶接作業

本コンテンツ内では、右手コントローラが溶接トーチとして表示される。右手コントローラのトリガーを押し、溶接トーチ先端から構造物に赤い丸のオブジェクトを表示させることによって溶接を表現する。赤い丸のオブジェクトは、溶接トーチの先端と構造物の距離が50mm以内の場合に作成可能となる。



d) 接触確認及び接触アラート

ユーザーが構造物と接触した場合は、アラートが発現する仕組みとした。接触した体の部位は画面右上のキャラクターアイコンに表示される。接触した構造物には、接触した位置のマークとして、黄色い丸のオブジェクトが作成される。

e) 俯瞰機能による溶接姿勢の確認

溶接時の作業状況を客観的に評価するために俯瞰機能を実装した。俯瞰機能を使用するとトラッキングされたアバターを俯瞰で見ることができるカメラを設置した。本コンテンツでは、カメラとアバターの間に構造物があると構造物内にいるアバターの施工姿勢が確認できないため、カメラとアバターの間に構造物がある場合、構造物の一部が非表示になる仕組みとした。俯瞰用のカメラの方向は、右手コントローラにより操作する。

4. モニターテストの実施

(1) モニターテストの概要

モニターテストは、対象工事を担当する溶接作業員に対して実施した。溶接作業員は、VR コンテンツ内で担当工程の検討を実施し、モニターテスト後に意見聴取を行った。

(2) モニターテストの結果

モニターテストを実施した結果、施工性の確認に対して溶接作業員から高い評価が得られた。

モニターテスト後の意見聴取では、空間の広さ、狭さなど、空間のサイズ感が明確に把握できるため VR が非常に有効だという意見が多く得られた。更には、モニターテスト前に想定していなかった工具を置く位置の確保など、溶接作業前後の所作に関しての検討することができた。モニターテストから、現場の施工空間を再現することで現場でしか知りえない情報を共有することが可能な VR コンテンツは、現場作業の検討において有効であることが確認できた。

a) 接触箇所の判定

テストユーザーからアバターと構造物との接触位置の判断が難しいという指摘があった。接触位置は、コンテンツに表示するアバターの接触判定部位を限定することで明確になるのではないかと考える。確認項目ごとにオペレーション要件を切り分ける必要があると考える。

b) トラックの装着方法

アバターは、装着後のトラックの向きから手足の方向を決定している。本コンテンツは、天井から床の距離が短いので膝を曲げた状態で作業する。関節を曲げ

ることによりトラックの向きにずれが発生し、アバターの体勢がおかしくなる事象が発生した。トラックの取り付け方法を改善する必要がある。

5. おわりに

属性が付加された 3 次元モデルを橋梁ライフサイクルのプロセスにおいて効率的に活用するには、橋梁業界の協調領域における 3 次元モデルの活用方法とそれに対応できるルールの整備が必要不可欠である。協調領域のルールが整備される中で競争領域においては、個社独自の効率化が求められ、それに対応できるアプリケーションのフレキシブルな対応が必要である。ゲームエンジンを使用することにより、そういった自由度のある対応が可能だと考える。新たなデバイスを視野に入れた 3 次元モデルの活用を検討し、それに対応できる手法を検討・整備していくことでより効果的な 3 次元モデルの活用ができるのではないかと考える。橋梁ライフサイクルの中で整備された 3 次元モデルが負荷なく伝達されるスマートな未来を想定し、引き続き 3 次元モデルの効率的な活用を検討していきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：CIM 導入ガイドライン 第 3 編 土木編、
<<https://www.mlit.go.jp/tcc/content/001334796.pdf>>,
(入手 2021.06.14)。
- 2) ユニティ・テクノロジーズ・ジャパン株式会社：Unity,
<<https://unity.com/ja>>, (入手 2021.06.14)。
- 3) HTC Corporation : VIVE ト ラ ッ カ ー (3.0) ,
<<https://www.vive.com/jp/accessory/tracker3/>>, (入手 2021.06.14)。

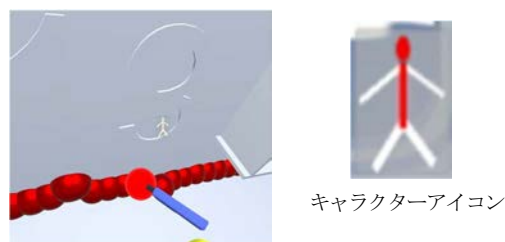


図-7 VR 内の溶接作業+接触確認及びアラート

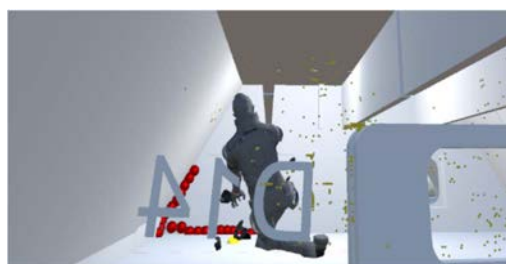


図-8 俯瞰で見た溶接姿勢の確認