

MR技術を活用した施工現場における生産性向上に関する取り組み

中 静 真 吾

建設業界は人材不足と高齢化に直面しており、生産性向上が課題となっている。このため、建設業界では ICT や BIM/CIM を活用したデジタル化が進められている。国土交通白書や i-Construction 等において方針がまとめられている通り、特に BIM/CIM の果たす役割は大きく、その中心となるのが 3D モデルである。我々は MR 技術を使って現場で BIM/CIM データを活用するシステムの開発に取り組んでいる。この論文では、国土交通省北陸地方整備局の工事における MR 技術の取り組みについて報告する。

キーワード：MR, BIM/CIM, DX, i-Construction, 3D モデル, 遠隔臨場

1. はじめに

建設業は、地域インフラの整備の担い手であると同時に、災害時には最前線で地域社会の安全・安心の確保を担う地域の守り手として、国民生活を支えている。

しかし、我が国の建設業は、建設現場の熟練技術者の減少や高齢化、若手労働者の減少による将来の担い手不足の問題など、様々な課題に直面している¹⁾。

そのため、国土交通省では、平成 28 年を「生産性革命元年」と位置づけ、総力を挙げ生産性向上に取り組んでいる。建設業では、各建設生産プロセスに ICT や BIM/CIM などを取り入れ、業務のデジタル化を実現する DX を推進している。

建設現場では日々大小様々な打ち合わせや現場確認、検査等が実施されている。建設現場の生産性向上のためには、さらなる DX の推進を図り、日常業務の効率化が不可欠である²⁾。

我々は日常、建設現場で実施されているこれらの様々な打ち合わせや現場確認、検査等に焦点を合わせ、MR 技術等の先端技術を活用することにより、現場管理を行う上での生産性について実地検証を行っている。本論では「大河津分水路山地部掘削その 6 他工事」、「阿賀野バイパス 15 工区改良その 2 工事」、「R3 阿賀野バイパス JR 跨線橋軽量盛土その 2 工事」にて試行した各施工プロセスに MR 技術等を活用した取り組みについて報告する。

2. 取り組みの目的・概要

(1) 目的

本取り組みは、従来、原則対面で実施されている受発注者間での協議や検査について、既に現場で活用されている様々なデジタルデータ (ICT・BIM/CIM データ・各種電子納品データ等) を MR 技術などを含む複数のデバイスを組み合わせることで活用することにより、受発注者双方の業務効率化・高度化を図ることを目的とする。

(2) 概要

試行工事において CIM データ等を活用し、3次元モデルを作成した後、各施工プロセスに MR 技術を中心とした複数のデバイスを組み合わせることで活用し、従来のやり方と比較することで評価を実施する。

なお、本取り組みは、国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」に選定され、試行を行った業務である。

3. 各建設生産プロセスにおける MR 技術を活用した取り組み

(1) MR 技術とアプリケーションについて

MR 技術とは現実世界に 3D ホログラム等、仮想的なモノを融合する技術である。

本取り組みにあたって、汎用の 3DCAD ソフトウェアにて CIM データや 2 次元図面から 3 次元モデルを

作成，現況地形モデルと結合させてデジタルツインデータを生成し，さらに施工工程（時間軸）を付与し4次元モデルを作成した。我々が開発しているMRアプリケーションに4次元モデルをクラウドサーバ経由で取り込み，MRデバイスで確認できるようにした。

我々が開発しているMRアプリケーションは3Dホログラムの時間軸やスケールの変更，ドキュメントの共有，遠隔地とのコミュニケーション等の機能を有している（図—1）。

(2) フロントローディングにおけるMR技術の活用

ここでは本取り組みにて実施したMR技術を用いたフロントローディングの事例について報告する。

(a) 設計照査

現在，多くの現場において現場担当者は2次元図面から頭の中で完成形をイメージし，設計の不具合や施工条件を確認しているため，それらの不整合の見落としによる手待ちや手戻りが発生するリスクがある。

そこで本取り組みではMR技術を活用し，設計3次元モデルと現況地形モデルをホログラムとして可視化，これらの設計イメージを用いて，様々なスケールや角度からの確認を遠隔地を含む複数の関係者で行うことで，設計照査の品質向上を図った。図—2に設計照査時のMR技術活用状況を示す。

その結果，設計の不具合等を明確に見つけ出すことができ，手待ちや手戻りのリスクが低減した。また，遠隔地にいる参加者もアバターとして表示され，あたかも隣にいるかのようなコミュニケーションを取ることができ，移動のない効率的な設計照査を実施するこ



図—1 MRアプリケーション機能概要



図—2 設計照査時のMR技術活用状況

とができた。

(b) 施工計画

従来，施工計画作成における協力会社との施工打ち合わせでは，現場理解の齟齬がなくなるまで多くの机上検討と現場確認が繰り返されていた。

本取り組みでは，現場担当者及び協力会社が4次元モデルをMRデバイスで共有しながら，施工方法等の検討を行った。

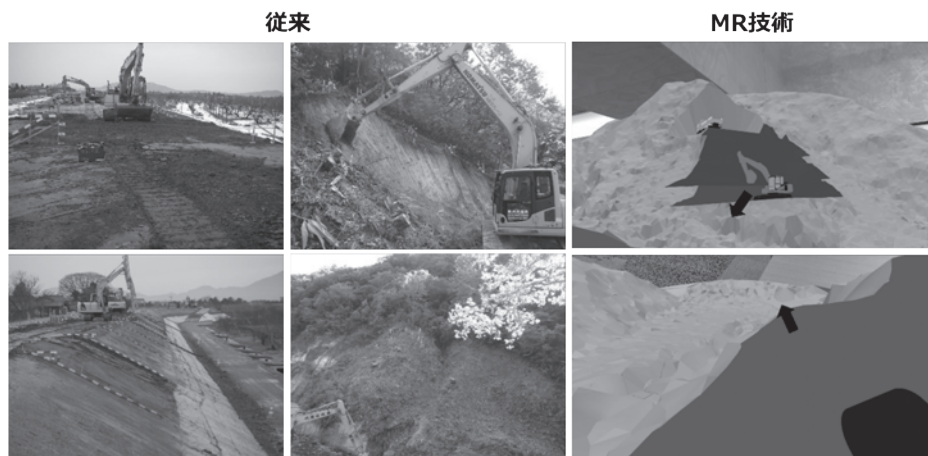
現地地形の高低差，工事用道路の勾配や施工ヤードの広さ等を実物大モデルで確認しながら施工検討を実施したことで，参加者の現場に対する理解度が上がり，より具体的な打ち合わせが行えた（図—3）。その結果，打ち合わせの品質が向上し，打ち合わせ回数の削減や時間の短縮を図ることができた。また，全ての関係者が共通認識を持つことができ，実施工での手戻りもなく施工を行うことができた。

さらに，本試行工事では経験1～2年の若手技術者も配置されていた。このような経験の浅い技術者は，従来の2次元図面から完全に施工をイメージすることが困難なケースが多い。しかし，MR技術を活用することでこれらの若手技術者でも施工順序や危険箇所等を正確に理解することができた。

なお，現在，建設業においては，重機のICT化がトレンドとなっているが，それを取り扱うオペレーターはイメージが追いつかないという課題もある。日本全体でICT化が進んでいるが，働く人はアップデートされず，重機だけがアップデートされているというギャップが出てきている。こうした課題もMR技術を使用しながら，ICTを導入した重機でのシミュレーション（重機を使用した際の危険予知や安全施工）のミーティングを実施していくことで，オペレーターがICTを導入しながらもこれまでと同様の品質水準で現場作業ができるようにアップデートできると考えている（図—4）。



図—3 現場担当者と協力会社のMRデバイスでの共有状況



図一４ オペレーターの作業可否判断における従来方法とMR技術活用比較イメージ

(3) 発注者との打ち合わせについての取り組み

ここでは本試行工事で発生した協議事案について、MR技術を用いた発注者との打ち合わせについて報告する。

(a) 設計変更協議

従来は変更協議を行うにあたり、受注者は発注者に理解を得るために、多くの資料を作成して現場臨場や対面で説明を行う必要があった。

本取り組みでは、受発注者双方がそれぞれの拠点からMR技術による遠隔での協議を行った。実物大の3次元モデル等と遠隔地参加者の動きを表示するアバター機能を併用することで、これまでの膨大な資料作成を必要とせず少ない資料で説明することができた。さらに、非対面でも対面と同等に変更案をわかりやすく説明することができた。図一五にMR技術を活用した設計変更協議の状況を示す。

その結果、協議資料の作成にかかる時間、合意形成までの打ち合わせ時間と移動時間が大幅に削減できた。

(b) 安全施設の設置箇所の検討

本試行工事では視線誘導灯の設置位置の検討をMR技術を活用し、発注者と遠隔にて実施した。従来は設

置案図との比較検討を現地で行うために、現地への移動、現地での丁張等立ち合い準備の時間を要していた。

本取り組みでは、MR技術を活用することで、現地へ行くことなく、実物大のモデル上で、発注者と共にドライバーの目線となって検討を行い、最適な設置箇所を決定することができた。図一六にMR技術を活用した安全施設の設置検討状況を示す。

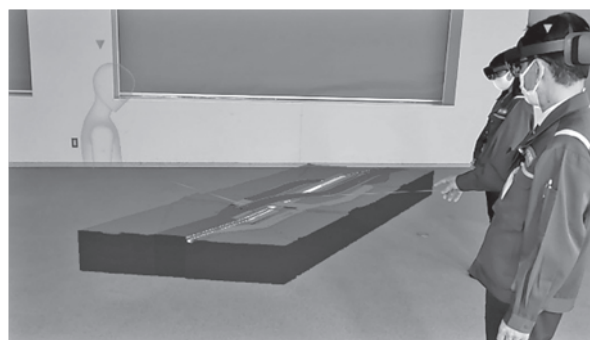
(c) 点群データの活用と3Dアノテーション技術の応用

従来、MR技術では点群データなどの大容量のデータを扱うことが難しかった。点群データの活用には最適化に時間を要していたこともその一因である。しかし、MR技術にクラウドレンダリング技術を組み合わせることで、点群データを含む大容量のデータを容易に活用できるようになった。最適化作業にかかる時間も減り、時間の短縮が可能となった。

また、打ち合わせにおいて、MR技術を活用した場合、対面と同等以上の品質で行うことが上述している通り、実証することができた。ただし、記録化においては、「言った」「言わなかった」という課題が顕在化した。さらに、議事録作成にも時間がかかっていた。そこで、MR技術に3Dアノテーション技術を組み合



図一五 MR技術を活用した打ち合わせ状況



図一六 MR技術を活用した安全施設の設置検討状況

わせ、仮想空間上にメモやマーカーの配置を可能にした。配置したメモやマーカーは、3次元モデルやドキュメントとともに仮想空間ごとにキャプチャ画像として記録することができるようにしたことで、結果的に、打ち合わせ後の認識齟齬を防ぐことや議事録作成の時間短縮につながった。図一7に点群データとマーカー活用の様子を示す。

(4) 遠隔臨場による完成検査の取り組み

国土交通省では受発注者の作業効率化等を目的に2020年度より建設現場における遠隔臨場の試行を進めている。

現在、段階確認、材料確認及びその他現場立会に対しては試行されているが、完成検査では、検査員が工事全体を多くの情報を基に正確に理解した上で検査を進める必要がある。そのため、現在は対面で行われている。

そこで、検査員が遠隔でも対面検査と同等の品質で工事を理解した上で、完成検査を行えるようにMR技術を活用し、ホログラム等の情報を付加して、より理解度の高い工事説明を行った。

具体的な取り組みとして本試行工事では、検査員、監督官、受注者が各拠点からMR技術、Web会議システム、現場はウェアラブルカメラで繋ぎ、完成検査(書面検査、実地検査)のすべてを遠隔臨場にて実施した。図一8に遠隔臨場による完成検査の構成を示す。



図一7 点群データの活用と3Dアノテーション技術の応用状況

工事概要の説明はMR技術を活用し、4次元モデルによる施工エリア、施工ステップ等を検査員が検査を行う上で必要な情報についてわかりやすく説明した。

書面検査はWeb会議システムにて実施した。電子納品対象外の提示書類は書画カメラを活用することで無駄なスキャン作業を防止し、電子書類、紙書類双方の確認を円滑に実施した。

実地検査は施工現場に配置した現場担当者とウェアラブルカメラで繋ぎ、現場の状況、出来形の確認を実施した。検査員はMR技術を用いて確認箇所の指示を具体的に言い、現場担当者は指示に基づいて現地の出来形測定をGNSSローバーにより行った。その結果を検査員は、ウェアラブルカメラにてリアルタイムに確認した。

本取り組みは、このようにMR技術や様々なソリューションを組み合わせることで遠隔臨場でも従来と同等の完成検査が実施できることを確認できた。

4. 結果と考察

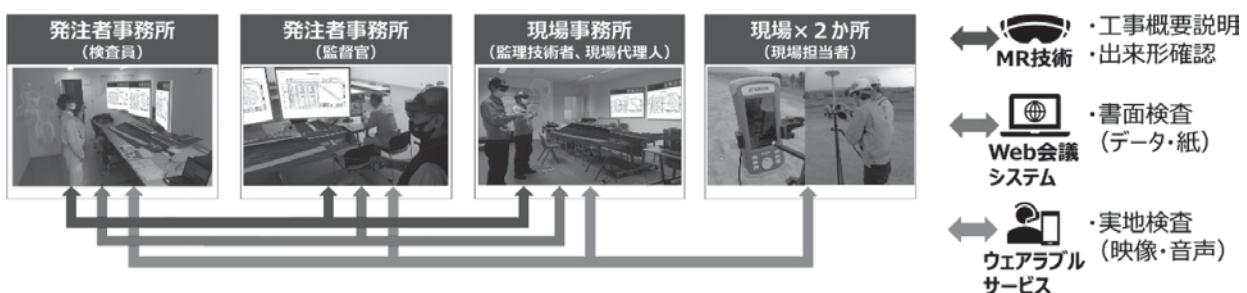
(1) フロントローディングにおけるMR技術の活用

今回、MR技術を活用することによって、関係者間において、より現実に近い状態で設計照査やリアルな施工検討が実施でき、正確なイメージを共有することで、設計照査や施工計画時での認識齟齬がなくなり、施工時の手戻り等も抑制され、工事全体の効率化につながった。

さらに、関係者の経験値や理解度に影響されることなく、共通のイメージを共有できることが確認できた。そのことは、若手技術者が積極的に打ち合わせに参加するなどの効果にもつながった。

今回の取り組みを通じて、フロントローディングにおけるMR技術の活用は非常に効果的であった。

今後、フロントローディングにおいてMR技術をより活用していくためには、さらなるBIM/CIM工事の拡充や3次元データを扱える人材教育が必要である。



図一8 MR技術を活用した遠隔臨場検査構成

(2) 発注者との打ち合わせについて

発注者との打ち合わせにMR技術を活用することにより、遠隔での打ち合わせでも対面と同等のコミュニケーションを取ることが可能であった。結果として打ち合わせに伴う移動が大幅に削減できた。

また、3Dホログラムによる説明により、受発注者双方の理解度も高まり、合意形成までの時間削減が図れた。3Dアノテーションの技術による仮想空間内の記録化も容易にできるため、打ち合わせ後の受発注者双方の認識齟齬も起きにくくなった。

なお、点群データの活用も容易になり、これまで受発注者双方において、現地で行けなかった確認事項も、現地に行かなくても、関係者ごとに各拠点、各会議室にて、現場を確認することができるようになった。

(3) 遠隔臨場による完成検査

今回の取り組みでは2件の試行工事にて遠隔臨場による完成検査を円滑に実施できた。検査員からは「MR技術による説明は理解し易く、遠隔でも検査を進められた」との評価を頂いた。

また、拠点間の移動や書面検査後の現場への移動をなくすことができ、検査全体の時間短縮も図れた。今回の試行工事の規模の完成検査は、従来の検査方法で実施した場合、6～7時間（移動も含む）かかると想定されたが、1件あたり3時間で行うことができ、50%超の短縮が確認できた。

5. おわりに

本取り組みでは各施工プロセスへのMR技術の活用を試みた。MR技術を活用することで、関係者間の相互理解が深まり、合意形成が円滑に進んだことから、業務の効率化・高度化が図れたと言える。特に完

成検査の取り組みは、新しい検査方法として大いに期待できる。

しかし、MR技術の建設現場への利用はスタートしたばかりであり、活用例が少ない。これからの建設業は人材不足や技術者の高齢化などに加え、新型コロナ危機を契機としたニューノーマル時代に対応していかなければならない。そのためにDXの推進は必須であり、3次元データ、ICTデータをいかに利活用するかにかかっている。

本取り組みを通じて、現場で既に使用されているあらゆるデジタルデータ（ICT・BIM/CIMデータ・各種電子納品データ等）をさらに有効活用し、DXを進めていくためには、MR技術を既存のデバイスと組み合わせることは大いに有効であると感じた。

現在、我々はBIMデータの活用による建築分野での試行も進めている。今後も技術開発を進めていき、建設産業発展のため、尽力していく。

謝辞

本取り組みの実施に当たり、ご指導、ご協力いただいた国土交通省北陸地方整備局の関係者の皆様に、深く感謝の意を表する。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省：国土交通白書2019, 日本印刷株, pp.216-217, 2019.
- 2) 国土交通省：国土交通省におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）の推進について, https://www.jacic.or.jp/kenkyu/22/data/r02_6_hirose.pdf, pp.18-54, 入手2021.5.21.

【筆者紹介】

中静 真吾（なかしずか しんご）
小柳建設株
専務取締役 COO

