

# ICTによる山岳トンネルを対象とした管理業務 効率化の試み

石田 仁<sup>1</sup>・前田 智之<sup>2</sup>・藤田 真司<sup>3</sup>・森屋 陽一<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)  
E-mail: Hitoshi.Ishida@mail.penta-ocean.co.jp

<sup>2</sup>正会員 五洋建設株式会社 東北支店 (〒980-8605 仙台市青葉区二日町16-20)

<sup>3</sup>正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

<sup>4</sup>正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

建設業の労働者不足に対し、国土交通省は内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)の枠組みの中で「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」の公募を実施している。この取り組みの一環として、生産性向上に資するICT技術として、山岳トンネル工事に独自開発のBIM/CIM対応クラウドを中心としたICTシステム等を連携し、受発注者双方における管理業務の効率化を試み、その有効性を検証した。

**Key Words : BIM/CIM, CIM, WebGL, ICT, tunnel**

## 1. はじめに

建設業は社会の少子高齢化が進む中で、深刻な労働者不足となっており、生産性の向上や、熟練者の退職によって失われるノウハウの補間は喫緊の課題である。

これに対し、国土交通省は2012年よりBIM/CIMを推進しており、3次元モデルの活用を中心に、調査・設計から施工、維持管理までの建設生産プロセスの一連の流れを合理化することを目指している。また、2015年11月に同じく国土交通省により発表されたi-Constructionにより、建設現場において3次元データの利活用による生産性向上の取り組みが急速に拡大しつつある。ICT土工をはじめ、ICT舗装工、ICT浚渫工など、適用工種を拡大しながら、ICTを活用した生産性向上や、管理の高度化を実現するための新基準が次々と打ち出されている状況である。このような中、内閣府では、官民の研究開発投資拡大を目標として、2018年度より官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM) を創設<sup>1)</sup>、2018年度のターゲット領域として、「革新的サイバー空間基盤技術」、「革新的フィジカル空間基盤技術」、「革新的建設・インフラ維持管理技術」の3領域を設定した。国土交通省は、「革新的建設・インフラ維持管理技術」領域において、「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」の公募を実施<sup>2)</sup>、当社は「国道106号与部沢トンネル工事」においてこの取

り組みに参画し、生産性向上に資するICT技術を工事現場に導入した。本研究では、「与部沢トンネル工事」におけるPRISMの取り組みを紹介する。

## 2. 適用工事

適用した工事は、震災復興支援道路である宮古盛岡横断道路の「国道106号 与部沢トンネル工事」である。施工場所を図-1に、工事概要を表-1に示す。当工事は、岩手県内、一般国道106号宮古盛岡横断道路の改築事業の一環として北上山地のほぼ中央に位置する延長1,039mの与部沢トンネルをNATM工法により構築する工事である。

盛岡にある発注者事務所から施工場所までは、片道約45km程度の距離があり、移動には往復で2.5時間を要する。このため、発注者や本支店の技術担当者にとって、現地確認の際の移動に、現場の担当者にとって発注者説明のための移動に時間を要するため、日常の施工管理業務の負担となっていた。

## 3. 取組の概要

(1) i-PentaCOL・WEB対応のBIM/CIM<sup>6)10)</sup>

当社では、現場で発生する様々なデータを一元化し、

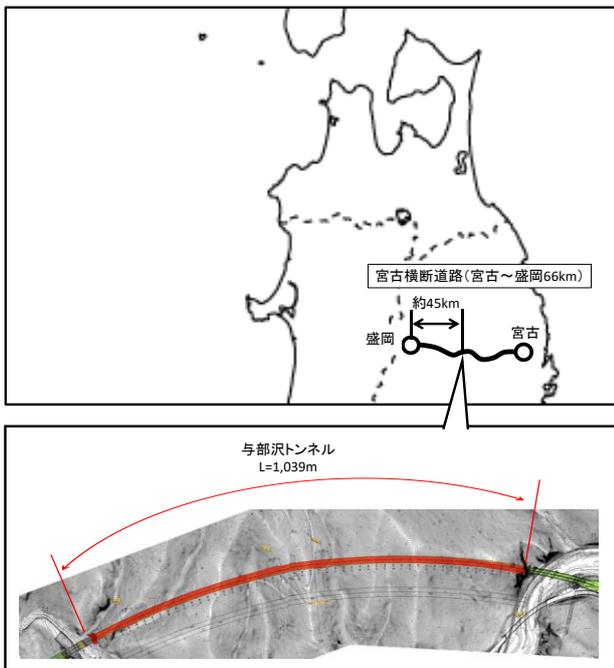


図-1 工事位置図

表-1 工事概要

工事名称	国道106号と部沢トンネル工事
発注者	国土交通省 東北地方整備局
施工場所	岩手県宮古市平津戸地内
工期	自) 平成30年 1月24日
	至) 平成32年 2月19日
工事内容	工事延長=1054.5m
	トンネル(NATM)=1039.0m
	他

それらを扱う現場担当者の施工管理上の負荷を低減することを目的としてi-PentaCOL というBIM/CIM対応クラウドを運用している。本システムのメニュー画面を図-2に示す。各工事に合わせ必要な機能を一箇所に集約し、利用者の利便性を向上していること、また、これらのシステム間のデータをバックグラウンドで連携し、データ整理の手間を省力化していることが大きな特徴である。

図-3にWEB対応のBIM/CIMの画面を示す。例えば、このように、前方探査結果(柱状図)、切羽写真、覆工コンクリートの初期点検写真から生成したSfM点群の表示が可能である。本システムは、3Dモデルの表示や動作にWebGL<sup>3)</sup>を用いており、汎用的なブラウザで容易に操作が可能で、パソコンのみならず、タブレット等の簡易な機器で利用可能である。当社は、これまで、多様なCIMアプリケーションをWebGLで開発、現場や点検業務に適用してきた<sup>4)</sup>。このシステムでは、現場側でデータを登録すると、WEBに即座に反映されるため、遠隔地においても、日々の切羽の進行に合わせ、切羽の写真や切羽の土質を表す切羽地層図、切羽の先の地質を表す前方探査記録、地山の変位の測定結果を3Dモデルと結び付けて確認することが出来る。

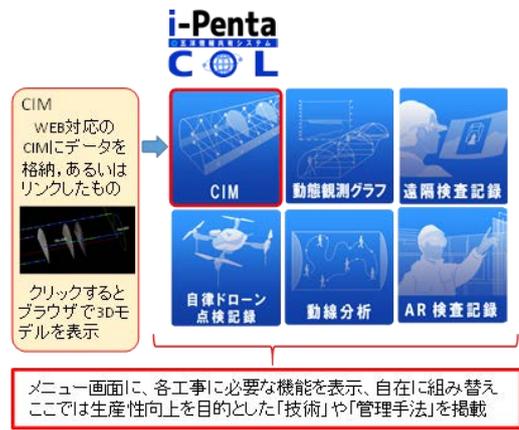


図-2 i-PentaCOLのメニュー画面

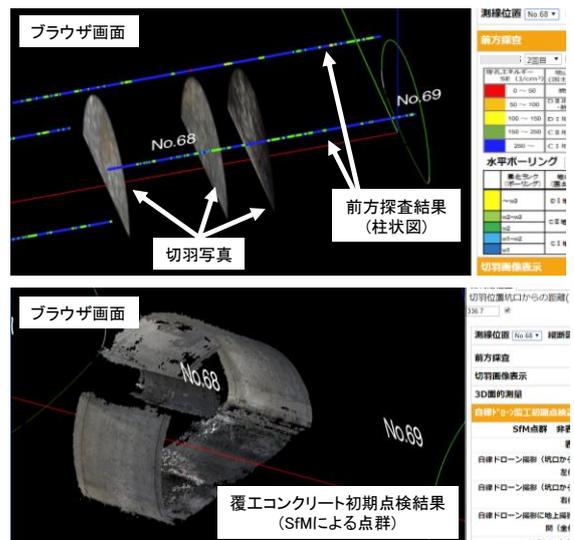


図-3 WEB対応のBIM/CIMの画面

本取り組みでは、このWEB対応のBIM/CIMを発注者と共有し、遠隔地の発注者事務所においても、3次元モデルを用いた説明を可能とし、遠隔地からの監督・確認を実施することにより、資料作成や移動、説明、確認にかかる負荷を軽減することができた。

## (2) 個別のICTツールの概要

本取り組みでは、前述のi-PentaCOLを中心として、以下のICTシステムを活用した。

### a) 3D面的出来形測量<sup>7)</sup>

3Dスキャニングを行うことが可能なトータルステーション(Leica MS60)とi-PentaCOLを連携することにより、動態観測、覆工コンクリートの出来形・巻厚計測、検査用のヒートマップ生成を行った。(図-4 参照)これにより、CIMモデルを用いた出来形確認を実施、資料の作成や確認を効率化することができた。

### b) 遠隔検査<sup>8)</sup>

カメラ内蔵のスマートグラスを用いた画像および音声の通信システム(写真-1 参照)を用い、遠隔検査を実施するとともに、その遠隔検査の記録(現場側の対応者名、検査時の取得映像、調書、発注者の確認者・確認状況

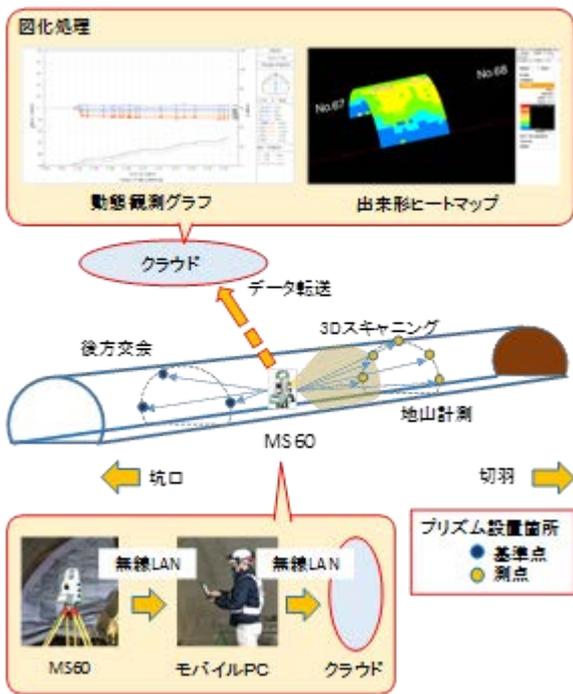


図-4 3D面的出来形測量の概要



写真-1 スマートグラスとその装着状況



写真-2 遠隔検査時の取得映像

(左: 使用材料のノギスによる厚み測定, 右: 穿孔孔試料確認)



写真-3 発注者事務所からの遠隔検査状況

等)をi-PentaCOLに格納し、検査記録の一覧表(図-5 参照)を生成し、検査書類作成の負荷を軽減した。

c) AR/MR検査

現地の検査担当者がAR/MRグラスを装着することにより、実物大の3Dモデルや属性情報を現実空間に重畳し、紙の書類等を必要としない直感的な検査を可能とすることで検査効率を向上した。重畳した3Dモデルや属

年月日	検出項目	検出箇所	検出状況	検出日時	検出者	検出内容
2019-08-11	インポートコンクリート初期点検(地山)	3区	[写真]	2019-08-11	野田 隆	地山強度分布
2019-02-22	覆工コンクリート初期点検(地山)	3区	[写真]	2019-02-22	野田 隆	地山強度分布
2019-02-19	覆工コンクリート初期点検(地山)	3区	[写真]	2019-02-19	野田 隆	地山強度分布
2019-02-06	インポートコンクリート初期点検	3区	[写真]	2019-02-06	野田 隆	地山強度分布
2019-01-10	初期点検(地山)	3区	[写真]	2019-01-10	野田 隆	地山強度分布
2019-01-23	インポートコンクリート初期点検(地山)	3区	[写真]	2019-01-23	野田 隆	地山強度分布
2019-01-16	初期点検(地山)	3区	[写真]	2019-01-16	野田 隆	地山強度分布
2019-01-10	初期点検(地山)	3区	[写真]	2019-01-10	野田 隆	地山強度分布
2019-01-07	初期点検(地山)	3区	[写真]	2019-01-07	野田 隆	地山強度分布

図-5 iPentaCOLに保管された遠隔検査記録

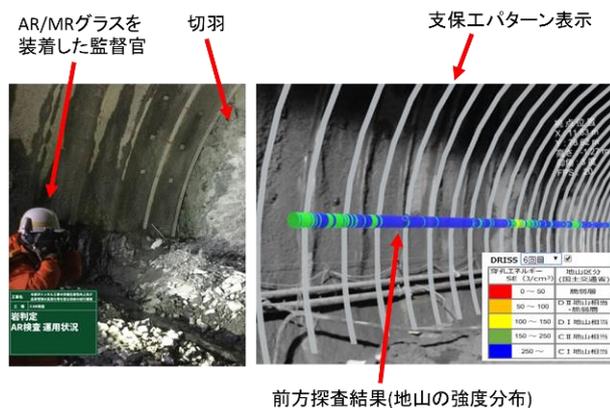


写真-6 AR/MR 検査状況

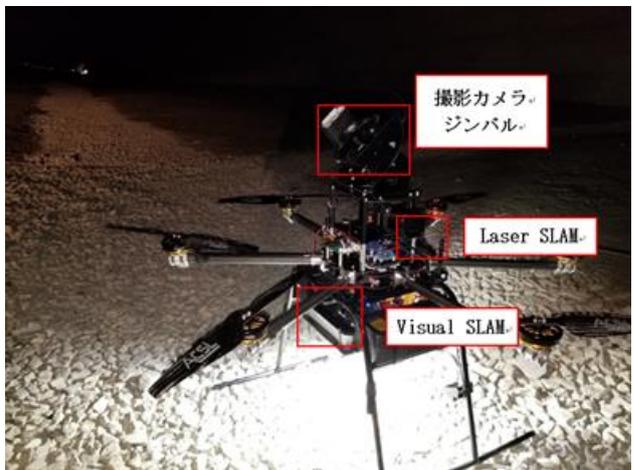


写真-4 覆工コンクリートの初期点検に用いた自律飛行ドローン

性情報は、CIMモデルに格納された切羽写真、支保工パターンや前方探査による地山の強度分布等である。使用したCIMモデルや検査記録は、b) 遠隔検査と同様にi-PentaCOLに格納し、これにより検査記録の一覧表を生成し、検査書類作成の負荷を軽減した。

d) 覆工コンクリートの初期点検<sup>9)</sup>

覆工コンクリートの初期点検には通常、高所作業車を用い、直接目視点検を行うが、本取り組みでは、自律飛行可能なドローンにより自動撮影を行った。撮影した写



写真-5 自律飛行ドローンによる自動撮影状況

真はSIM処理によりCIMモデルに変換した。(図-3 参照) トンネル坑内ではGNSSが利用できないことから、自律飛行のための自己位置推定には、カメラを用いたVSLAMや、レーザースキャナを用いたLaser SLAM技術を併用した(写真-4 参照)。写真-5に自動撮影状況を示す。本システムにより、点検作業を省人化し、点検結果データの活用を高度化した。

#### 4. 結論

以上のように、BIM/CIMに対応したクラウドを用い、ICT管理データを集約、多くを3次元可視化することで、個別のICTツールのデータを、より効果的に活用することができた。また、現場の負担となっているデータ整理、加工等の労力を軽減することができた。BIM/CIMは、ICTツールの普及により、膨大となりつつあるデジタルデータを一元管理・自動処理し、さらなる有効活用を促進する可能性を有するツールであることをあらためて確認することができた。

謝辞：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」の助成を受けた。適用工事の発注者であ

(2019.10.21 受付)

### ICT application to improve the management efficiency in Mountain Tunnel Construction

Hitoshi ISHIDA, Tomoyuki MAEDA, Shinji FUJITA and Youichi MORIYA

In the midst of the growing concern of labor shortage in construction industry, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is conducting a public invitation for “Projects on introduction and utilization of innovative technologies for rapid improvement of productivity in Construction Site” within the framework of PRISM. On the public invitation of the year 2018, “Construction of Yobesawa Tunnel on National Route 106” was chosen by our company. As the ICT Technology contributes to the productivity improvement, our company’s BIM/CIM compatible Cloud system i-PentaCOL is developed in conjunction with the mountain tunnel construction and the improvement of the management efficiency on customer side is attempted and its effectiveness has been verified

る国土交通省 東北地方整備局 岩手河川国道事務所には、取り組み全般にわたり、多大なご協力を賜った。ここに深く謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 内閣府：官民研究開発投資拡大プログラムについて、  
< <https://www8.cao.go.jp/cstp/prism/aboutprism.pdf>>,  
(入手 2018.7.11).
- 2) 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公募実施の公示,  
<<https://www.mlit.go.jp/common/001243777.pdf>>, (入手 2018.7.11).
- 3) Khronos Group：WebGL, < <https://www.khronos.org/webgl/>>, (入手 2014.10.27).
- 4) 石田仁：リアルタイム 3D ビュワーを用いた施工管理システムの開発, 第 69 回土木学会年次学術講演会, VI, pp. 465-466, 2014.
- 5) 石田仁, 矢吹信喜：WebGL の土木構造物の維持管理への応用, 土木学会論文集 F3, Vol.71, No.2, pp.II\_58-II\_65, 2015.
- 6) 石田仁, 森屋陽一, 藤田真司, 前田智之：CIM クラウドを利用した受発注者連携の試行, 第 74 回土木学会年次学術講演会, CS11-07, 2019.
- 7) 前田智之, 石田仁, 藤田真司, 脇坂剛：3D レーザースキャナを用いた覆工コンクリートの出来形測量自動化, 第 74 回土木学会年次学術講演会, VI-104, 2019.
- 8) 森屋 陽一, 三國 貴一, 石田 仁, 前田 智之：スマートグラスを用いた山岳トンネル工事における遠隔検査, VI-386, 2019.
- 9) 藤田真司, 石田仁, 前田智之, 森屋陽一：覆工コンクリート初期ひび割れ点検への自律飛行ドローンの適用, 第 44 回土木情報学シンポジウム講演集 vol.44, pp.153-156, 2019.
- 10) 石田仁, 矢吹信喜, 前田智之, 藤田真司, 森屋陽一：山岳トンネルを対象としたクラウド BIM/CIM による管理業務効率化の試み, 第 44 回土木情報学シンポジウム講演集 vol.44, pp.265-268, 2019.