# 令和７年度
# 国土交通省　国土技術研究会

# 概要論文集
# ～イノベーション部門Ⅰ～

研究会１日目（11月27日(木)）：Ｂ会場
9:45 ～15:45

**令和7年度　国土交通省　国土技術研究会　プログラム**

1日目（11月27日（木））

## A会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一般部門（安全・安心Ⅰ） | A1 | 1 | 審査課題 | 9:45～10:00 | 大沼トンネル避難坑の施工について－熱水変質を受けた低強度地山と多量湧水への対応－ | 北海道開発局　港湾空港部　港湾計画課 | 宮澤　駿 |
| | | 2 | | 10:00～10:15 | 流域治水認知拡大のための住民参加型出前講座の取り組みについて | 東北地方整備局　仙台河川国道事務所　流域治水課 | 三原　魁人 |
| | | 3 | | 10:15～10:30 | 地質リスクを考慮した道路災害復旧案の検討について | 近畿地方整備局　奈良国道事務所　奈良南部災害復旧対策出張所 | 冷水　孝太郎 |
| | | 4 | | 10:30～10:45 | 桟橋上部工点検用ROV/ASVとその運用支援技術の開発 | 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 インフラDX研究領域　メタロボティクス研究グループ | 田中　敏成 |
| | A2 | 5 | | 11:00～11:15 | メンテナンスに優れた橋梁伸縮装置の研究開発について | 福井県　産業労働部　工業技術センター　建設技術研究部 | 林　泰正 |
| | | 6 | | 11:15～11:30 | オーバーツーリズム渋滞に対する社会実験の試行及び対策工の効果 | 山梨県　企業局　早川水系発電管理事務所 | 中沢　翔太 |
| | | 7 | | 11:30～11:45 | 地区全体を対象とした耐震改修による復興枠組みの提案～BBBから改修中心へ～ | 国立研究開発法人　建築研究所　所付 | 片山　耕治 |
| | | 8 | | 11:45～12:00 | 九州地方整備局管内の道路橋定期点検結果（1・2巡目）を踏まえたメンテナンスサイクルの留意点 | 九州地方整備局　九州道路メンテナンスセンター | 萩原　頼徳 |
| | A3 | 9 | 審査課題 | 13:00～13:15 | 木下川排水機場の耐震化について | 東京都　建設局　江東治水事務所　特定施設建設課 | 福永　龍佑 |
| | | 10 | | 13:15～13:30 | 解釈可能AIを用いた木造建築物多目的最適設計に向けた基礎的研究 | 国立研究開発法人　建築研究所　材料研究グループ | 難波　宗功 |
| | | 11 | | 13:30～13:45 | 氾濫シナリオ別水害ハザード指標分布を用いた地域の脆弱性評価に関する研究 | 国土技術政策総合研究所　河川研究部　水害研究室 | 大野　純暉 |
| | | 12 | | 13:45～14:00 | 無信号横断歩道における歩行者及び車両の挙動分析と対策の方向性 | 四国地方整備局　道路部　道路計画課 | 三嶌　晃平 |
| | | 13 | 報告課題 | 14:00～14:15 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】ICTによる潜水士の労働負荷の実態把握と労務最適化による生産性向上に関する実証研究** | **星薬科大学** | **児玉耕太 藤山逸行** |
| | A4 | 14 | 審査課題 | 14:30～14:45 | 小開口付き面材耐力壁のせん断性能に関する研究 | 国土技術政策総合研究所　建築研究部　材料・部材基準研究室 | 酒井　優太 |
| | | 15 | | 14:45～15:00 | 吉野川水系における流域治水の自分事化に向けた取り組み～洪水と水害の「勘どころ」作成～ | 四国地方整備局　徳島河川国道事務所　流域治水課 | 高野　稜馬 |
| | | 16 | | 15:00～15:15 | 恵那市街地の水害軽減に向けた取り組み　～阿木川ダム下流残流域の流出特性～ | 独立行政法人水資源機構　木曽川上流ダム総合管理所　管理課 | 向井　健朗 |
| | | 17 | | 15:15～15:30 | 旭川水系における既存ストックの有効活用検証 | 中国地方整備局　岡山河川事務所　開発調査課 | 福井　文菜 |
| | | 18 | 報告課題 | 15:30～15:45 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】液化炭酸ガスと3次元曲りボーリングを組み合わせた地盤凍結システムの高度化に関する研究** | **ケミカルグラウト株式会社** | **相馬　啓** |

## A会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一般部門（安全・安心Ⅱ） | A5 | 1 | 審査課題 | 16:00～16:15 | 肱川流域（水防災）緊急対応タイムラインの取組～水害の教訓から流域が一体となった防災対応を目指して～ | 四国地方整備局　大洲河川国道事務所　工務第一課 | 北島　瑛介 |
| | | 2 | | 16:15～16:30 | 寺内ダム再生事業　非常用洪水吐きゲート設備の改造 | 独立行政法人水資源機構　筑後川上流総合管理所　設備課 | 徳田　克也 |
| | | 3 | | 16:30～16:45 | 模型やボードゲーム活用の体験型学習による地域防災力向上の取組について | 長野県　安曇野建設事務所　整備課 | 手塚　凱斗 |
| | | 4 | | 16:45～17:00 | 大谷トンネルの被災状況と応急復旧について | 北陸地方整備局　能登復興事務所　工務第三課 | 高井　静也 |
| | A6 | 5 | 審査課題 | 17:15～17:30 | 4脚4輪走行式油圧ショベルによる能登半島地震被災現場対応について | 国土技術政策総合研究所　社会資本マネジメント研究センター　社会資本施工高度化研究室 | 矢野　祥吾 |
| | | 6 | | 17:30～17:45 | 室内試験と実橋応力計測に基づく床版の土砂化進展予測に関するケーススタディ | 寒地土木研究所　寒地基礎技術研究グループ　寒地構造チーム | 角間　恒 |
| | | 7 | | 17:45～18:00 | 3D都市モデル（PLATEAU）を活用した"動く"水害リスク情報による水災害の自分事化 | 北陸地方整備局　信濃川河川事務所　流域治水課 | 下村　魁晟 |
| | | 8 | | 18:00～18:15 | ETC2.0を用いた渋滞情報提供の精度向上に関する取組 | 本州四国連絡高速道路株式会社　本州保全部　電気通信課 | 入江　桃子 |

## SBIR建設技術開発助成制度とは

国や地域の諸課題（地球温暖化、社会インフラの老朽化、少子高齢化等）の解決に資するための技術開発テーマを国土交通省が示し、そのテーマに対し民間企業や大学等の先駆的な技術開発提案を公募し、優れた技術開発を選抜し助成する競争的資金制度です。
令和6年度に実施された研究開発等の成果について報告します。

**令和7年度　国土交通省　国土技術研究会　プログラム**

1日目（11月27日（木））

## B会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| イノベーション部門Ⅰ | B1 | 1 | 審査課題 | 9:45～10:00 | 除雪支援システムについて | 岩手県盛岡広域振興局土木部　岩手土木センター　道路河川整備課 | 菊地　和久 |
| | | 2 | | 10:00～10:15 | 工事監督業務における生成AIの活用検討について | 滋賀県　南部土木事務所　道路計画第二課 | 太田　宏生 |
| | | 3 | | 10:15～10:30 | 屋内無線LANの整備とデータ通信の高速化の検討 | 関東地方整備局　関東技術事務所　品質調査課 | 渡部　大輔 |
| | | 4 | | 10:30～10:45 | SLAM技術を活用した効率的な河川管理について | 中国地方整備局　岡山河川事務所　管理課 | 長屋　明里 |
| | B2 | 5 | | 11:00～11:15 | CSGダムにおける規格外フライアッシュの活用について | 東北地方整備局　成瀬ダム工事事務所　工事課 | 小田島　嵩 |
| | | 6 | | 11:15～11:30 | ダム建設現場におけるi-Construction 2.0～足羽川ダムの挑戦～ | 近畿地方整備局　足羽川ダム工事事務所 | 粂　純司 |
| | | 7 | | 11:30～11:45 | 品川における重層的な制約条件下での国道上空の交通広場デッキの設計について | 関東地方整備局　東京国道事務所　交通ターミナル整備課 | 岩柳　智之 |
| | | 8 | | 11:45～12:00 | 松沢川第2砂防堰堤におけるICT施工の取り組み | 中部地方整備局　富士砂防事務所　調査課 | 舩橋　良太 |
| | B3 | 9 | 審査課題 | 13:00～13:15 | 樋門改築工事におけるBIM/CIM技術の有効活用事例と課題について | 北海道開発局 札幌開発建設部 千歳川河川事務所 第2工務課 | 大塚 康平 |
| | | 10 | | 13:15～13:30 | 大崎出張所管内におけるUAVを用いた河川巡視の試行について | 東北地方整備局　北上川下流河川事務所　大崎出張所 | 太田　なお子 |
| | | 11 | | 13:30～13:45 | 徳島河川国道事務所における皆で早くお家に帰ろうプロジェクトの取り組み | 四国地方整備局　香川河川国道事務所　工務第二課 | 岡井　大三郎 |
| | | 12 | | 13:45～14:00 | トンネル内面調査の省人化・効率化に向けた実証試験 | 独立行政法人水資源機構　総合技術センター水路グループ | 小林　志歩 |
| | | 13 | 報告課題 | 14:00～14:15 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>長期保証を見据えた地方建設会社による効率的な路面情報管理技術の構築<br>ー動画を活用した路面評価手法『路面情報カルテ』の開発ー** | **株式会社 建設IoT研究所** | **可児 憲生** |
| | B4 | 14 | 審査課題 | 14:30～14:45 | XAI(Explainable AI)による道路附属物点検の高度化<br>ー北大との連携協定に基づくインフラ管理のイノベーション「NORTH-AI/Eye」の推進ー | 北海道開発局　小樽開発建設部　小樽道路事務所 | 今西　将也 |
| | | 15 | | 14:45～15:00 | のり面に繁茂した外来種「ヨシススキ」対策について | 中部地方整備局　紀勢国道事務所　管理第二課 | 藤井　秀一郎 |
| | | 16 | | 15:00～15:15 | 水中ロボを活用した桟橋式岸壁における効率的な点検手法の検討 | 四国地方整備局　高松港湾空港技術調査事務所　調査課 | 中澤　祐飛 |
| | | 17 | | 15:15～15:30 | 長大トンネルへの坑内Wi-Fi導入による費用対効果の検証と総括 | 独立行政法人水資源機構　水路事業部設計課 | 渡辺　樹也 |
| | | 18 | 報告課題 | 15:30～15:45 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>GEOTETS工法（土留材引抜同時充填工法）を活用した環境保全技術の開発** | **株式会社CivilAssist** | **西　靖彦** |

## B会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| イノベーション部門Ⅱ | B5 | 1 | 審査課題 | 16:00～16:15 | 最先端技術を体験出来る「中国インフラDXセンター」の開設と運営 | 中国地方整備局　中国技術事務所　品質調査課 | 小柳　忠史 |
| | | 2 | | 16:15～16:30 | ドローン点群データによる道路施設管理 | 中部地方整備局　静岡国道事務所　管理第二課 | 加藤　歓大 |
| | | 3 | | 16:30～16:45 | 梯川水系における内外水統合型水害リスクマップの検討について | 北陸地方整備局　金沢河川国道事務所　流域治水課 | 徳坂　文音 |
| | | 4 | | 16:45～17:00 | 暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブを用いた道路管理判断支援システムの試作 | 寒地土木研究所　寒地道路研究グループ　雪氷チーム | 原田　裕介 |
| | B6 | 5 | 審査課題 | 17:15～17:30 | 徳山ダム・横山ダム連携による水位運用高度化の取組 | 独立行政法人水資源機構　揖斐川・長良川総合管理所 | 石黒　順司 |
| | | 6 | | 17:30～17:45 | 電子基準点リアルタイム解析システム（REGARD）の役割と発展 | 国土地理院　測地観測センター　電子基準点課 | 橋本 繭未 |
| | | 7 | | 17:45～18:00 | 令和6年能登半島地震後の道路橋点検における点検支援技術の試行と検証 | 国立研究開発法人　土木研究所　構造物メンテナンス研究センター | 小林　巧 |
| | | 8 | | 18:00～18:15 | 空港（土木施設）のBIM/CIMの取り組みについて | 国土技術政策総合研究所　空港研究部　空港施工システム室 | 久保田　皐 |

**令和7年度　国土交通省　国土技術研究会　プログラム**

1日目（11月27日（木））

## C会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一般部門（活力） | C1 | 1 | 審査課題 | 9:45～10:00 | 道路空間を活用したEV路上カーシェアリング社会実験における効果検証（中間報告） | 近畿地方整備局　浪速国道事務所　計画課 | 中世古　蓮汰 |
| | | 2 | | 10:15～10:30 | 効果的な合意形成を目指して ～BIM活用の検証と営繕事業の円滑化～ | 関東地方整備局　営繕部　整備課 | 小野塚　裕 |
| | | 3 | | 10:30～10:45 | 全国都市交通特性調査データを活用したアクティビティ・ベースド・シミュレータ（ABS）の開発と活用 | 国土技術政策総合研究所　都市研究部　都市施設研究室 | 小笠原　裕光 |
| | | 4 | 報告課題 | 10:45～11:00 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>カーボンニュートラルに資する火山ガラス微粉末コンクリートの実用化研究** | **金沢工業大学　工学部　環境土木工学科** | **花岡　大伸** |
| | C2 | 5 | 審査課題 | 11:00～11:15 | 歴まち都市への誘客に向けた観光連携事業～歴史と観光をつなぐ2つの要素～ | 中部地方整備局　建政部　計画管理課 | 深谷　有沙 |
| | | 6 | | 11:15～11:30 | 縦型密閉発酵槽を用いた下水汚泥の肥料化、エネルギー化技術実証と導入効果検討 | 国土技術政策総合研究所　上下水道研究部　下水処理研究室 | 青葉　隆仁 |
| | | 7 | | 11:30～11:45 | 企業のリクルート活動に着目した産官学協同の渋滞緩和プロジェクト松江Good Morning Projectについて | 中国地方整備局　松江国道事務所　計画課 | 桃住　蓮太 |
| | | 8 | 報告課題 | 11:45～12:00 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>非構造部材を含めたBIMからFEMへの汎用変換システムの開発と検証** | **東京大学** | **浅井 竜也** |
| | C3 | 9 | 審査課題 | 13:00～13:15 | 次世代自動車の普及を見据えた走行時の二酸化炭素排出係数の試算 | 国土技術政策総合研究所　道路交通研究部　道路環境研究室 | 根津　佳樹 |
| | | 10 | | 13:15～13:30 | マンション等を対象とした外装仕上材の劣化度判定支援AIの開発 | 国立研究開発法人　建築研究所　材料研究グループ | 中田　清史 |
| | | 11 | | 13:30～13:45 | 国道41号名濃バイパス6車線化による整備効果 | 中部地方整備局　愛知国道事務所　計画課 | 澤　圭斗 |
| | | 12 | | 13:45～14:00 | 九州初の「道路シールドトンネルの中間報告（市街地部を通過）」<br>～鹿児島3号東西道路シールドトンネル（下り線）新設工事～ | 九州地方整備局　鹿児島国道事務所　工務課 | 樋口　昌宏 |
| | | 13 | 報告課題 | 14:00～14:15 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>木材入りCFT部材の開発とその実用化** | **長崎大学** | **中原浩之** |

## C会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| アカウンタビリティ部門 | C4 | 1 | 審査課題 | 14:30～14:45 | アイヌ文化振興に資する河川整備の取組～北海道特有の観光地域づくりを目指して～ | 北海道開発局　札幌開発建設部　夕張川ダム総合管理事務所　管理課 | 橋本　武幸 |
| | | 2 | | 14:45～15:00 | 地域や観光に配慮した公共工事　～建設業における「おもてなし」の心～ | 山形県村山総合支庁　建設部　西村山道路計画課 | 小山　祐伍 |
| | | 3 | | 15:00～15:15 | 都市河川における不法投棄0をめざした多面的なソフト対策について<br>～事務所と出張所　1年間の奮闘～ | 近畿地方整備局　淀川河川事務所　福島出張所 | 伊豆野　史皇子 |
| | | 4 | | 15:15～15:30 | 災害に立ち向かう"空の眼"九州地整UAV登録講習機関設立と挑戦 | 九州地方整備局　九州技術事務所　総務課 | 山本　伸也 |
| | | 5 | 報告課題 | 15:30～15:45 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>職人と小型ロボットが協働する新しい湿式施工法の開発** | **京都工芸繊維大学デザイン・建築学系** | **村本真** |
| | C5 | 6 | 審査課題 | 16:00～16:15 | 留萌地域における「ほっかいどう学」の実践と今後の展望―留萌地域のみち学習― | 北海道開発局　留萌開発建設部　道路計画課 | 堀田　孝也 |
| | | 7 | | 16:15～16:30 | 首里城正殿の「見せる復興」 ～今しか見られない復元現場のPR～ | 沖縄総合事務局　国営沖縄記念公園事務所　首里出張所 | 内間　安朗 |
| | | 8 | | 16:30～16:45 | 「おかこくぼっけぇ教え隊！」の活動報告 | 中国地方整備局　岡山国道事務所　交通対策課 | 西海　こころ |
| | | 9 | 報告課題 | 16:45～17:00 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>「改良前後の地盤の耐震性能評価ができる原位置繰返しプレッシャーメータ試験の実用化」** | **川崎地質（株）** | **風間　基樹** |
| | C6 | 10 | 審査課題 | 17:15～17:30 | 白川ダムのオープン化と地域の活性化 | 東北地方整備局　最上川ダム統合管理事務所　白川ダム管理支所 | 相馬　宏丞 |
| | | 11 | | 17:30～17:45 | 建設産業の魅力向上に向けたインフルエンサーとの協働<br>～オフィシャル広報パートナー制度～ | 四国地方整備局　企画部　企画課 | 髙橋　加奈子 |
| | | 12 | | 17:45～18:00 | 「苦情」から「協力」へ！～VSPを活用した地域連携～ | 関東地方整備局　宇都宮国道事務所　管理第一課 | 三野　将明 |
| | | 13 | | 18:00～18:15 | 3次元モデルを用いた用地境界立会いについて | 長野県　建設部　河川課 | 諏訪　有祐 |

**令和7年度　国土交通省　国土技術研究会　プログラム**

2日目（11月28日（金））

## A会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一般部門（安全・安心Ⅱ） | A7 | 9 | 審査課題 | 9:45～10:00 | 大規模災害を想定した関係機関との合同訓練 | 九州地方整備局　宮崎河川国道事務所　防災課 | 西　晃希 |
| | | 10 | | 10:00～10:15 | 山岳トンネルの変状の診断精度向上に向けた施工時情報の活用と引継ぎ | 国立研究開発法人土木研究所　道路技術研究グループ（トンネル） | 菊地　浩貴 |
| | | 11 | | 10:15～10:30 | 長時間(168時間)運転可能な簡易型非常用発動発電装置について | 沖縄総合事務局　南部国道事務所　防災情報課 | 内間　航一郎 |
| | | 12 | 報告課題 | 10:30～10:45 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>自治体間で円滑に機展開可能な共同利用型の地域デジタルツインの開発** | **一般社団法人 社会基盤情報流通推進協議会** | **関本 義秀** |
| | A8 | 13 | 審査課題 | 11:00～11:15 | 名古屋国道管内初！スムーズ横断歩道の整備とその効果 | 中部地方整備局　名古屋国道事務所　交通対策課 | 堤　悠大 |
| | | 14 | | 11:15～11:30 | サザンゲートブリッジRC床板における詳細調査および補修方法の検討について | 沖縄総合事務局　石垣港湾事務所　工務課 | 後上里　友晴 |
| | | 15 | | 11:30～11:45 | 災害リスク情報を企業活用へ～白川水害リスクマップ公表の取り組みと活用事例～ | 九州地方整備局　熊本河川国道事務所　流域治水課 | 齊木　愛菜 |
| | | 16 | 報告課題 | 11:45～12:00 | **【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】<br>建物のライフサイクルマネジメントを目的とした3次元点群データを用いたBIMデータ自動構築システムの開発** | **株式会社エリジオン** | **渡辺友彦** |

## A会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 各局等提案課題 | A9 | 1 | | 13:00～13:30 | 日本の現場力、世界へ。～ウクライナ復興に挑む遠隔施工～ | 国土交通省　大臣官房　参事官（イノベーション）グループ<br>国土交通省　総合政策局　海外プロジェクト推進課 | 中根　亨<br>松尾　健二 |
| | | 2 | | 13:30～14:00 | PODに基づく縮約モデルの適用とそのAIC の提案 —重力式岸壁の2D地震応答解析への適用性評価— | 港湾空港技術研究所 地震防災研究領域 地震動研究グループ | 福永　勇介 |

## B会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| イノベーション部門Ⅱ | B7 | 9 | 審査課題 | 9:45～10:00 | ごみ処理施設(宮ノ陣・上津CC)で発電した電力の地産地消について | 久留米市　環境部　施設課 | 鹿田　大貴 |
| | | 10 | | 10:00～10:15 | 地図作成における高分解能光学衛星画像の利用可能性 | 国土地理院　基本図情報部　地図情報技術開発室 | 神山　優恵 |
| | | 11 | | 10:15～10:30 | UAV自律飛行を活用した手取川流域における砂防施設等の点検手法の構築 | 北陸地方整備局　金沢河川国道事務所　流域対策課 | 中野　光 |
| | | 12 | | 10:30～10:45 | 主ケーブル外装モニタリングシステムの開発 | 本四高速道路ブリッジエンジ株式会社　技術事業本部 技術開発部　技術3課 | 大淵 慶大 |
| | B8 | 13 | 審査課題 | 11:00～11:15 | AI技術を用いたCo吹付法面及び橋梁の健全度診断に関する技術手法について | 北陸地方整備局　能登復興事務所　計画課 | 長谷部　佑太 |
| | | 14 | | 11:15～11:30 | 「だいち4号」を活用した地殻・地盤変動監視と地盤沈下調査への活用に向けた取組 | 国土地理院　測地部　宇宙測地課 | 室山　怜太郎 |
| | | 15 | | 11:30～11:45 | 沖縄管内における物流推進の検討 | 沖縄総合事務局　開発建設部　港湾計画課 | 山田　廉太郎 |
| | | 16 | | 11:45～12:00 | 床版コンクリート耐久性確保の取り組み～施工現場と取り組み内容の紹介～ | 東北地方整備局　岩手河川国道事務所　工務第二課 | 瀬倉　英 |

## B会場

| 部門 | セッション | 発表順序 | 課題区分 | 発表時間 | 課題名 | 発表者所属 | 発表者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 各局等提案課題 | B9 | 3 | | 13:00～13:30 | 下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた管路マネジメントの動向や方向性等について | 国土交通省（上下水道審議官グループ）大臣官房参事官（上下水道技術）付 | 辻　亮水 |
| | | 4 | | 13:30～14:00 | 群マネ、知ってる？新たなヒーローは動いている | 国土交通省　総合政策局　公共事業企画調整課 | 伊藤　瑞基 |

## D会場

| | |
|---|---|
| 15:00～16:00 | **【特別講演】** 早稲田大学教授 土木学会第112代会長　佐々木 葉 様<br>「インフラの広がりと風景」 |
| 16:05～16:35 | **【表彰式】** |
| 16:35～16:50 | 受賞者記念撮影 |

# 除雪支援システムについて

菊地　和久[1]

[1]岩手県盛岡広域振興局土木部　岩手土木センター　（〒028-4307岩手県岩手郡岩手町大字五日市9-48）

岩手県の主要観光道路「八幡平アスピーテライン」では、春の開通時に現れる雄大な「雪の回廊」が全国的に知られ、多くの観光客を魅了している。
しかし、この絶景を届けるための除雪作業は、厚い積雪や視界不良、がけ地での滑落リスクといった安全確保の難題に加え、熟練作業員の高齢化や担い手不足が喫緊の課題となっている。
そこで、本稿では、高精度３次元地図を活用した革新的な「除雪支援システム」を試験的に導入し、作業効率と安全性の向上を図るとともに、経験の浅い作業員による除雪作業を可能とし、担い手不足の解消を目指す取組について紹介する。

キーワード　i-Construction

## 1. はじめに

主要地方道大更八幡平線は、岩手県八幡平市から秋田県鹿角市へ至る、十和田八幡平国立公園を通過する重要な観光道路である（図-1）。特に、通称「八幡平アスピーテライン」と呼ばれる山岳区間は、春の開通時に現れる雄大な「雪の回廊」が全国的に知られ、多くの観光客を魅了している（写真-1）。

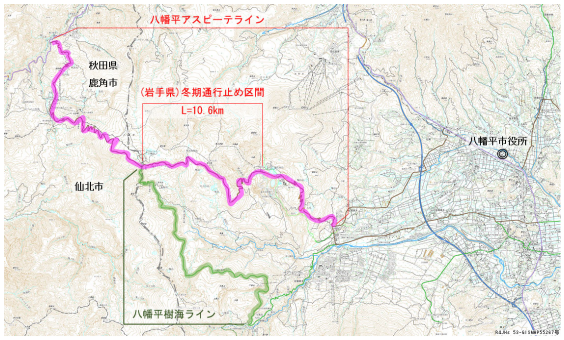



**図-1**　位置図



**写真-1**　雪の回廊

しかし、この息をのむような絶景を届けるための春先の除雪作業は、通常の除雪とは比較にならない困難さと危険性を伴う。冬の間に降り積もった雪で道路が完全に覆われ、位置特定が極めて難しい上、がけ地も多く、常に滑落事故のリスクが伴う。そして、このような過酷な作業は、これまで長年にわたり、熟練作業員の豊富な経験と勘に支えられてきた。

本稿では、こうした厳しい条件下での除雪作業の効率化と安全性の向上を図り、経験の浅い作業員でも安全に作業が行えるよう、岩手県で初となる高精度３次元地図を活用した「除雪支援システム」を試験的に導入した取組について、その内容と効果を報告する。

この取組は、建設業界における生産性の向上を目指す「i-Construction」の一環でもあり、地域の重要な観光資源を守り、未来へつなぐための挑戦でもある。

## 2. 春先除雪の背景と課題

### (1) 過酷な作業環境と熟練の「勘」への依存

八幡平アスピーテラインの冬期通行止め区間約10.6kmでは、例年３月上旬から約１ヶ月をかけて春先の除雪が行われる。この作業は場所によっては最大８mもの高さに降り積もった雪を掘り進める極めて過酷なものである。積雪により道路の状況が全く確認できず、作業員は周囲の地形や、降雪前に設置した目印（指標木）を頼りに、道路の位置や幅、カーブの形状などを予測する「位置確認」を慎重に行う（写真-2）。




**写真-2**　春先除雪前の位置確認

この位置確認作業は、作業全体の成否を左右する最も重要な工程であり、まさに長年の経験と「勘」に大きく依存する作業である。また、複数の重機が緻密な隊列を組み、連携しながら慎重に作業を進める除雪体制も、この過酷な環境下での安全かつ効率的な作業を支えるために構築されてきた（写真-3）。



**写真-3**　除雪体制

**⑵ 課題**

長年にわたり行われてきた春先除雪であるが、近年、以下のような大きな課題に直面している。

**a) 熟練の技を持つ匠の高齢化と担い手の不足**

前述の「位置確認」作業は、通行止め区間の地形や過去の積雪状況などを熟知している必要があり、確実に作業を行うためには通常15年から20年程度の経験が必要と言われている。

一方で、「令和３年度岩手県建設業構造実態調査」（県建設技術振興課）によると、県内の建設業就業者の半数以上が50歳を超えており、高齢化が進行している。

この高齢化は、春先除雪においても熟練作業員の高齢化と、その高度な技術を継承する担い手の確保・育成が喫緊の課題であることを示している。

**b) 従来の目印（指標木、区画線）の限界とリスク**

従来の除雪作業では、積雪後も道路の幅が分かるよう、冬期通行止めを開始する前に約６ｍの高さの指標木を設置している。しかし、厳しい冬の間の強風や雪の重みで、これらの指標木が倒れたり、折れたりすることも少なくない。これにより、正確な道路位置の把握が困難になる場合が多く、また、毎年多くの指標木が破損するため、その補充にかかる費用も大きな負担となっていた。

さらに、センターラインなどの区画線は、雪を掘り進める際の重要な目印となるが、長年の使用による摩耗や、冬期間の凍結融解などで劣化が進み、積雪の中から現れても、かすれて視認しにくい場合が多く、正確な道路中央位置の特定が困難であった。

## 3. 革新的な除雪支援システムの導入

八幡平アスピーテラインの除雪作業が抱える多くの課題を解決し、より安全で効率的な除雪作業を実現するため、岩手県で初となる「除雪支援システム」を試験的に導入した。このシステムは、最先端の測量技術と情報通信技術を融合させたものである。

本システムの核となるのは、「ＭＭＳ（モービルマッピングシステム）」と呼ばれる特殊な計測車両である（写真-4）。ＭＭＳは、３次元レーザースキャナーや高精度カメラを搭載しており、走行しながら周囲の地形や構造物を精密な３次元点群データ（点の集まりで立体を表現するデータ）として取得する。このデータは、自動運転技術に用いられるレベルの高精度なもので、「高精度３次元地図」の作成に活用される。この高精度な地図情報が、雪に閉ざされた道路の「見えない」部分を「見える化」する基盤となる。



**写真-4**　ＭＭＳ車両

さらに、除雪車両や作業員が持つタブレット端末には、ＧＮＳＳ（全球測位衛星システム）受信機が搭載されている。この受信機は、日本の準天頂衛星「みちびき」にも対応しており、山間部など携帯電話の電波が届きにくい場所でも、高い精度（最大で数センチメートル程度）で現在位置をリアルタイムに把握することを可能にする。この高精度な位置情報と３次元地図の組み合わせが、除雪作業の根幹を革新していく（図-2）。




（出典：ダイナミックマッププラットフォームAxyz社）

**図-2** 高精度な位置情報と３次元地図による除雪作業イメージ

### (1)「見える化」がもたらす作業支援

本システムでは、作業員が持つ専用タブレット端末の画面上に、高精度３次元地図と自車の正確な位置がリアルタイムで表示される（写真-5）。地図には、道路のセンターラインなどの区画線や路肩の位置はもちろん、防護柵や支柱といった側方障害物、さらにはマンホールや横断側溝などの構造物情報までが精密に記録されている。

この支援により、オペレーターは、深い雪に覆われて確認できない道路の正確な位置や形状、さらには雪の下に隠れた構造物の位置まで、正確に把握しながら除雪作業を行うことが可能となる。

これは、従来の「経験と勘」に頼る作業から、デジタルデータに基づく客観的で「見える化」された作業への転換である。これにより、除雪作業で構造物を破損させたり、作業員ががけ下に転落したりするリスクを大幅に低減することが可能となる。

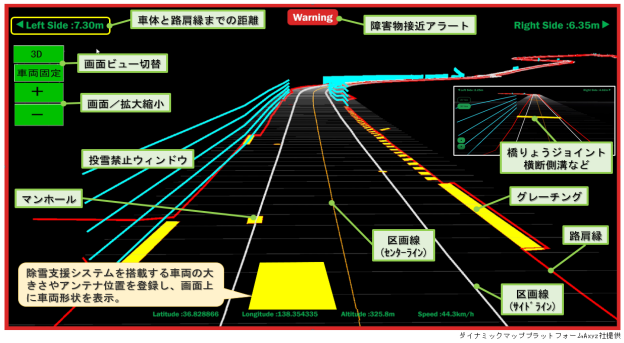



**写真-5**　システム画面

### (2)現場に最適化された導入体制

春先除雪では、特に作業開始時の正確な道路位置確認と初期の拡幅作業が全体の成否を左右することから、その初期段階を重点的にサポートするため、以下の３台のシステムを導入した。

#### a)歩行作業用（１台）

棒の先端に機器が装着された手持ち用のロッド型ではなく、より効率的に作業員がマーキング作業を行えるよう、アンテナとＧＮＳＳ受信機をヘルメットに装着する改良型「ヘルメット型」を採用。これにより、両手が自由な状態でタブレットによる位置確認が可能となり、スムーズな作業が実現した（写真-6）。




**写真-6**　歩行作業用[ヘルメット型]

#### b)車両搭載用（２台）

除雪隊列の先頭で雪を切り開くバックホウ（写真-7）と、初期拡幅を担うロータリ除雪車（写真-8）にシステムを搭載。車両搭載型では、より高精度な自車位置を地図上に表示させるため、アンテナを２基搭載した。




**写真-7**　車両搭載用[バックホウ]




**写真-8**　車両搭載用[ロータリ除雪車]

## 4. 確かな効果と現場の声

除雪支援システムの試験導入は、2024年と2025年の２シーズンにわたり実施し、その効果は具体的な実績と現場作業員の評価によって確認された。

### (1)【2024年試験導入の効果】作業効率・安全性の向上、働き方改革への貢献

2024年３月から４月にかけての初めての挑戦では、携帯電話の電波が届かない山間部であり、吹雪などの悪天候に見舞われる日も少なくない環境下で、システムが正確な位置情報をリアルタイムに取得し続けられるかという懸念があった。しかし、実際に導入すると、システムは天候に左右されることなく安定して動作し、位置情報の誤差も最大数センチメートル程度という非常に高い精度が確認された 。これは、雪に埋もれた道路を安全かつ正確に掘り進める上で、極めて信頼性の高い「道しるべ」となることを意味する 。

この高精度なナビゲーションにより、除雪作業の効率化が図られ、作業時間の短縮が実現した。その結果、週休２日の実現など、働き方改革の推進に大きく貢献。また、タブレット画面上でがけ地などの危険箇所や障害物の位置を正確に把握できるため、作業の安全性の向上にも大きく寄与した。

### ⑵【2025年試験導入のさらなる効果】コスト縮減と作業負担軽減

2024年シーズンの確かな結果を受け、2025年３月から４月にかけてのシーズンでは、システムの導入効果をさらに検証するため、これまで300本設置していた道路幅を示すための指標木を100本程度まで大幅に削減して春先除雪に臨んだ。

このシーズンは、近隣の観測所での累加降雪量が前シーズンよりも約180cm多く、作業の進捗が懸念される厳しい条件下であったが、除雪支援システムの導入効果もあり、予定通りに作業を完了することができた。

指標木の削減は、破損時の補充にかかるコスト縮減と、設置撤去にかかる作業員の負担軽減につながった。

### ⑶現場作業員からの具体的な評価とメリット

システムを使用した受注者からは、以下のような好意的な評価が得られた。これらの評価は、システムの導入効果を具体的に示すものである。

「画面上でがけ地などの危険箇所や、雪に埋もれた構造物の位置が事前に分かるため、安心して作業に集中できるようになった。安全性が格段に向上した。」

「これまで道路の位置を探るのに多くの時間を費やしていたが、システムのおかげでその作業が大幅に効率化された。結果として作業時間が短縮され、以前よりも多く休日を確保できるようになった。」

「道路の位置確認作業は、従来15年から20年程度の長い経験が必要とされてきたが、このシステムがあれば、経験の浅い作業員でも自信を持って作業に取り組むことが可能。これは若手育成の観点からも非常に有益である。」

## 5. 除雪ＤＸが拓く建設業の未来

２シーズンにわたる除雪支援システムの試験導入により、本システムが建設業の直面する複合的な課題に対して極めて有効であることが確認された。

### ⑴本取組がもたらす多角的な効果の総括

具体的には、以下の確かな効果が確認された。

**a)作業効率と安全性の飛躍的向上**

正確な位置情報に基づくナビゲーションにより、従来多くの時間と労力を要していた作業が大幅に効率化され、同時に危険箇所の回避による安全性の向上が実現した。

**b)担い手の確保**

長年の経験と勘に頼らざるを得なかった高度な作業が、経験の浅い作業員でも正確かつ安全に実施可能となり、除雪作業における「担い手の確保」に大きく貢献できる可能性が示された。

**c)働き方改革の推進**

作業時間の短縮は、作業員の負担軽減と週休２日の実現につながり、建設業界における喫緊の課題である働き方改革を具体的に推進する効果が確認された。

**d)「コスト縮減」への貢献**

作業効率の向上に伴う機械稼働時間の短縮や、従来大量に必要であった指標木の大幅な削減は、直接的なコスト縮減効果も期待される。

### ⑵除雪ＤＸによる「i-Construction」の推進

これらの効果は、「i-Construction」が目指す建設現場の生産性の向上や業務の効率化に合致するものであり、除雪という特殊な分野においても建設ＤＸ（デジタルトランスフォーメーション）が力強い推進力となることを示している。

また、本取組は、単一の作業改善にとどまらず、建設業界全体のデジタル変革と持続可能性に貢献し、建設業界が直面する高齢化や担い手不足といった構造的な課題に対して、技術を活用した実践的な解決策となり得ると期待される。

### ⑶今後の展開

今後は、この試験導入の結果を基に、本路線に隣接する一般県道八幡平公園線（通称「八幡平樹海ライン」）の冬期通行止め区間（約16km）においても本システムの導入を積極的に進めていきたい。

さらに、県内全域への導入拡大につながるよう、岩手県における除雪分野の建設ＤＸを推進し、安全で効率的、そして魅力ある建設業の未来を切り拓いていきたい。

## 6. 終わりに

本取組が、同様の課題を抱える全国の豪雪地帯における除雪作業の革新、そして建設業界全体の魅力向上につながる一助となれば幸いである。



**写真-9**　アスピーテライン山頂付近の除雪状況（R7.4.9撮影）

# 工事監督業務における
# 生成AIの活用検討について

太田　宏生[1]

[1]滋賀県　南部土木事務所　道路計画第二課（〒525-8525滋賀県草津市草津三丁目14-75）

地方自治体は，少子高齢化および住民ニーズの多様化等の社会課題に直面しており，行政運営の改革が求められている．また，長年の慣習による組織の硬直化および人員不足，ITスキル不足等により，効率的な行政運営に支障をきたしている．

その一方で，近年，行政サービスの効率化と質の向上を実現する手段として，デジタルトランスフォーメーション(以下「DX」とする)が必要不可欠とされている．特に生成AIは，専門知識が必要とされる複雑な課題に対して，平易で正確な解決案の提供が可能であり，組織の問題解決および意思決定がより迅速に行えることから，急速に注目されている．

本報告では，工事監督業務における生成AIの活用検討を行い，業務の効率化および質の向上の可能性を検証した．具体的には，生成AIを用いたPythonによる簡易アプリの開発を行い，実務で試験運用し，その効果を検証した．

本報告が，今後促進される業務のDX化の参考になると考えている．

キーワード　DX，生成AI，Python，アプリ開発，工事監督

## 1. はじめに

少子高齢社会，激甚災害，環境問題，地域経済活性化およびデジタル化といった多様化する社会ニーズへの対応は，インフラ整備において重要な課題の一つである．従来の画一的なインフラ整備ではなく，柔軟で持続可能なインフラの構築が求められている．

また，増大する維持管理への対応も重要なテーマである．インフラ設備は，高度経済成長期に多くが建設されている．橋梁を例に挙げると，構造により法定耐用年数45年もしくは60年[1)]とされているが，本県では約20年後には約80%の橋梁が供用年数50年超となる[2)]．今後，維持管理にはこれまで以上に多大な労力が必要となる．

さらに，本県における人口の将来推計は2020年に比べて2050年までに約14%減少し，人口の将来構成比は高齢者人口が約21%増加する見込みであり[3)]，労働人口が大きく減少する．

また，本県における職員採用試験の状況(技術職)について，競争倍率は平成26年に4.1倍であったが，令和5年に2.4倍まで減少している．さらに，30代までの退職者は，約3.6倍まで増加している[4)]．

今後労働人口が減少する中で，さらに土木技術職員の確保が困難になることは想像に難くない．

以上より，県土木行政は，多様化する社会ニーズと増大する維持管理に対して，さらに少数の職員で立ち向かう必要があり，これまでの業務効率化の枠を超え，抜本的な業務の見直しと再構築が求められる．

その中で，近年，行政運営を改革する手段として，DXが必要不可欠とされている．特に生成AIは，専門知識が必要とされる複雑な課題に対して，平易で正確な解決案を提供が可能であり，組織の問題解決および意思決定がより迅速に行えることから，急速に注目されている．

本報告では，工事監督業務における生成AIの活用検討を行い，業務の効率化および質の向上の可能性を検証した．具体的には，生成AIを用いたPythonによる簡易アプリの開発を行い，実務で試験運用することで，その効果を検証した．

## 2. 工事監督業務の現状と課題

### (1) 工事監督業務の定義

本報告で対象とする工事監督業務とは，土木事務所で技術系職員が執行する業務のうち，工事に関するもの（委託業務を除く）と定義する．

### (2) 現状の把握方法

本報告における DX 化の検討は，暫定的に本稿の著者を具体的なターゲットとして設定し，現状の把握および課題の抽出をおこなった．その意図は，新技術が導入される際に，往々にして生じる労力や高額なコストをかけながら，現場の課題やニーズとマッチせず，機能しないことを防止するためである．

表-1　業務内容の記録表

| 4月 | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 計画 | 実施 | 計画 | 実施 | 計画 | 実施 | 計画 | 実施 | 計画 | 実施 |
| 7:00-7:30 | スケ・メール | スケ・メール・シス | スケ・メール | スケ・メール・シス | スケ・メール | スケ・メール・シス | スケ・メール | スケ・メール・シス | スケ・メール | スケ・メール・シス |
| 7:30-8:00 | 工事管理シス | 積算 側道 | 工事管理シス | 積算 側道 | 工事管理シス | 変更協議書 | 工事管理シス | 積算 側道 | 工事管理シス | 積算 側道 |
| 8:00-8:30 | 予備 | 積算 側道 | 予備 | 積算 側道 | 予備 | 変更協議書 | 予備 | 積算 側道 | 予備 | 積算 側道 |
| 8:30-9:00 | 予備 | 積算 側道 | 予備 | 積算 側道 | 予備 | 復命書 | 予備 | 積算 側道 | 予備 | 積算 側道 |
| 9:00-9:30 | 準備 ガス立会 | 準備 ガス立会 | 積算 側道 | 協議 栗東市 | 開札 S201-18 | 電話 技術管理課 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 9:30-10:00 | 準備 ガス立会 | 準備 ガス立会 | 積算 側道 | 協議 栗東市 | 開札 S201-18 | 開札 S201-18 | 立会 西村 | 立会 西村 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 10:00-10:30 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 立会 AUC | 開札 S201-18 | 開札 S201-18 | 立会 西村 | 立会 西村 | 立会 松浦 | 立会 松浦 |
| 10:30-11:00 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 協議 西村 | 開札 S201-18 | 提出 法定外完了 | 立会 西村 | 立会 西村 | 立会 松浦 | 立会 松浦 |
| 11:00-11:30 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 協議 西村 | 開札 S201-18 | 積算 側道 | 立会 西村 | 立会 西村 | 立会 松浦 | 立会 松浦 |
| 11:30-12:00 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 協議 石居 | 開札 S201-18 | 積算 側道 | 立会 西村 | 立会 西村 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 12:00-13:00 | | | | | | | | | | |
| 13:00-13:30 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 変更協議書 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 13:30-14:00 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 変更協議書 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 14:00-14:30 | 立会 大ガス | 立会 大ガス | 積算 側道 | 変更協議書 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 14:30-15:00 | 立会 大ガス | 立会 大ガス | 積算 側道 | 変更協議書 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 15:00-15:30 | 立会 松浦 | 立会 松浦 | 積算 側道 | 変更協議書 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 15:30-16:00 | 立会 松浦 | 立会 松浦 | 積算 側道 | 変更協議書 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 | 積算 側道 |
| 16:00-16:30 | | | | 変更協議書 | | 積算 側道 | | 積算 側道 | | 積算 側道 |
| 16:30-17:00 | | | | 変更協議書 | | 積算 側道 | | 積算 側道 | | 積算 側道 |
| 17:00-17:30 | | | | 変更協議書 | | 積算 側道 | | 積算 側道 | | 積算 側道 |
| 17:30-18:00 | | | | 変更協議書 | | 積算 側道 | | 積算 側道 | | 積算 側道 |
| 18:00-19:00 | | | | | | | | | | |
| 19:00-20:00 | | | | | | | | | | |
| 〆切 | | | | | | | | | 〆切 側道積算 | 済 |

まず，著者の業務プロセスを明確に可視化するため，一年間の業務内容1,896時間を毎日30分単位で精緻に記録した．記録表の一部抜粋したものを表-1 に示す．前提条件として，本報告の目的は，これまでの業務効率化の枠を超えた抜本的な業務の見直しと再構築である．そのため，単純な業務の効率化は，除外する必要がある．当該効率化とは，非本質業務の排除および業務の選択と集中，段取りの合理化等を指す．具体的には非生産的な会議の削減や現場技術員の有効活用，徹底した業務管理等である．当該効率化は，今回の記録の一昨年度に実施し，年間残業時間は約 30%，100 時間以上削減することに成功した．その上で，一職員の取り組みでは改善できない組織的な業務プロセスやシステムによる現状を把握し，課題を抽出することを試みた．

### (3) 工事監督業務の現状と課題

工事監督業務の現状について，図-1に先述の方法で記録した結果を示す．10業務に分類し，その割合をグラフにしている．積算・改算業務が38%であり，最も大きなウエイトを占めている．工事関係資料作成，工事立会・協議，地元・関係者協議，内部協議，工事管理システムの順で割合が大きい．

課題抽出にあたり，一定の業務量があるものを対象とするものとし，年間約100時間（割合5%）以上がある業務を対象とした．また工事立会・協議は，現場技術員の活用およびWEB立会等で大幅に効率化しており，改善の余地が少ないことから対象外とする．また，内部協議も，不要な会議の削減等により，改善の余地が少ないことから対象外とする．

以上より，積算・改算，工事関係資料作成，地元・関係者協議，工事管理システムの4業務を対象として課題抽出を行った．

#### a)　積算・改算について

積算・改算とは，入札もしくは変更契約に用いる設計書の作成およびチェックのことである．

設計書は，特記仕様書，数量総括表，設計書，数量計算書，積算資料および図面からなり，メインとなる設計書だけでも百ページを優に超え，全体で数百ページに及ぶ．作成には時間を要するが，そのチェックにも相当の

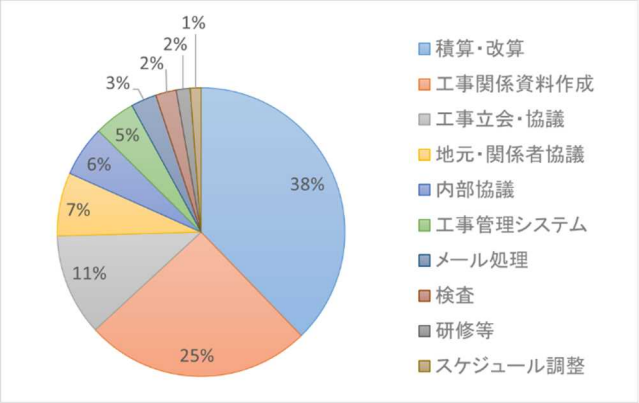



図-1　年間業務構成率

時間を要する．設計者および改算者は，1 ページずつもれなくチェックしていく必要がある．

現状の対策は，間違いやすい箇所を 41 項目のチェックリスト化したり，改算者を二人以上としたりしてミスの低減を図っている．しかし，数百ページの資料を一つのミスなく作成することは物理的に不可能であり，入札中止等が頻発している．そのため年々チェック項目を増やす等，改算に更に時間をかける悪循環が生じている．他の業務を圧迫したり，本来重視すべき設計内容の精査が後回しになったりという弊害が生じている．

#### b)　工事関係資料作成等について

工事関係資料作成とは，受注者からの設計照査，疑義の回答資料や設計変更協議書，各種法令に係る申請書の作成を指している．

当該資料の作成は，技術的な判断が求められ，基準書等に則り行う必要がある．基準書等は，県HPに掲載されているものだけでも，設計便覧(共通編，道路編，河川編等)，滋賀県一般土木工事等共通仕様書，滋賀県一般土木工事等工事必携(38指針，要領等)等があげられる．その他，国土交通省の指針，要領や滋賀県内規，民間が発行している各種基準と枚挙にいとまがない．また，それらは常に改良され，変更通知という形で各担当に知らされる．本報告の調査期間内(1年間)に，著者が受け取った変更通知等は119件であった．長く監督業務に携われば，知りたい情報のあたりをつけられるが，若手職員や経験が浅い分野の内容は，数多の基準書を一から探していく必要があり，非常に非効率な状況である．

#### c)　地元・関係者協議について

地元・関係者協議は，工事を円滑に進めるうえで重要な要素であり疎かにできない．一方で，近年の社会的ニーズの多様化により，地元対応は難化している．

課題として，公務員は短い期間で人事異動があり，その度に積み重ねてきた経験がリセットされる．前任者からの引継書は存在するが，細かな協議のやり取りは議事録等を遡る他ない．後任の担当者は，議事録等の調査に

非常に時間を要し，地元等の要望に対して後手に回ることが多い．また，監督職員は，膨大な要望等にさらされることが常である．時間のない中で，自ずと画一的な対応になることが多くなる．

その他，労働時間の削減や職員数の減少から，若手職員が一人で対応する機会が増えていることも課題である．

**d)　工事管理情報システムについて**

工事管理情報システムは，受発注者が工事関係書類をやり取りするシステムである．工事関係書類は，非常に膨大であり，大規模な工事になれば，段ボール 10 箱ほどになる．監督職員は，工事管理情報システムにあがってくる書類を一つずつチェックし，適正に工事が実施されているか確認する必要がある．

課題について，施工計画書を例に紹介する．施工計画書は，その名のとおり工事の施工計画を記したものであり，工事概要，工程，施工体制，施工方法，管理方法等が記載されている．工事受注者が工事着手前に監督職員に提出され，当然のことながら工事着手までに監督職員もそれらを確認しておく必要がある．大規模な工事で百五十ページほどの書類であり，工事検査課が検査時に用いるチェックリストでは，62 のチェック項目がある．多忙な業務の合間に，施工計画書をチェックすることは，監督職員に相当の負担となる．本来であれば，工事をより良いものとするために，現場条件にあった記載になるように受発注者間で調整必要があるが，画一的な最低限の項目が記載されているかのチェックになることが多い．

## 3. 生成AIおよびプログラミング言語Pythonついて

本章では，まず使用した生成AIおよびプログラミング言語Pythonの概要を示し，次に簡易アプリの開発方法について示す．

### (1) 生成AIの概要

生成 AI とは，膨大なデータを学習し，それを基に文章や画像，プログラムコードなどを自動生成する技術である．生成 AI は，ニューラルネットワークなどの機械学習アルゴリズムを用いてデータパターンを抽出し，そのパターンに基づいて新しいコンテンツを作成する．

今回は日本において最も知名度のある OpenAI 社の ChatGPT を使用した．ChatGPT は，他の生成 AI と比較して，汎用性と自然な応答において優れている．複雑な質問にも論理的かつ詳細な回答を提供し，幅広いトピックに対応可能である．多くの生成 AI が特定のタスクに特化しているのに対し，ChatGPT は幅広いタスクに柔軟に対応できる点が大きな強みである．

### (2) Pythonの概要

本報告で使用したプログラミング言語（Python）の概要を以下に示す．

Python は，シンプルな構文と豊富な標準ライブラリを持つプログラミング言語である．Web 開発，データ解析，人工知能，科学計算，システム自動化など幅広い分野で活用されており，オープンソースで提供される標準ライブラリが充実している点も魅力である．これにより，初学者でも複雑な処理を簡単に実装でき，スムーズに学習を進めることができる．

### (3) アプリ開発方法

アプリ開発方法は，Chatgptに作成したいアプリの概要を質問するだけである．例えば，「次の要件を満たすアプリ作成したいため，Pythonのプログラムコードを生成してほしい．デスクトップ上のPDFを読み込み，PDFにふくまれる任意のキーワードを検出する．キーワードが含まれる文章とページ番号を出力する．」という質問を行う．すると，Pythonのプログラムコードが生成される．Pythonで当該コードを実行し，修正箇所があれば，修正したい内容をChatgptに質問する．その繰り返しにより簡単にアプリ開発が可能である．

## 4. 生成AI活用したアプリの開発について

本章では，第2章で抽出した課題をもとに，監督業務補助アプリの開発を行った．アプリの概要，効果等について以下に示す．

### (1)設計書チェックアプリ

設計書を自動でチェックできるアプリを開発した．当該アプリのチェック画面を示す（図-2）．

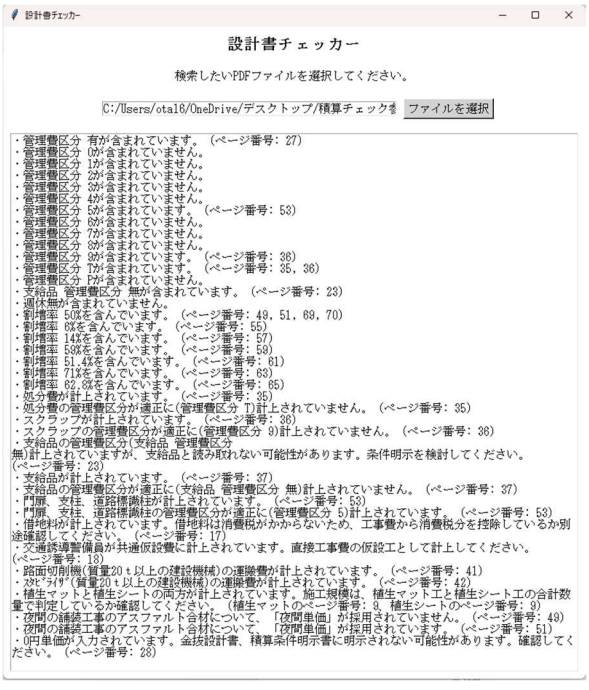



図-2　設計書チェックアプリ




図-3　基準書一括検索アプリ

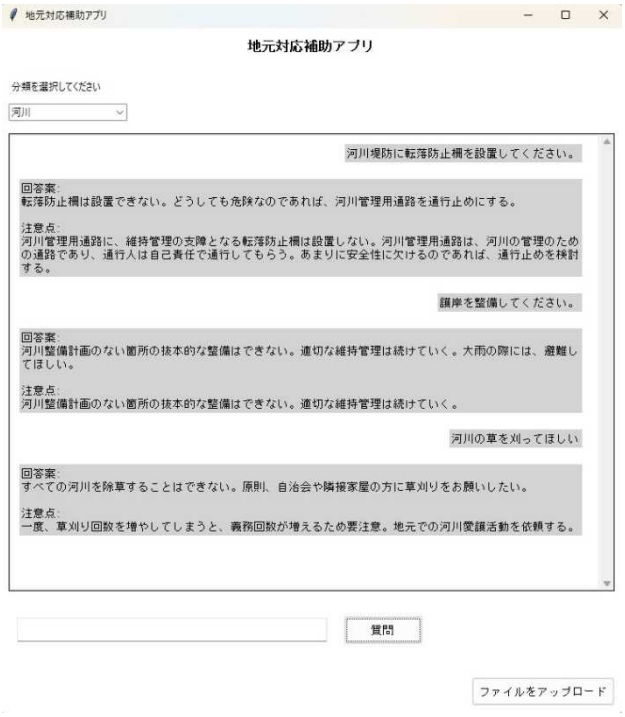



図-4　地元対応補助アプリ

設計書チェックアプリの利用方法は次のとおりである．まずチェックした設計書の PDF ファイルを選択する．するとあらかじめプログラムした検索ワードの有無により，チェック項目の記載の有無や積算ミス，積算条件等明示の注意点等が，該当ページ番号とともに出力される．チェックできる項目は，38 項目である．

改善点としては，設計書だけでなく積算条件等明示書や数量計算書を同時に相互的にチェックできるシステムに改善する必要がある．また，新積算システムに移行して日が浅いため，今後生じる積算ミスを分析し，システムに組み込んでいく必要がある．

本アプリを活用する利点は次のとおりである．まず，定型のチェック項目を一つずつ確認する時間を削減できる．試算では，県全体で約 1578 時間／年の業務時間削減が可能と想定される．

また，何ページにチェックすべき項目が含まれるか出力されるため，見落としが無くなり，申し送りも容易になる．積算システムの文言や表記が統一されているため，検索ワードが確実にチェックされ，人為的なミスがゼロになる．

因みに，本アプリの開発期間は，約 8 時間である．

### (2) 基準書一括検索アプリ

複数の基準書等から探したいキーワードを一括で検索できるアプリを開発した．当該アプリの検索画面を示す（図-3）．

基準書一括検索アプリの利用方法は次のとおりである．まず複数の PDF 化された基準書が含まれるフォルダを選択する．次に，検索したいキーワードを入力し，検索ボタンをクリックする．するとキーワードのヒット数，キーワードが含まれる基準書等の名称，ページ番号，文章が出力される．工夫した点は，視認性を高めるため，キーワードが赤字で出力されるようにした．また，基準書名とページ番号が出力することで，検索された文章の前後を確認することが容易である．

本アプリを活用する利点は次のとおりである．まず，基準書を一つずつ確認する時間を削減でき，効率的な業務が可能となる．試算では，県全体で約 4,540 時間／年の削減が可能と想定される．その次に，キーワードに関する複数の基準が確認できることから，検索結果を確認するなかで知識を広げることが可能である．例えば，「根入れ」と検索すれば，河川設計便覧における護岸の根入れは 1m であるが，道路設計便覧における擁壁は 50cm，ボックスカルバートのウイングは鉛直で 1m といった検索結果が一度で確認できる．

改善点としては，図表の出力ができないため(表内の文字は検出可能)，今後改善する必要がある．

因みに，本アプリの開発期間は，たったの 2 時間である．

### (3)地元対応補助アプリ

地元対応を補助するアプリを開発した．当該アプリの使用画面を示す（図-4）．

地元対応補助アプリの利用方法は次のとおりである．まず，分類，質問，回答が入力された学習データをアップロードする．次に，分類をドロップダウンメニューから選択する．そして質問欄に質問を入力し，質問ボタンをクリックすると，入力された質問に対する最適な回答がチャットボット表示される．工夫した点は，アプリの

維持を容易にするため，一度アップロードした学習データはログとして残るようにした．また学習データを追加したい場合は，アップロードボタンをクリックして，追加したエクセルファイルを読み込むだけである．

本アプリを活用する利点は次のとおりである．まず，若手職員の場合は，地元要望を受けた際に，上司に相談しなくても，回答のアドバイスを受けることができる．これにより，若手職員だけでなく，相談を受ける上司の業務時間削減につながる．試算では，県全体で約 2,111 時間／年の削減が可能と想定される．また，引継ぎの代わりに，地元要望等を学習データに残すことで，人事異動後の住民対応がスムーズになると考えられる．さらに，それらは回答を受ける住民にとっても利点となる．回答を受ける時間を短縮することや，地域の特性や過去の経緯を何度も説明する手間を省くことができる．

改善点としては，前所属で作成した 460 の議事録を学習データとして利用しており，特定の分類データにとどまっている．学習データの量を増やし，多様な質問に対応する必要がある．

因みに，本アプリの開発期間は，14時間ほどである．

### (4)施工計画書チェックアプリ

施工計画書を自動チェックできるアプリを開発した．当該アプリのチェック画面を示す（図-5）．

施工計画書チェックアプリの利用方法は次のとおりである．まずチェックしたい施工計画書の PDF ファイルを選択する．するとあらかじめプログラムした検索ワードの有無により，チェック項目の記載の有無や記載内容と記載されているページ番号が出力される．チェックできる項目は，46 項目である．工夫した点は，視認性を高めるため，チェック項目の記載漏れがあれば，その旨が赤字で注意が出力されるようにした．

本アプリを活用する利点は次のとおりである．まず，定型文的なチェック項目を一つずつ確認する時間を削減できる．試算では，県全体で約 1,052 時間／年の削減が可能と想定される．次に，すべてのチェック項目が定型文な訳ではないが，施工計画書の何ページにチェックすべき項目が含まれているか出力されるため，闇雲にページをめくる必要がなくなる．さらに，出力結果をそのままもしくは加筆して受注者に送付することで，修正指示の手間が軽減される．

実際に工事の受発注者間で試験的に活用したところ，修正すべき内容とページ番号が明確で，修正がスムーズにできる．施工計画書がワンデイレスポンスで返答があれば，工事が円滑に開始でき大変助かるという好意的な意見が受注者から得られた．

改善点としては，施工計画書は各受注者の任意様式であり，文言や表記の統一がないため，独特な文言や言い回し，特殊な表記は検出されない．今後は複数案件で検証を繰り返し，より汎用的な検索が可能となるように




図-5　施工計画書チェックアプリ

改善する必要がある．

因みに，本アプリの開発期間は，17 時間である．

## 5. 生成AIによるアプリ開発手順書(案)について

第4章より，生成AIとプログラミング言語Pythonを用いたアプリ開発が，業務のDX化に一定効果があることが判明した．

今後，生成AIによるアプリ開発を横展開していくにあたり，今回で得た知識を生成AIによる簡易アプリ開発手順書(案)として取りまとめた（図-6）．

構成は以下のとおりである．

- 生成AIの基本操作方法等
- Pythonの基本操作方法等
- 簡易アプリ開発手順
- 簡易アプリ開発注意点
- 参考資料等

生成AIの基本操作方法およびPythonの基本操作方法では，一般的な操作方法を取りまとめた．

簡易アプリ開発手順では，第4章で紹介したアプリ開発を例に挙げ，上手に出力されないときの対処方法なども含め，誰でも分かりやすくアプリ開発に取り組めるように工夫した．

簡易アプリ開発の注意点では，アプリ開発する上で，注意する点を取りまとめた．例えば，個人情報等の入力禁止および万が一入力してしまった場合にも，生成AIの学習に使用されないようにする設定方法を記載している．他にも，Pythonの標準ライブラリーは，オープンソース




図-6　生成AIによるアプリ開発手順書(案)

ではあるが，著作権フリーではないため，条件によってライセンスの対処が必要であることを記載している．

参考資料等では，アプリの設計図となる要件定義書の事例や今回のアプリ開発に用いた参考書，参考となるHP等を取りまとめた．

以上の手順書を活用することにより，誰でも本報告書で紹介したアプリ開発を再現することが可能である．

実際に有志職員で第一回勉強会を実施し（図-7），生成AIによるアプリ開発手順書を活用した．半日の勉強会でアプリのフレーム程度であるが，参加者全員がアプリの作成に成功している．今後は，勉強会を重ねるとともに，開発手順書等の研修資料のブラッシュアップを行う予定である．

## 6. まとめ

本報告では，生成AIを用いて監督職員の現状および課題に対応する簡易アプリを開発し，実務で実証することにより，その有効性を確認した．結果はいずれのアプリについても，業務時間の削減や質の向上に寄与することが判明した．一方で，開発時間は非常に短時間であることから，時間および費用対効果が非常に高いと言える．参考に，本報告で紹介した4つのアプリの製作に要した合計時間は41時間であり，県全体で約9,281時間／年の業務削減効果が得られることが分かった．



図-7　第一回勉強会状況

今後の展望を示す．まず，アプリ開発の担い手を増やす必要がある．多くの職員が仕事の方法に課題感を持っている．それらが各々の課題を解決する生成AIを活用した簡易アプリを開発することで，様々な視点から課題を解決するアプリが生成され，業務の効率化，高度化が進むと考えられる．

次に，担い手のスキルアップをする必要がある．外部講師等を招いた研修会や職員同士の情報交換会により，プログラミング知識の向上を図る．

さらに，担い手が作成したアプリの集約を行う．想定される手段は，クラウド上等でアプリを共有することで，誰でも自由に利用，改変および再共有する．それにより，アプリ開発の推進，メンテナンスの向上等が図れる．

そして，蓄積されたアプリの需要や仕様をもとに，専門業者にアプリ開発を依頼する．素人が完璧なアプリを開発することは困難である．先述した一連の流れをとおして，真に職員が抱える課題を解決するアプリの製作が可能と考える．

その他として，今回のアプリ開発の経験から，文言や表記等が定型のものをチェックするのは容易で，不定型のものをチェックするのは困難であることが判明した．これは人がチェックする場合でも，AI でも同じである．そのことから工事書類等の定型化を進める必要があると強く考える．

最後に，本報告が今後活用が促進される AI 活用に本報告が参考になることを願う．

### 参考文献

1) 大蔵省：減価償却資産の耐用年数等に関する省令；昭和四十年大蔵省令第十五号
2) 滋賀県土木交通部道路保全課：橋梁長寿命化修繕計画；令和4年3月
3) 滋賀県：滋賀県人口ビジョン；令和6年7月
4) 滋賀県総務部人事課：滋賀県人材育成基本方針改定の方向性について；令和6年7月

# 屋内無線LANの整備と
# データ通信の高速化の検討

渡部　大輔[1]

[1]関東技術事務所　品質調査課　（〒270-2218 千葉県松戸市五香西6-12-1）

本検討では，江戸川河川事務所及び各出張所・管理支所の執務室や会議室等に屋内無線LANの環境を構築し，職員のパソコンを自由に移動させて利用できるような利便性向上の取組を行った．また，屋内無線LANのデータ通信を中継する役割のIP伝送装置を新型に更新，高速通信に対応した規格のLANケーブル・光ファイバーコードを用いることにより，1フロア当たりの理論値10Gbps対応のデータ通信システムを構築した．その成果として，データ通信経路で一部，通信速度が低下してしまう部分を解消し，無線LAN通信の最大実測値が既設有線LANの約56Mbpsと比べて約6.8倍の約378Mbpsに向上した．

キーワード　無線LAN，ICT，働き方改革，IP伝送装置，光ファイバー通信

## 1.　はじめに

日本政府の働き方改革実現会議において，2017年3月28日に働き方改革実行計画[1)]の政府計画が決定・公表されており，その中で、ICTの利活用による労働生産性向上対策が社会的問題解決策の1つとして注目されている．

また，総務省の情報通信白書[2)]においても，職場環境のICT化の具体例として無線LAN環境整備が業務効率化手法の1つとして示されている．

さらに，総務省の調査研究[3)]において，海外の主要先進国と日本のICTの利用状況を比較した結果は、図-1のとおりである．2019年と2020年のデータによると，日本のICT導入・利用状況は，米国やドイツを上回っていることが示されている．これは，コロナ禍の影響が大きいと想定されるものの，日本国内のICTの利活用が水面下において進んでいることが分かる．

このような社会変革の流れを受けて，令和6年度に江戸川河川事務所では，屋内無線LANを江戸川河川事務所及び7出張所・1管理支所に整備した．本整備により，業務のペーパレス化の推進やパソコンを持ち運んで，各執務室だけでなく会議室でも利用可能となるため，職員の業務の利便性の向上に効果があると考えている．

無線LAN化に併せて，屋内の基幹IP伝送装置（以下，「L3スイッチ」という．）とIP伝送装置（以下，「L2スイッチ」という．）を新型へ更新することや理論値10Gbps対応のLANケーブルと光ファイバーを用いて，1フロア当たりの理論値10Gbps対応の通信システムの構築を実施することにより，所内のデータ通信経路で一部，通信速度が低下してしまう部分（以下，「データ通信のボトルネック」という．）を解消し，職員パソコンと無線LANの通信速度を向上させた．

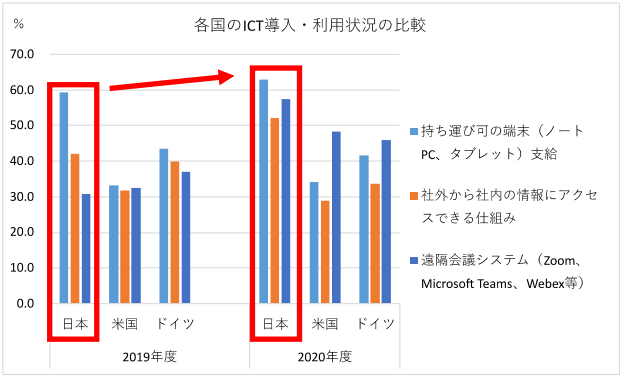



図-1 各国のICT導入・利用状況の比較

## 2.　既往の事例と本検討の位置付け

国土交通省関東地方整備局管内の各部署において，屋内無線LANの構築の先行事例は複数あるものの，アクセスポイント（以下，「AP」という．）を会議室や災害対策室等の局所的な場所のみに設置している場合や執務室等を含めた事務所全体に整備している場合であっても，図-2のように，APとL3スイッチまでの間の通信経路の

高速化の対策を行っていないため，理論値100Mbpsもしくは理論値1Gbpsの通信速度対応となっており，WiFi6対応のAP本来の通信性能が，十分に発揮されていない事例が散見される．

これらの事例に対して，江戸川河川事務所では，所内の執務室及び会議室等の全体的なエリアにAPを整備した上で，図-3のように，通信データを中継する機能を持ったL2スイッチでマルチギガポート（10Gbps対応LANケーブル接続口）とSFP+対応ポート（10Gbps対応光ケーブルコード接続口）の両方を搭載したモデルを選定することにより，執務室等のAPからL2スイッチまでの比較的短距離な区間(100m未満)では， 理論値10Gbps対応のLANケーブル，L2スイッチからL3スイッチの比較的長距離な区間(100m以上)は、光ファイバーコードにより，通信を行うことにより，通信ボトルネックを作らない理論値10Gbpsの高速通信を行うことができるため，既往の無線LAN整備と比較して，所内無線LANの実測通信速度が，著しく向上すると考えている．

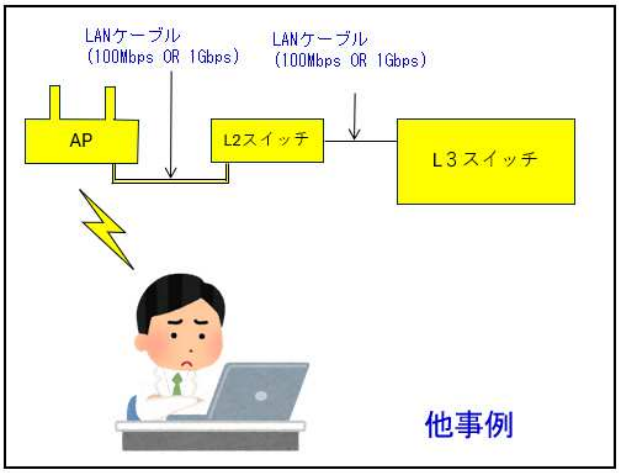



図-2　他事例の無線LANの構築概要図

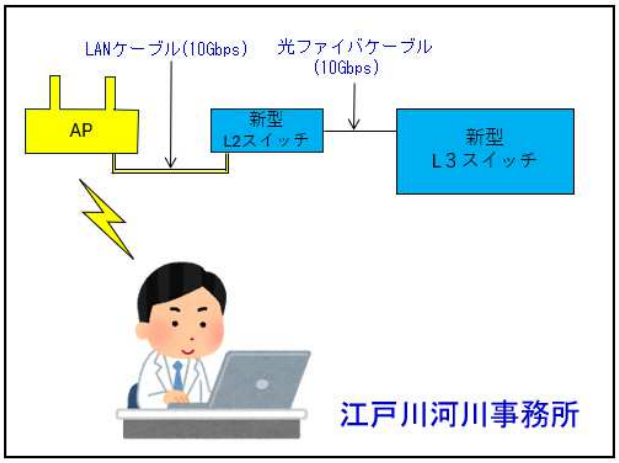



図-3　江戸川河川事務所の無線LANの構築概要図

## 3.　無線LAN機器の紹介

江戸川河川事務所に整備した主な無線LAN機器については，下記の図-4のとおりである．APは，無線LANのアンテナで，各部屋の天井に設置している．新型L2スイッチは，それぞれのAPからのLANケーブルを接続して，データを集約して中継する装置である．新型L3スイッチは，新型L2スイッチの親機として、複数の新型L2スイッチからの光ファイバケーブルを接続して，データの集約と中継を行う装置である．無線LANコントローラは，APの設定や制御等を行う装置で、例えると，無線LANの頭脳のような役割の機器である．

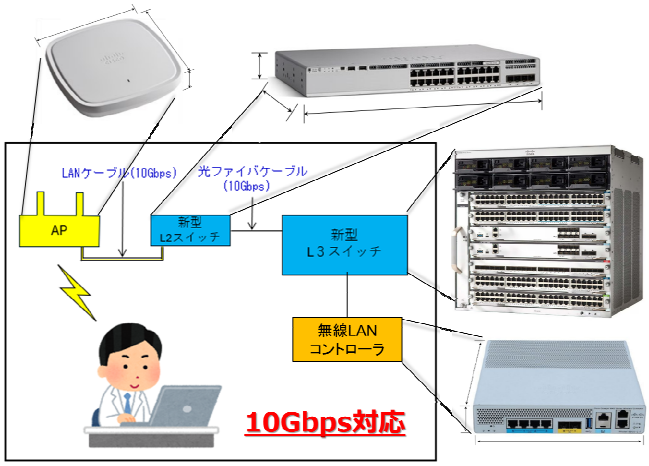



図-4　江戸川河川事務所に整備の無線LAN機器

## 4.　既設有線LANと無線LANの実測通信速度調査

### (1) 江戸川河川事務所の既設有線LANの概要

江戸川河川事務所の既設有線LANシステムについて，図-5で示す．今回は，図-5のL2スイッチが，1課あたりの理論値100Mbps対応の老朽化した機器であるため，通信のボトルネックになっていると考えた．そのため，この部分を実測調査を実施した．

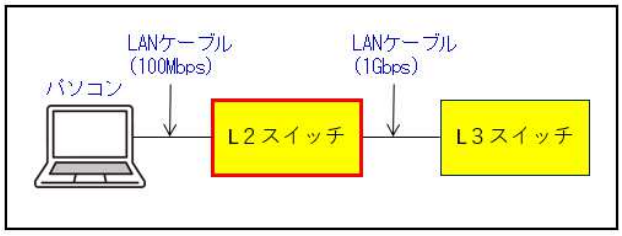



図-5　江戸川河川事務所の既設有線LAN概要図

L2スイッチの使用状況は，ネットワーク監視装置[4]により常時監視されており，その通信速度は，グラフ表示機能で収集可能なため，今回の測定に利用した．

### (2) 既設有線LANの実測通信速度調査

実測結果を，図-6で示す．図-5は，CCTVカメラの10分動画データ(約462MByte)を事務所の共有フォルダから1台の行政PCにダウンロードする時のL2スイッチの実測通信速度を示す．最大で，56Mbpsの実測通信速度が出ている．基本的な通信ネットワークの特性として，大きなサイズのデータをまとめてダウンロードする時には，実測通信速度が上がる傾向がある．今回の調査により，L2スイッチは，実測通信速度56Mbpsと1課あたりの理論値100Mbpsの約0.56倍程度になっていることが分かる．

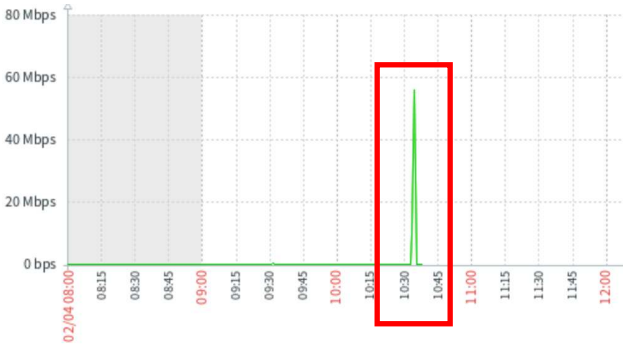



図-6　CCTVカメラの動画をダウンロード時の通信速度

### (3) 江戸川河川事務所の新設無線LANの概要

江戸川河川事務所の新設無線LANシステムについて，図-7で示す．図-7の赤枠で示した新型L2スイッチについて，3.(2)と同じネットワーク監視装置によって，事務所の共有フォルダから1台の行政PCに動画データをダウンロードして，そのデータ通信速度について，実測調査を実施する．

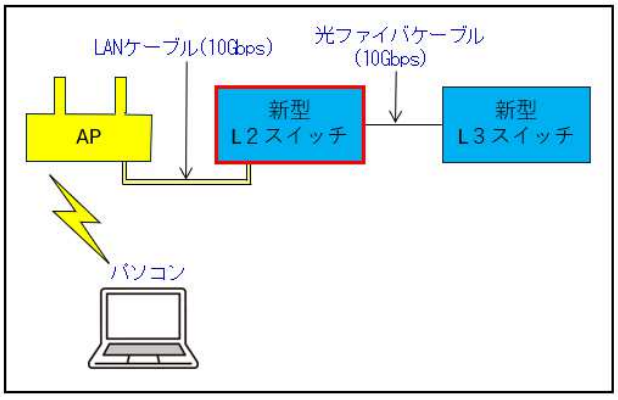



図-7　江戸川河川事務所の新設無線LAN概要図

### (4) 新設無線LANの実測通信速度調査

実測結果を，図-8に示す．図-8は、3.(2)と同じように，CCTVカメラの10分動画データ(約462MByte)をダウンロード時のL2スイッチの実測通信速度を小赤枠、CCTVカメラの10分動画データ(約462MByte)と同時にCCTVカメラの30分動画データ(約1.26GByte)をダウンロード時のL2スイッチの実測通信速度を大青枠で示す．CCTVカメラの10分動画データのみをダウンロードする場合は，約200Mbps程度に留まるものの，10分間動画データと30分動画データを同時にダウンロードした際には，図-8で，最大で約378Mbpsの実測通信速度が出ている．

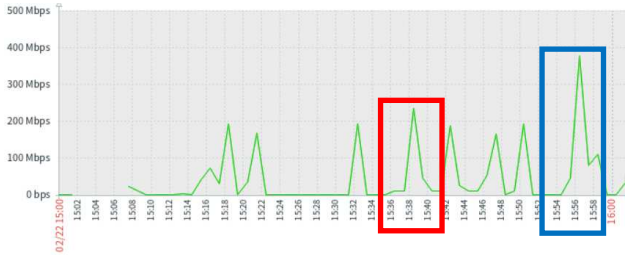



図-8　CCTVカメラの動画をダウンロード時の通信速度

### (5) 更新前後の実測通信速度の比較結果

3.(1)から3.(4)のように機器更新の前・後において，ネットワーク監視装置による実測調査を行ったので，その比較を行う．

その結果，更新後のL2スイッチの実測通信速度は，約378Mbps程度であり，既設有線LANの実測通信速度と比較をすると，約6.8倍程度となり，今回の整備により，従来型の有線LANのデータ通信速度を大幅に超えることができたと考える．

また，通信速度が，約378Mbps程度の理由については，1フロアのすべてのパソコンの通信で合計10Gbpsの通信容量をまかなう設計のため，1フロアで25台程度の行政PCと通信をすることを考えて，１台当たりに割り当てる通信速度を無線LANコントローラの初期設定で絞っているためである．

さらに，今後の通信速度の向上については，今後の運用状況に合わせて，無線LANコントローラの持つチャネルボンディング[5]という機能の設定により，行政PC1台あたりの速度アップさせることは技術上可能と考えている．

## 5.　無線LANの情報セキュリティの概要

無線LANの情報セキュリティ対策において，図-9のように，関東地方整備局の本局に整備のRADIUSサーバの

認証方式により高いセキュリティレベルを実現している．これは，クライアント証明書をインストールしたパソコン端末のみ、APと通信接続が可能となる方式である．RADIUSサーバがパソコン端末のクライアント証明書を認証した後，その認証されたパソコン端末もRADIUSサーバのサーバ証明書を確認した上で，相互に認証して通信接続する仕組みにより，単なるサーバ認証よりもセキュリティレベルを高めることができる．

また，パソコン端末もRADIUSサーバの相互認証後は，本局のDHCPサーバがパソコンに対してIPアドレスの払い出しを実施することにより，パソコン端末で，イントラネットやインターネットが利用可能となる．

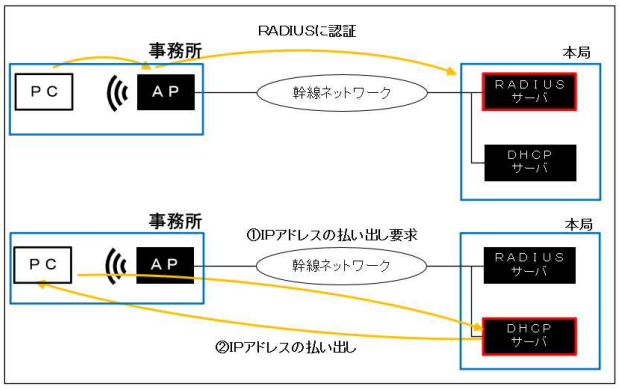



図-9　サーバ認証とIPアドレス付与の仕組み

## 6.　無線LANにより想定される利便性の向上

無線LAN接続時のCCTVカメラの動画や3D点群データ等の大容量のデータをダウンロードする際や，データファイルを一時保存の共有ドライブで受け渡しする際の待ち時間が短縮に速度向上の効果が発揮されると考える．

また，執務室での利用以外にも，会議室や災害対策室等の部屋や併任先の出張所においても，職員のノートパソコンを持ち込んで使用することができるため，業務を効率的に実施できることや，ペーパレス化、事務所内のパソコン台数の削減の効果もあると考える．

なお，関東本局との無線LAN設備との互換性もあるので，事務所や出張所のパソコンを関東本局に持って行って、設定変更の必要もなく、シームレスに使用することができる．逆に関東本局から、業務打ち合わせや災害時の応援で職員が来所した場合にも、関東本局のパソコンをそのまま使用することができるため，利便性が高いと考える．

さらに，年度末の人事異動により，課をまたいで複数のノートパソコンを移動させる場合のIPアドレス変更等の電算作業の手間がなくなることもメリットと考えている．

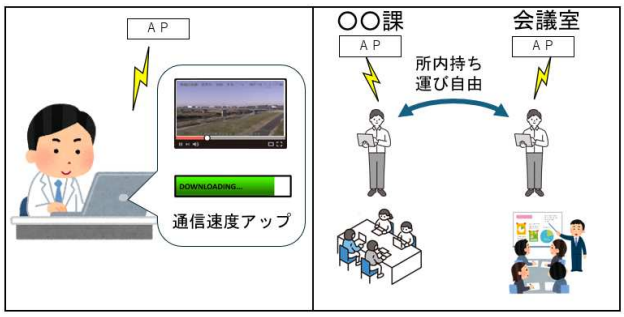



図-10　利便性向上のイメージ図

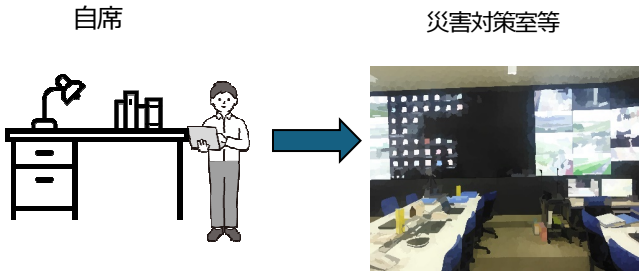



図-11　災害対策室等で自席PCが使用可能

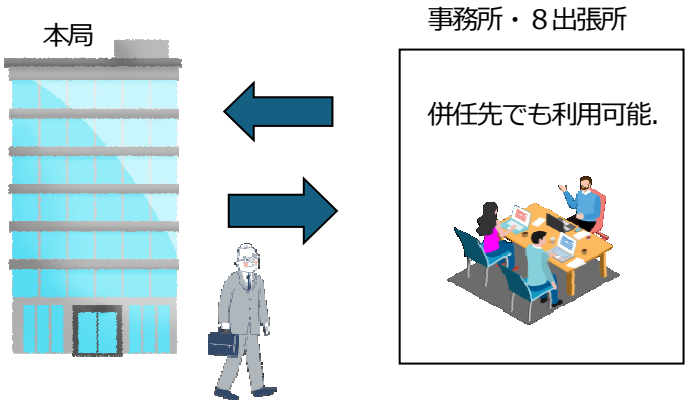



図-12　本局や出張所等の各拠点で使用可能

## 7.　通信速度の高速化手法の整理

今回の無線LANの通信の高速化検討において，効果が発揮された対策をまとめると，図-13に記載の3項目のとおりである．通信の高速化を行うためには，高スペックな機器を使用すること，光ファイバケーブルやLANケーブル（10G対応）のような配線で機器を接続すること，通信システムの構成において，速度の遅い旧機種が通信経路にある場合は，適切な機器に更新することにより，通信速度が向上した．




図-13　無線LAN高速化に必要な事項

## 8.　おわりに

本検討では，江戸川河川事務所内や各出張所・管理支所の執務室や会議室等に屋内無線LANの環境を構築し，職員のパソコンを持ち運んで，各執務室だけでなく会議室でも利用可能としたことや，屋内の無線LANのIP伝送装置を新型に更新することにより，所内のデータ通信のボトルネックを解消することが出来たので，職員パソコンと無線LANの実測通信速度を既設有線LANの約56Mbpsと比べて，約6.8倍となる約378Mbpsに向上させることに成功した．

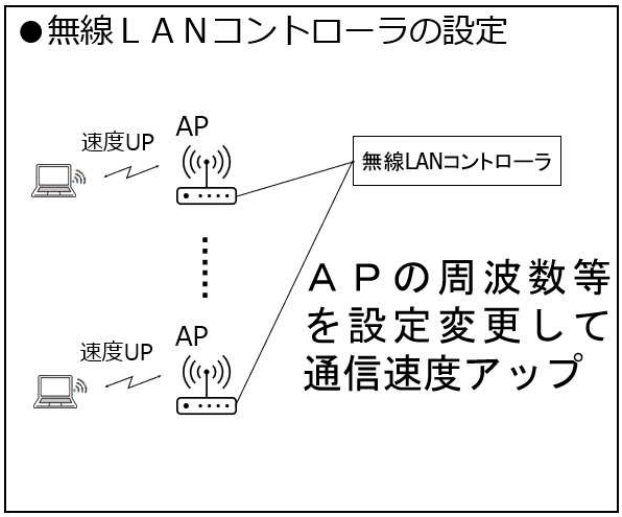



図-14　無線LANコントローラの設定変更イメージ

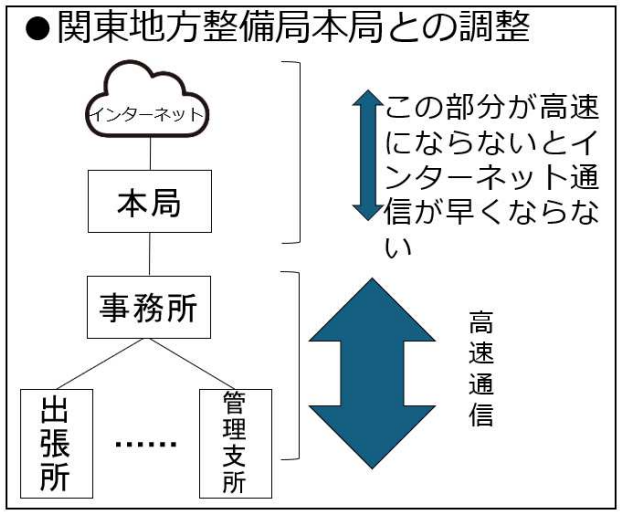



図-15　上位側と調整が必要な通信区間の概要

今後の課題は，無線LANを職員に利用してもらう中で，所内に通信のつながりにくいエリアがある等のフィードバックの意見を収集し，それに対応していくことにより，所内の通信環境を向上させることができると考える．

また，今後，検討していきたい通信の高速化に資する技術としては，図-14のように，チャネルボンディングがある．これは，無線LANコントローラの設定変更によ

り，APの複数の周波数チャネルを1つに束ねて通信することにより通信を高速化できる技術である．この技術を用いることにより，通信速度を現状の2倍から4倍程度まで，アップさせることができる．

さらに，図-15に示すように，今回の取組により，江戸川河川事務所側の通信の高速化が進んだものの，上位側の関東地方整備局の本局等が江戸川河川事務所に割り当てている上位の通信ネットワークの通信回線速度が，絞られている場合には，通信速度がその部分で低下することが考えられる．今後の通信速度検討を進めるためには，関東地方整備局の通信ネットワーク全体の最適化の視点が必要であり，それには，関東地方整備局の本局情報通信技術課との調整を十分に行うことが必要不可欠と考えている．今後もこの取組を継続することにより，職員のより利用しやすいICT環境の構築が進んでいくと考えている．

**参考文献**


1)働き方改革実現会議：働き方改革実行計画(2017 年 3 月 28 日).

2)総務省： 情報通信白書　平成 29 年版(2017 年 7 月)

3)総務省： デジタル・トランスフォーメーションによる経済へのインパクトに関する調査研究(2021 年 3 月).

4)ZABBIX 社: ZABBIX. https://www.zabbix.com/jp

5)(一社)) NICJP: ニュースレターNo.61(2015年11月).
https://www.nic.ad.jp/ja/newsletter/No61/0800.html

# SLAM技術を活用した効率的な河川管理について

長屋　明里[1]・田邊　顕彦[1]・前田　直樹[1]

[1]中国地方整備局　岡山河川事務所　管理課　（〒700-0914 岡山市鹿田町２丁目４番３６号）

本報告は，公共測量で活用される移動体測量であるLidarSLAMを河川管理に応用するため，取得される点群の精度を検証し，さらに高密度点群から成るデータから変状発生個所を検知する技術を考察した結果をまとめたものである．外界センサとしてLidarだけを使用した場合は，誤差が累積するため，GNSSを融合させることで迅速・簡便かつ高精度の測量が実現する．またSLAMにおける地図作成に一般に用いられるICPを使って，点群で再現された堤防天端の変状箇所を抽出するアルゴリズムの作成が可能であることを示すことができた．

キーワード　LidarSLAM，3次元データ，レーザ測量，河川管理の効率化・高度化

## 1. はじめに

河川管理のための３次元データの必要性および各種手法の特性をとりまとた「河川管理用三次元データマニュアル(案)　国土交通省水管理・国土保全局　令和２年２月」（以下，河川管理マニュアル）[1]が公開されており，河川の定期縦横断測量の業務などにおいて，ICT機器を使ったレーザ点群測量の標準的な作業方法や点群を活用する上で考慮すべき事項が示されている．この河川管理マニュアルにおいては，これまでの「点」ごとの測量結果を繋ぎ合わせて表現していた地形を，連続的な「面」として表現することで，詳細な点検・調査が可能になる等の利点が示されている．その他，ICT機器を使った３次元データの利活用により，次のような河川管理の効率化・高度化が実現できることが期待されている．

① 広域にわたる河川管理延長に対する測量作業における労力と費用を削減できる．
② 異なる２時期に取得された３次元データから，地形や構造物の面的な変化を把握することができる．
③ 人が立ち入ることの出来ない箇所や危険な場所の計測が遠隔からできるので，作業の安全を確保し，環境負荷を低減できる．

**図-1**は，3次元データを取得する手法の特徴を示したものである．また表-1は代表的な3次元点群を取得するレーザ測量手法の河川管理への応用例である．河川管理マニュアルに記されている河川管理への適用例である[2]．中でも移動体を使って行うレーザ測量は，広範囲の3次元点群を効率よく取得することができるので，すでに実用化されている．しかしながら，どの手法でも機器の操縦には専門的な技量が必要なために迅速かつ簡便な実施をすることが難しく，測量に要するコストも高いので，

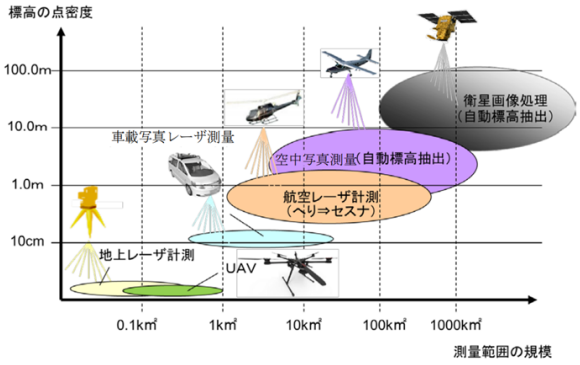



**図-1**　3次元の面的な計測手法の特徴
：国土交通省 CIM 導入推進委員会「CIM 導入ガイドライン第１編 共通編」より抜粋.

**表-1**　3次元レーザ測量技術の適用事例：国土交通省 水管理・国土保全局 「河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)」に掲載されているものを改作.

| レーザ測量技術 | 点密度の目安 | 測量精度（標高） | 適用可能な河川部位 |
|---|---|---|---|
| ALB | 陸部：16点/m² | 縦断：約3cm<br>横断：約9~15cm | 河道全体（陸部） |
| | 水部：1~4点/m² | 水部：約20cm | 河道全体（水部） |
| MMS | 400~1,800点/m²程度 | 天端：約5cm<br>法面：約25cm<br>（除草状況による） | 堤防，橋梁，河川横断構造物等 |
| 地上レーザ | 10,000点/m²程度<br>設置場所の変更により密度調整可能 | 測定範囲：800m程度<br>精度：約1cm<br>（機器により異なる） | 河道全体（狭小範囲） |
| UAV搭載レーザ | 100点/m²以上 | 誤差：1cm以上 | 河道全体（狭小範囲） |

頻繁に活用されるには至っていない．例えば UAV は人口密集区域が付近に在れば，河川敷の飛行であっても使用が制限される，また MMS は堤防の天端など車両を走行できる箇所への適用に限定されるので，多くの河川への適用が検討されていない状態であるなど，普及するまでには至っていない．岡山河川事務所ではこのような背景を鑑み，広域を効率よく測量できる移動体測量の利点を有しながらも，簡便・迅速な手法である SLAM（Simultaneous Localization and Mapping）技術を使ったレーザ測量（以下，LidarSLAM）に着目した．LidarSLAM は，堤防や高水敷によらず移動しながら図-1 に示す地上レーザを徒歩により連続的に実施するものであり，従来の地上レーザ測量が広範囲をカバーできない欠点を補うものである．図-2 は，LidarSLAM の例と，当機器を用いて樋門周辺を徒歩で移動しながら取得した 3 次元データの例である．約 800～11000 点/m$^2$ という高密度の点群が取得できることにより，構造物の細部の形状まで再現できるので，点群の死角が発生する航空機や UAV を使った手法よりも，測量できる対象も拡大させることが出来る特徴をもつ．この LidarSLAM については「LidarSLAM 技術を用いた公共測量マニュアル（令和 5 年国土交通省国土地理院）」（以下，LidarSLAM マニュアル）[3]においては，河川管理への適用についての報告事例は示されていない．そのため，機器の仕様と精度の関係の検討は充分ではなく，SLAM 技術だけで広範囲の対象を，どこまで高精度で測量できるのかは実証されていない．本論文は，外界センサとしての Lidar を使った SLAM の測量精度，あるいは同じく外界センサである GNSS（衛星測位システム）と融合された場合の測量精度を検証し，さらに取得された 3 次元データから変状を検出する手法の考察結果をまとめたものである．この試行結果の成果に基づいて，日常的に活用できる LidarSLAM を含めた各種移動体測量を適用する使い分けが明確になることで，3 次元データを使った河川管理の高度化が実現できると考える．

## 2. LidarSLAM の精度検証結果

ここでは，GNSS を搭載していない LidarSLAM（以下，LidarSLAM-１）と搭載している LidarSLAM（以下，LidarSLAM-2）[4]を使って河川堤防を測量した結果を述べる．それぞれの機器の概観と主な仕様を図-3 に示す．いずれも自転車にて堤防天端を移動しながらレーザ点群を取得する．SLAM は移動しながら取得した外界センサの情報を使って，周辺環境の地図の作成と自己位置の推定を同時に行う．その際，外界センサの情報に含まれる誤差が移動するごとに累積されていく．誤差の大きさはセンサの性能により異なるが，本試行では数値地形図作成における地図情報レベル 500 を満たすことが確認され




| | |
|---|---|
| レーザ波長 | 903nm（近赤外線） |
| レーザ照射距離 | 80~100m |
| レーザスキャンレート | 300,000Hz/s |
| レーザ照射範囲 | 360度 |
| バッテリー時間 | 2時間 |
| 自己測位手法 | SLAM |
| 重量 | 約7.0kg |

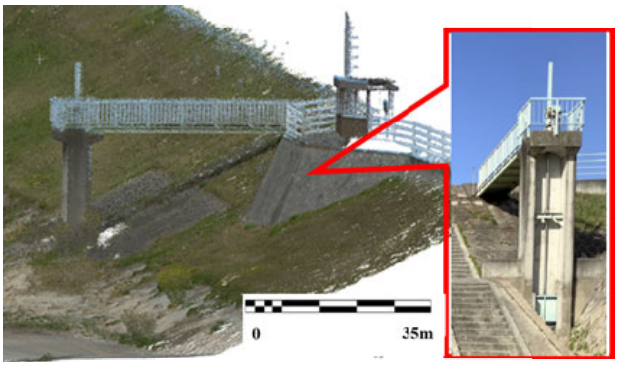



図-2　LidarSLAMの概要（：歩行して測量している状況とシステムの仕様）および樋門の測量結果



| | |
|---|---|
| レーザ照射距離 | 最大365m |
| スキャンレート | 550,000Hz/s |
| FOV | 360度 |
| 寸法 | 380 x 421 x 1015 mm |
| 重量 | 7.1kg |



| | |
|---|---|
| レーザ照射距離 | 最大100m |
| スキャンレート | 300,000Hz/s |
| FOV | 360度 |
| 寸法 | 318 x315 x 1136 mm |
| 重量 | 9.0kg |

図-3　本試行にて使用した LidarSLAM の概観と仕様
上図：GNSS の搭載なし　下図：GNSS の搭載あり

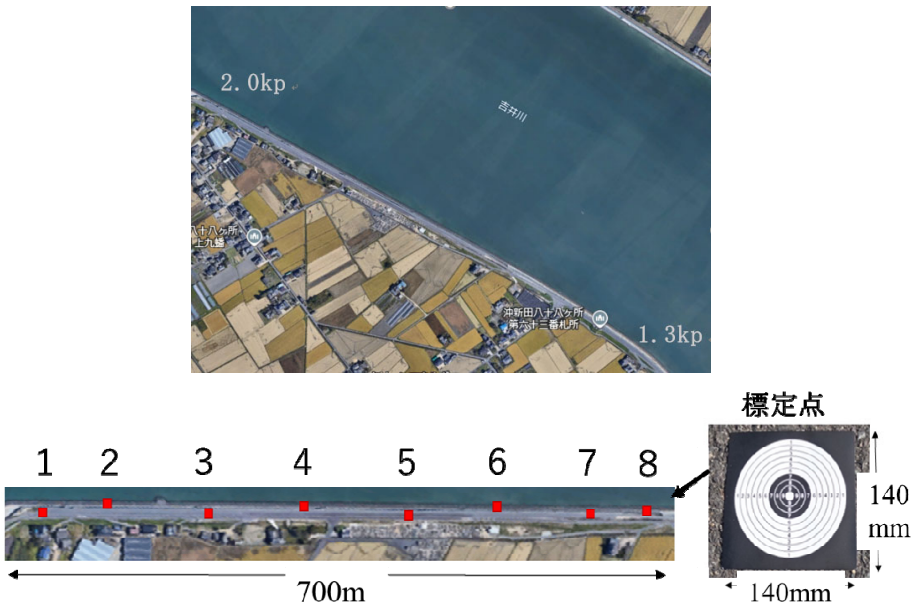



**図-4**　測量精度検証実験の場所および設置した標定点：場所は吉井川右岸 1.3kp から 2.0kp の堤防天端

た仕様の機器にて検討する．これは，点群密度 400 点/㎡以上で水平位置 0.15m，標高 0.2m の精度が要求される仕様であり，**図-1** で示される MMS においても数値地図作成の地図情報レベルは 500 が汎用的な仕様である．**図-3** に示す LidarSLAM は，約 5m のレーザ照射距離の対象物に対して，数 10m の移動で取得した点群の測量精度が地図情報レベル 500 を満たすことは確認されている．

測量精度の検証は，岡山市内における 1 級河川吉井川の河口付近 2.0kp と 1.3kp の箇所の天端にて実施した．具体的には，**図-4** に示すように測量精度検証用の標定点を 100m 間隔で設置し，この標定点の中心の座標値を国土地理院認定 3 級に相当する±（5mm＋5ppm×D：D は測定距離（mm））の精度のトータルステーション（以下，TS）で測り，LidarSLAM を使って測量した座標値と比較した．なお比較した結果は，次式で表す平均較差と平均二乗誤差（Root Mean Square Error）にて評価する．

$$DIS = OBS - TV \tag{1}$$

$$\text{平均較差} = \frac{\sum DIS}{n} \tag{2}$$

$$RMS = \sqrt{\left(\sum DIS^2\right)/n} \tag{3}$$

$DIS$：較差，$OBS$：LidarSLAM による観測値，$TV$：TS による測量値，$\overline{DIS}$：較差の平均値，$n$：標定点数．

### (1)　精度検証実験結果

**表-2** は LidarSLAM-1 を用いて，**図-4** に示す標定点 1 から 8 まで，自転車にて移動しながら標定点を測量した結果である．ただし連続して移動する区間を 700m，600m および 500m と変えながら，標定点 1 の箇所に戻って来るループとなる周回経路を移動する．そして最終的に同じ場所に戻るように地図形状を調整するループ閉じ込みと称される処理を行った．なお X,Y は天端上の水平方向，Z は標高値を示す．

**表-2**　LidarSLAM の精度検証結果（単位：mm）

連続移動距離 700m での較差

| 標定点 | 1 | 3 | 5 | 8 |
|---|---|---|---|---|
| X | 84.80 | 42.10 | 135.90 | 79.30 |
| Y | 63.90 | 64.90 | 14.00 | 81.50 |
| Z | 201.20 | 107.80 | 293.40 | 400.10 |

連続移動距離 600m での較差

| 標定点 | 1 | 3 | 5 | 7 |
|---|---|---|---|---|
| X | 71.10 | 22.00 | 93.90 | 97.90 |
| Y | 87.90 | 60.70 | 1.70 | 36.40 |
| Z | 103.40 | 86.80 | 149.10 | 160.90 |

連続移動距離 500m での較差

| 標定点 | 1 | 3 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|
| X | 20.60 | 26.50 | 54.80 | 62.60 |
| Y | 89.80 | 61.20 | 10.90 | 59.70 |
| Z | 90.10 | 49.80 | 60.00 | 82.90 |

各連続移動距離に対する RMS

| 移動距離 | 700m | 600m | 500m |
|---|---|---|---|
| X | 79.6 | 64.5 | 39.2 |
| Y | 71.7 | 60.7 | 58.4 |
| Z | 213.1 | 98.9 | 57.5 |

**表-2** に示される結果より，両端の標定点の較差が大きくなる，また区間が長くなるほど各標定点の較差が大きくなる傾向が見られた．このように Lidar だけを外界センサとして使用した場合，誤差が累積されるために，単に移動しただけでは，堤防の形状の測量に要求される精度を満たさない．そこで移動区間を 200m とし，各区

表-3　移動距離 200m での LidarSLAM の精度（単位：mm）

| 標定点 | 2 | 4 | RMS | 5 | 7 | RMS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| X | 0.70 | 0.10 | 2.10 | 64.60 | 7.23 | 6.40 |
| Y | 33.80 | 93.40 | 6.20 | 21.20 | 16.86 | 9.80 |
| Z | 31.80 | 51.10 | 3.60 | 44.60 | 39.30 | 5.10 |

間ごとにループ閉じ込みを実施した場合の標定点での較差が**表-3** である．表-3 より，各標定点の較差および RMS は大きく改善されることが分かる．このように移動区間の距離を少なくすることで精度を向上させることができるが，ループ閉じ込みの距離が短いので，広範囲の対象を測量する場合の作業効率の向上を図ることはできない．

次に LidarSLAM-2 を用いた測量精度を**表-4** に示す．なお標定点 1 から 8 までの 700m の区間を連続して移動した．表-4 より，外界センサとして GNSS のデータを融合させることにより，各標定点での効果および RMS ともに河川管理マニュアルでの要求精度 50mm 以内の値を得ることができる．これらの結果より，公共測量での使用を示す LidarSLAM マニュアルでは，GNSS 測位データを融合させた場合は考慮していないが，河川管理における構造物の変状把握に要求される 300mm などを満たすための，より良い効率の手法とするには，Lidar 以外の外界センサとの融合が必要になると考える．

表-4　移動距離 700m での LidarSLAM の精度（単位：mm）

| 標定点 | 1 | 3 | 5 | 7 | 8 | RMS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| X | 15.0 | 11.0 | 14.0 | 10.0 | 18.9 | 14.1 |
| Y | 18.0 | 12.0 | 28.0 | 4.0 | 18.0 | 17.9 |
| Z | 14.0 | 0.0 | 8.0 | 21.0 | 11.0 | 12.8 |

## 3.　変状検出技術の考察

本試行での LidarSLAM で取得される点群は数万点/m$^2$ にも及び，点群全体はビッグデータとなるため，再現された対象における変状発生個所を検知する作業の労力も多大なものになる．本作業を自動的に行うことができるアルゴリズムを本章にて考察する．具体的には，**図-5** に示す ICP（Iterative Closest Point）[5]を用いて，異なる時期に取得した点群より，変状が発生した個所を検知する手法の有用性を検証する．ICP は，Lidar で得られた点群を使って移動体の Global 座標系上での姿勢を推定する際，一般的に用いられている手法である．この手法は移動体を原点とした Local 座標系で取得された点群を Global 座標系に変換する際に使用されるもので，Global 座標系での現在の点群の推定値と過去の時刻の点群との距離が最小となる操作を反復することで移動体の姿勢を更新し，地図を作成し自己の位置を求める手法である．ここでは

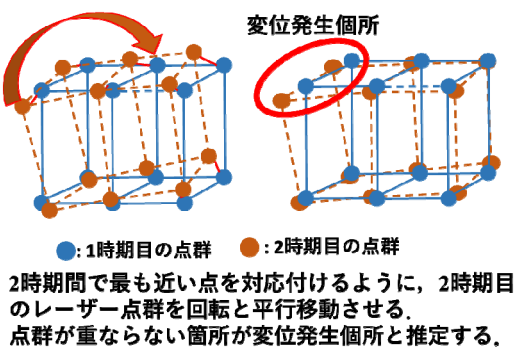



図-5　ICP 解析の概要



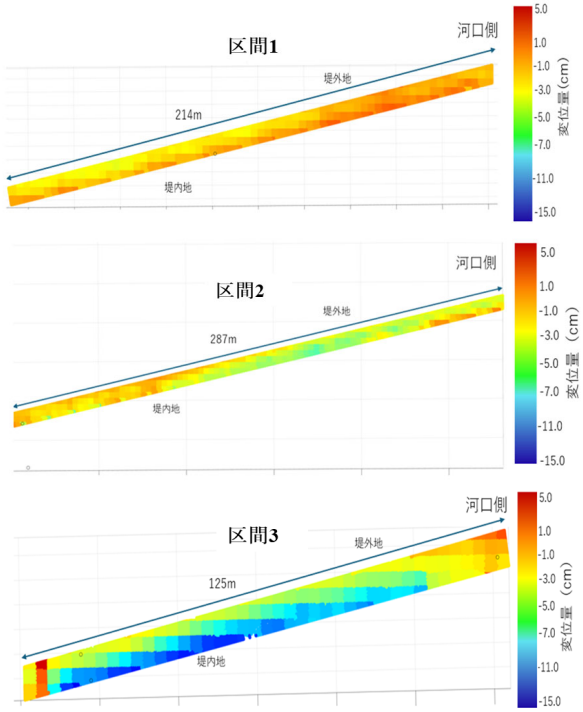




図-6　2 時期の測量値から堤防天端の標高値の変化を可視化した結果：吉井川右岸を 3 つの区間に分けて表示

1 時期目として MMS で取得された点群を用い，2 時期目として LidarSLAM による点群を重ね合わせる処理を ICP にて実施し，その点群の差分量から変状発生個所を推定することの有用性を検証する．具体的には，地図情報レベル 500 仕様の MMS で取得された 400 点/m$^2$ の点群と ICP を使って重ね合わせを実施した結果を**図-6** に示す．ICP を実施するに当たっては堤防全体を 1m メッシュで表現し，さらに**図-6** に示すように堤防天端を 3 区間に分割して MMS と LidarSLAM-2 によって取得された点群を重ね合わせたものである．対象箇所において，別途実施

された水準測量の結果から，区間 1 および区間 2 の範囲は沈下が発生しておらず，区間 3 において約 200mm 天端の沈下が確認されている．図-6 の結果は，これらの結果と整合するものであり，SLAM における地図作成時の点群マッチングの自動処理用アルゴリズムで使用される ICP を変状検出にも適用できる可能性を示すものである．

## 4. 結　言

ここに示す試みは，迅速・簡便に実施される移動体測量として公共測量で活用されている LidarSLAM によって取得される 3 次元データの河川管理への応用を考察したものであり，その成果は次の通りである．

1) 堤防天端の標高値の測量において，LidarSLAM によって取得されるレーザ点群の精度を明らかにした．具体的には，外界センサとして Lidar のみを使用した SLAM による移動体測量は，地図情報レベル 500 を満たす仕様であっても，100m 程度の移動ごとにループ閉じ込み処理をしなければ河川管理マニュアルで堤防の沈下等の測量に要求される 50mm の測量精度を満たさない．
2) 外界センサとして GNSS を融合させた LidarSLAM は移動距離に応じた誤差の累積は発生せず，河川堤防の天端を連続して移動しながら，地上レーザ測量と同等の高精度での沈下を測量することができる．
3) SLAM において移動体の姿勢を求めて地図作成で活用される汎用的なマッチング手法である ICP を使って，異なる 2 時期の点群から変状発生個所を定量的に検知できる可能性が示された．

本試行では，GNSS の Fix 解を得ることが容易である状況である河川堤防の天端を移動する場合での LidarSLAM の精度を検討した．今後は，GNSS 信号の受信状況を示す DOP 値の良くない環境での外界センサの組み合わせの有用性などを検証し，移動体測量の河川管理への適用性をさらに考察していく予定である．

**参考文献**


1) 国土交通省　水管理・国土保全局　河川環境課 河川保全企画室：河川管理用三次元データ活用マニュアル（案），pp.14-20，2020
2) BIM/CIM 活用ガイドライン（案）第 5 編　道路編，令和 3 年 3 月，国土交通省, p.140, 2021.
3) LidarSLAM 技術を用いた公共測量マニュアル, 令和 5 年, 国土交通省国土地理院, p,12, 2023.
4) 田崎勇一：LiDAR を用いた SLAM 技術の現状と展望，システム/制御/情報, Vol.64, No.2, pp.51-56, 2020. 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編，pp. 110-119，1996.
5) Shepard, F. P. and Inman, D. L.: Nearshore water circulation related to bottom topography and wave refraction, Trans. AGU., Vol. 31, No. 2, 1950.

# CSGダムにおける規格外フライアッシュの活用について

岡崎　正秀[1]・○小田島　嵩[2]

[1]成瀬ダム工事事務所　工事課　工事課長　（〒019-0801 秋田県雄勝郡東成瀬村田子内字宮田97-1）

[2]成瀬ダム工事事務所　工事課　工事第一係員　（〒019-0801 秋田県雄勝郡東成瀬村田子内字宮田97-1）

火力発電所から発生するフライアッシュは、再生資源として有効活用が進まず、一部はセメントやコンクリートの原料などに再利用されるものの、その多くは「規格外」として産廃処理されている状況である。その状況を踏まえ、国土交通省、東京大学、ダム技術センター、鹿島建設は、東北電力協力のもと、ＪＩＳ規格外のフライアッシュを用いたＣＳＧを共同開発した。成瀬ダム堤体打設工事で実施した産業廃棄物の再利用、コスト縮減に向けて、国内初のＪＩＳ規格外フライアッシュを活用したＣＳＧダムの取組について報告するものである。

キーワード　産業廃棄物の縮減

## 1.　はじめに

火力発電所から発生する石炭灰（フライアッシュ）は、再生資源として有効活用が進まず、一部はセメントやコンクリートの原料などに再利用されるものの、その多くは「規格外」として廃棄処理されている。

この状況を踏まえ、秋田県ではコンクリート製品に対し、国土交通省では「環境物品等の調達の推進を図るための方針　国土交通省」として、それぞれフライアッシュの有効活用を推進している。

このような背景から、成瀬ダムでは国内初の取り組みとして台形ＣＳＧダムにおいてＪＩＳ規格外フライアッシュを有効活用できないか検討をした。今回使用するフライアッシュは、通常コンクリート等に使用しているＪＩＳ規格Ⅱ種品ではなく、産廃処理されているＪＩＳ規格外品を対象とし、ＣＳＧに利用することで、産業廃棄物の再利用・コスト縮減を目的とするものである。

本稿では、ＪＩＳ規格外フライアッシュとＣＳＧの配合検討およびダム堤体に適用した実績について報告するものである。

## 2.　成瀬ダムの概要

成瀬ダムは雄物川水系成瀬川（秋田県）に洪水調整、流水の正常な機能の維持、かんがい、水道、発電の活用を目的とした多目的ダムである。

ダムの詳細としては、ダム高さ１１４.５ｍ、堤頂長７５５ｍ、堤体積４,８５０千㎥、湛水面積２.２６㎢、総貯水容量７,８５０万㎥となる台形ＣＳＧダムで、国内最大級である。

平成３０年９月にダム本体工事に着工し、令和２年６月からはＣＳＧの打設を開始し、令和６年１１月２０日にＣＳＧ打設を完了した。



図　１　成瀬ダム進捗図（令和７年５月１９日撮影）

## 3.　フライアッシュについて

### (1)　フライアッシュとは

フライアッシュは、石炭を燃焼する際に生じる灰の一種である。石炭を燃焼させると、灰分が燃え残り飛散し、その一部が空気中に放出される。この空気中に放出された灰がフライアッシュである。

(2) 製造方法

石炭火力発電所では、微分砕した石炭を微粉炭燃焼ボイラ内で燃焼させ、そのエネルギーを電気に変えているが、この燃焼により溶融状態になった灰の粒子は、高温の燃焼ガス中を浮遊し、ボイラ出口で温度が低下することにともない、球形微細粒子（フライアッシュ）となり、電気集じん器に捕集される。

フライアッシュは、石炭の種類やボイラ内での燃焼状態等により、JISフライアッシュとJIS規格外フライアッシュが生産される。

(3) 生産量

石炭火力発電所で生産されるフライアッシュの量は、ＪＩＳフライアッシュで年間約４０万ｔ（Ⅰ種～ⅠⅤ種合計）（平成２５年度利用実績）、ＪＩＳ規格外フライアッシュで年間約８２０万ｔ（平成２５年度利用実績）になる。

(4) 供給地域

石炭火力発電所は全国で３２箇所ある。その中でも成瀬ダムでは秋田県内にある能代火力発電所から生産されたフライアッシュを使用した。




図　２　供給地域図

## 4.　ＪＩＳ規格外フライアッシュの効果

はじめに、ＪＩＳ規格外フライアッシュをＣＳＧに配合させるとどのような効果が得られるのか確認するため、試験を行った。

試験については、ＪＩＳ規格外フライアッシュの添加量を変えながら、大型供試体（φ３００×ｈ６００ｍｍ）を基に供試体密度および強度の確認、標準供試体（φ１５０×ｈ３００mm）では経時変化（経過時間ごとの締固め度）の確認を行った。また、成瀬ダムのＣＳＧには、過早凝結（固まるのが早い現象）という問題があり、それを防ぐために超遅延剤を使用している。この超遅延剤の有無により、ＣＳＧの性状にどのような影響を与えるのかの試験も行った。

試験条件として、成瀬ダムのＣＳＧ材は粒度の範囲が定められており、ＣＳＧ強度のほとんどの配合が、最粗粒度で決められている。このことから、試験で使用する材料粒度を最粗粒度に設定した。

試験の結果、ＪＩＳ規格外フライアッシュ量を２００ｋｇ/㎥に配合することで、ＣＳＧの強度が最も高くなることが確認できた。これは、ＪＩＳ規格外フライアッシュを配合することにより、ペースト量（細かい粉状の部分）が増え、ＣＳＧ材の空隙（隙間）が埋まり、供試体が密実になったためである。また、超遅延剤を使用しない場合でも、ＪＩＳ規格外フライアッシュ２００ｋｇ/㎥を配合させれば、過早凝結による経時変化が小さくなることが確認できた。

## 5.　施工を見据えた配合検討について

次にＪＩＳ規格外フライアッシュとＣＳＧの配合検討の効果から実際の施工に見据えた配合検討を行い、基本配合（単位セメント量６０kg/㎥）と同等以上の強度を確保できる配合を検討した。

試験内容としては、基本配合の単位セメント量を減らし、減量分を規格外フライアッシュに変えた配合検討を行うこととした。なお、成瀬ダムにおいて施工仕様が確認できている単位セメント量は６０ｋｇ/㎥～１６０ｋｇ/㎥の範囲になることから、総粉体量の上限値を１６０ｋｇ/㎥とし、基本、内割、内割＋外割の３試験ケースとした。




図　３　模式図（基本、内割、内割＋外割）

強度試験の結果、前回の試験と同様の結果を得ることができた。ＪＩＳ規格外フライアッシュ添加量が増える

と、基本配合に比べペースト量が増え、ＣＳＧ材の空隙が埋まり、供試体が密実になることが確認できた。

・基本配合



・フライアッシュＣＳＧ配合



図　４　供試体の締固め状況

またＪＩＳ規格外フライアッシュが６０ｋｇ/㎥以上となることで、添加量が増加に比例してＣＳＧの強度も大きくなる傾向も確認することができた。

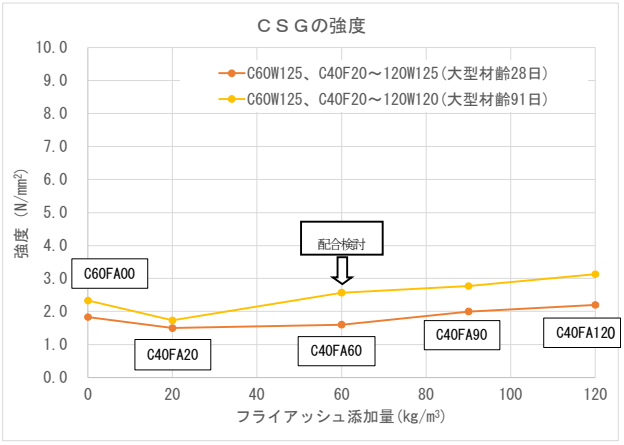



図　５　強度試験図

さらにＪＩＳ規格外フライアッシュを６０ｋｇ/㎥以上添加することにより、経過時間による締固め度変化の改善も確認することができた。

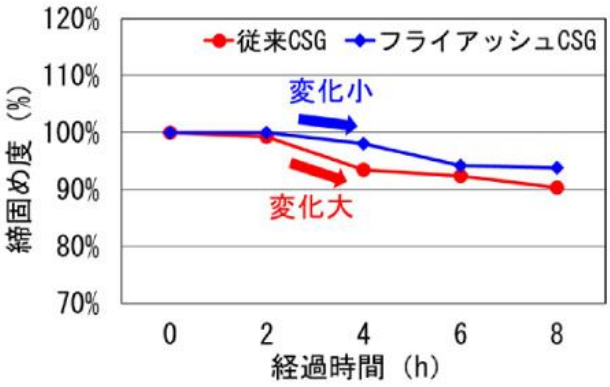



図　６　ＣＳＧの経時変化

実施工で、ＣＳＧの温度が２０℃の場合、通常は超遅延剤の添加率は３％必要だった。しかし、ＪＩＳ規格外フライアッシュを添加することで、添加率を２．５％とした場合でも３％と同程度の性状を維持可能とし、超遅延剤の添加量を低減することができた。この結果から経済性も踏まえ、フライアッシュ添加量は６０ｋｇ/㎥以上のＣ４０ＦＡ６０で選定することに決定した。

## 6.　産業廃棄物の法的問題について

ＪＩＳ規格外品については、発電所内のサイロ（貯蔵施設）から排出されると、産業廃棄物として東北電力にて管理されることとなっている。このことから、産業廃棄物をダム現場で使用することについて、法的に問題ないのか保健所に確認する必要があった。そのため、ＪＩＳ規格外フライアッシュの試験、製造工程、想定数量、用途を整理した上で秋田県の保健所に確認を行った。

確認結果としては、「東北電力株式会社能代火力発電所から排出された時点では産業廃棄物であるフライアッシュＪＩＳ規格外品について、有償譲渡される鹿島・前田・竹中特定建設工事共同企業体（堤体ＪＶ）において、有害性等を含め十分な品質管理のもとセメント代替材として利用されるのが確実であって、当該ダム工事を発注し、完成後に引渡しを受ける国土交通省が適正な管理を行えることが確実な場合にあっては、有償譲渡された者がフライアッシュＪＩＳ規格外品の占用者となった時点以降は、廃棄物に該当しないと判断することが可能。」と回答をいただき、成瀬ダムにてＪＩＳ規格外フライアッシュを使用することができた。

## 7.　施工実績について

試験で選定した配合について、成瀬ダムでは堤体の一部に打設した。（図７　ＪＩＳ規格外フライアッシュの使用箇所）打設量は７，２５０㎥となり、ＪＩＳ規格外フライアッシュを４３５ｔ使用したことで、セメント使用量を１４５ｔ削減することができた。

また、ＣＳＧの基本配合に比べ、ＪＩＳ規格外フライアッシュの配合は、総粉体量が４０ｋｇ/㎥増えたことにより、ペースト量が増え、ＣＳＧ材の隙間に細粒子が充鎮され、密実になった。

・下流面から見た写真




・断面図

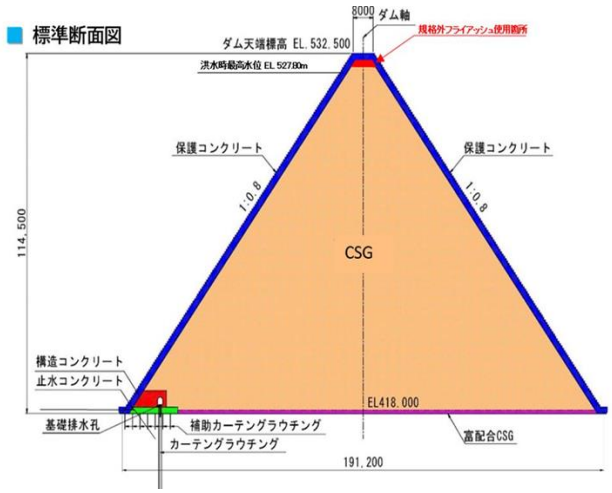



図　７　ＪＩＳ規格外フライアッシュの使用箇所

## 8.　おわりに

ＪＩＳ規格外フライアッシュを活用することで大きな効果が得られることを確認した。成瀬ダムでは、ＪＩＳ規格外フライアッシュを４３５ｔ使用したが、セメント量を削減することができ、従来のＣＳＧの基本配合と比べ、強度が大きくなるとともに経過時間による締固め度変化の改善も得られることができた。

また、ＪＩＳ規格外フライアッシュを使用することで、産業廃棄物の再利用ができた。さらにコストの縮減に繋がることも確認した。今回の成瀬ダムのＣＳＧ打設では、７，２５０㎥をＪＩＳ規格外フライアッシュで打設を行ったが、約４５０万円程の減額をすることができた。

| 【当初】 | | | | | 単位：千円 | 【変更】 | | | | | 単位：千円 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 名称 | 規格 | 単位 | 数量 | 単価 | 金額 | 名称 | 規格 | 単位 | 数量 | 単価 | 金額 |
| 堤体工CSG部 | 普通ポルトランドセメント | t | 468 | 28.2 | 13,198 | 堤体工CSG部 | 普通ポルトランドセメント | t | 290 | 28.2 | 8,178 |
| | 超遅延剤 | Kg | 8,700 | 0.444 | 3,863 | | 規格外フライアッシュ | t | 435 | 5 | 2,175 |
| | | | | | | | 超遅延剤 | Kg | 4350 | 0.444 | 1,931 |
| | | | | | | | 品質試験 | 検体 | 1 | 231 | 231 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | 合計 | 17,061 | | | | | 合計 | 12,515 |
| | | | | | | | 【当初】 | | 【変更】 | | |
| | | | | | | コスト縮減額 | 17,061 | － | 12,515 | ＝ | 4,546 |

図　８　ＪＩＳ規格外フライアッシュ活用によるコスト縮減額

ＪＩＳ規格外フライアッシュは、発電所によって時期等で供給量が異なり、バラツキが生じる可能性があるが火力発電所及び受注者と連携を密にし、ＪＩＳ規格外フライアッシュＣＳＧを打設できれば、大幅なコストの縮減を期待できる。

今後は多くの後発ダムでＪＩＳ規格外フライアッシュを活用した打設を検討を行い、大幅なコストの縮減と産業廃棄物の再利用に貢献されることを期待する。

# ダム建設現場におけるi-Construction 2.0 ～足羽川ダムの挑戦～

粂　純司[1]・長谷川　悦央[2]

[1]近畿地方整備局　足羽川ダム工事事務所　建設監督官　（〒910-8239福井県福井市成和1-2111）

[2]清水建設株式会社 北陸支店 足羽川ダム建設所　（〒910-2513福井県今立郡池田町寺島21-41-1）

足羽川ダム建設事業においては，ダム本体コンクリート打設が最盛期を迎え，特にダム本体工事の施工にあたっては，発注者と施工者が一体となってデジタル技術を活用して省力化・効率化を図り，施工の生産性を向上させながら進捗を図っている．

ダムコンクリート工においては，i-Construction2.0の柱の一つとなる施工のオートメーション化として，製造～運搬～打設までの自動化を行っている．熟練の技能が不要な袋状ベルトコンベアを実装するとともに，最新のICT，AI等を活用した品質管理，基礎処理工のDX等に取組んでいる．本発表では，これら新技術の紹介ならびにその効果や今後の展望について報告する．

キーワード　コンクリートダム，コンクリート運搬設備，生産性向上，i-Construction2.0，働き方改革

## 1.　はじめに

### (1) 足羽川ダム本体建設工事の概要と課題

足羽川ダムは，九頭竜川水系足羽川の支川部子川（福井県今立郡池田町小畑地先）（図-1）に建設する高さ96m，総貯水容量28,700千m³，有効貯水容量（洪水調節容量）28,200千m³の重力式コンクリートダムである．下流地域の洪水被害軽減を目的としており，平常時は水を貯留しない洪水調節専用の流水型ダムである．2025年7月末時点における堤体工の進捗は，打設量52万m³，打設高さ55mと全体の約75%の進捗となっている．




図-1　足羽川ダム位置図

近年，建設業における働き方改革が進められ，2024年度より労働基準法において時間外労働に上限が定められた．一方で社会から早期効果発現が求められており，品質を確保したうえでいかに生産性を向上させるかが課題となっている．

また，ダム工事特有の工種である基礎処理工においては技能者不足が顕著で，ICT等を活用して遠隔かつ一元的に管理するシステムの開発が急がれている．

本稿では，以上のダム本体建設工事が抱える様々な課題を解決するための取組を紹介するとともに，その効果や今後の展望について報告する．

## 2. ダムコンクリート全自動打設システムの導入

### (1) 導入の背景

ダム工事においては，従来バッチャープラントやトランスファーカならびにケーブルクレーンの自動化技術が個々に開発されていた．受注者である清水建設（株）では2021年にこれらの技術を統合し「材料の供給～コンクリート製造～コンクリート運搬・打設」を完全自動で行うシステムを築川ダム（岩手県）で開発，実装していた[1]．足羽川ダムでは，この技術にICT活用による遠隔管理機能等を付加したうえで，打設当初から導入し生産性向上を目指した．

### (2) 本システムの概要

本システムは，下記３項目から構成される（図-2）．

・自動運転連携システム（赤枠）
・打設状況リアルタイム確認システム（緑枠）
・コンクリート注文システム（水色枠）

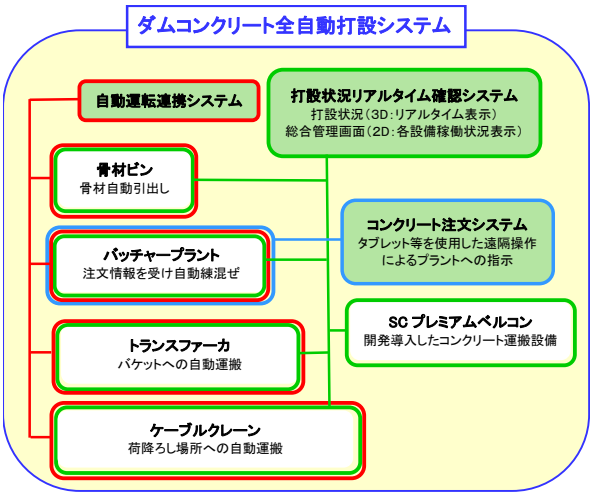



図-2　システム構成図

### a) 自動運転連携システム

ケーブルクレーンの自動運転では，目標位置を設定して離床，コンクリート運搬，放出，その後バケットの制振制御を行いながら着床動作まで行う．本システムではトロリー及びフックブロックに GNSS を取付け，リアルタイムに位置情報を取得し，フックブロックの振れを計測している．この情報を分析・解析することで最適化したクレーン運転のアルゴリズムで制振制御を実施した．バッチャープラント他各機器には制御装置を付加したうえで，その自動運転の連携を構築した．

### b) 打設状況リアルタイム確認システム

堤体の３次元モデルに各打設設備を追加し，上記のケーブルクレーンに取り付けた GNSS の位置信号をリアルタイムで取得，表示できるシステムとした．そこには，打設に関するさまざまな情報（打設量，打設時間，打設速度等）も表示される（図-3）．また，打設に関係する各設備の稼働状況，材料温度等をリアルタイムで確認，共有できる総合管理画面も有している（図-4）．

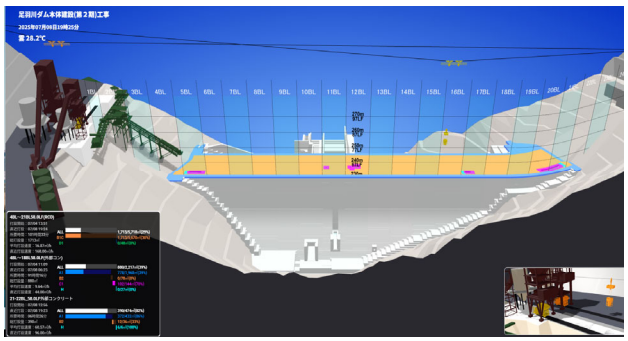


図-3　打設状況（3Dリアルタイム表示）

### c) コンクリート注文システム

本システムでは，事前に注文計画（配合，数量，製造順序）を入力しておくことが可能となり，従来現場の担当者がバッチャープラントのオペレータと行っていた無線連絡手間が大幅に削減できる．さらに，担当者とオペレータとの無線の聞き間違いによる注文間違いの防止にも貢献している。追加，修正がある場合においても，現場でタブレットを操作し変更が可能である（図-5）．

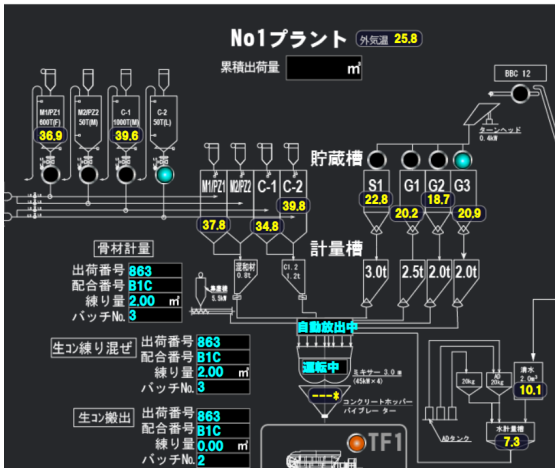



図-4　総合管理画面（2D：各設備稼働状況表示）




図-5　コンクリート注文システム画面

### (3) 導入による効果

自動運転連携システムの導入により材料輸送設備の配置人員が減り，コンクリート製造設備や運搬設備では交代要員が不要となった。

打設状況リアルタイム確認システム，コンクリート注文システムの導入により受発注者誰でもネット環境さえ整えばこれらシステム画面をリアルタイムで共有でき，打設進捗状況の把握，設備トラブルの早期発見，早期対応等が可能となっている．さらにモニターカメラと併用することでその効果は向上した。また，コンクリート注文プロセスのスマート化が実現し，コンクリート製造に関する省人化が可能となり，生産性向上が図れた．

### (4) 課題と今後の展望

ケーブルクレーンの自動化は，熟練運転手の技量の再現を目指しているが，特に「振れ止め」については課題が残っており，現時点においては再現速度に至っていない．本システムによって，その操作の分析，解析が可能となっていることから，現在地道な試行，改善を繰り返し，数秒ずつのサイクルタイム短縮を重ねているところである．

## 3. 熟練技能を不要とするダムコンクリート運搬設備の実装

### (1) 開発の背景

コンクリートダム工事において，コンクリート工（製造～運搬～打設）はコスト・工期の大半を占めており，その中でもコンクリート運搬はダム工事の生産性向上に特に重要である．清水建設(株)では 2022 年より，①熟練技能を不要としており，②ダムサイトの急傾斜面を直接運搬でき，③運搬能力が高く（200m³/h 以上），④材料分離等の品質への影響が少ないコンクリート運搬設備『SC プレミアムベルコン』の開発に取組んでおり [2]，これを足羽川ダムへ実装した（**写真-1・図-6**）．

### (2) 実装概要

2024 年 9 月に設置完了し，試運転調整を開始した．その際，RCD コンクリート運搬前後の品質（$\alpha^{3)}$ 値，VC 値，空気量，単位容積質量，圧縮強度）ならびに，打設場所での締固め後密度を測定した結果（**図-7**，**表-1**），いずれも規格値内であることを確認でき，コンクリート運搬を本格的に開始した．打設箇所へは，SC プレミアムベルコンから堤体上に配置したグランドホッパを介してダンプトラックに投入した後，堤体上を走行して運搬した（**写真-2**）．

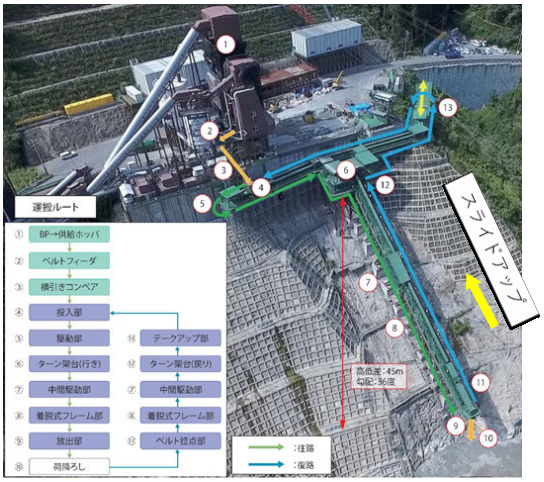



**写真-1　SCプレミアムベルコン全景（足羽川ダム左岸）**

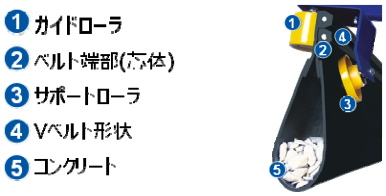



**図-6　袋状ベルトコンベア**

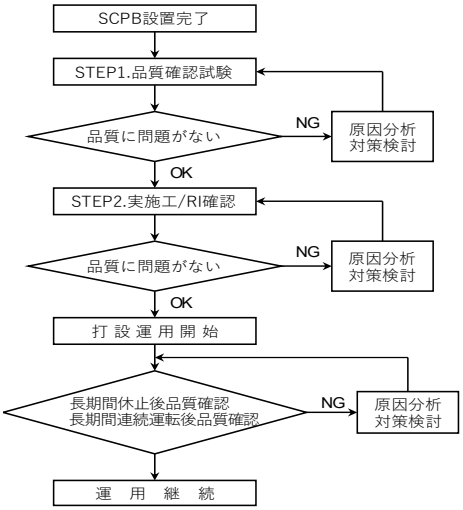



**図-7　品質確認試験フロー**

**表-1　運搬前後の品質確認結果の例**

| | 運転日 | 試験時間 | VC値 | 空気量 | 単位容積質量 | CT | α |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20±10 (s) | 1.5±1 (%) | 2.3以上 (t/m³) | (℃) | 10以下 (%) |
| 実装開始時 | 9/27 | 16:00 | 19 | 1.0 | 2.470 | 25 | 5.6 |
| | | 16:30 | 25 | 1.3 | 2.456 | 24 | |
| 長時間休止後再開時 | 11/19 | 14:30 | 19 | 1.7 | 2.464 | 25 | 5.0 |
| | | 15:30 | 28 | 1.4 | 2.486 | 24 | |

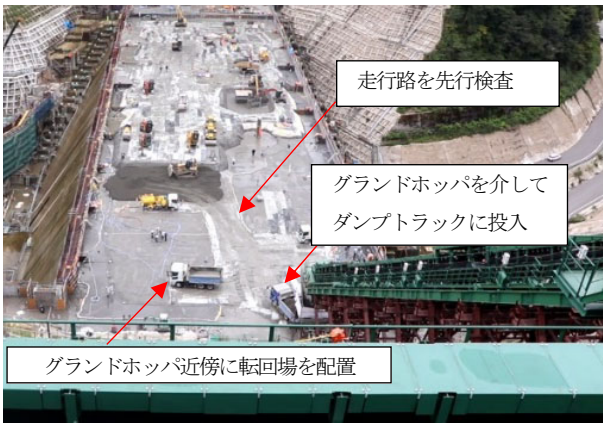



**写真-2　ダンプトラックによる打設箇所への運搬状況**

### (3) コンクリート運搬実積とその効果

2024年10月の実装開始から12月冬期休止までに約1万m³を打設した．その際の運搬能力は最大180m³/h（バッチャープラント製造能力と同等），平均約100m³/h（打設

の段取り替え等による停止時間含む）であった．SCプレミアムベルコンによる運搬時は２基あるケーブルクレーンをそれぞれ外部コンクリート打設と雑運搬に活用できるためコンクリート運搬だけでなく堤体工全体の効率化にも寄与した．

また，操作には資格が不要であり，熟練技能が無い担当者でもボタン一つで管理可能であったことから，施工のオートメーション化に寄与する技術であることが確認出来た。

### (4) 今後の展望

本システムは乗継ぎなく角度を変更でき，上向き運搬試験も実施し品質変動がないことを確認している [4]ことから，バッチャープラント等仮設備配置の自由度が高く，様々な条件の大型ダムへも展開も期待したい．

## 4. ICT・AI を活用したダムコンクリート製造 DX の導入

### (1) 開発の背景

ダムコンクリートはマスコンクリートのため，夏期に打設したコンクリートの表面が秋冬に冷却されて表面と内部に温度差が生じ，温度応力によるひび割れが発生する．それを抑制する有効な方法のひとつが，夏期のコンクリート練上がり温度抑制である．現在まで，足羽川ダムにおいて，練上がり温度を制御，管理する技術を導入していたが，統合化されていなかった．そこで，近年急速に発達している，Big Data ならびに経験知の定量化に適している AI を活用して，各システムを連携，統合したダムコンクリート製造 DX の開発に取組んだ．

### (2) ダムコンクリート製造 DX（図-9）

**a) 打設状況リアルタイム確認システムと AI を活用した練上がり温度予測システムの連携**

前述の打設状況リアルタイム確認システム（図-2）で収集，蓄積された１年分の Big Data を AI で学習するとともに，様々な予測手法を比較検証した結果，機械学習による予測精度が高いことが確認された．現場の担当者が容易に操作可能な GUI（図-8）も装備しており，収集データ増にともなう再学習の繰返しも可能としている．

**b) 定量的判断に基づくプレクーリングの運用**

上記連携システムを活用した定量的判断に基づくプレクーリング稼働管理フローを図-10 に示す．2024 年度は 6 月 1 日から 9 月 30 日まで，練上がり温度が確実に管理値以下となるよう安全側の判断で，プレクーリング（粗骨材への冷水散水，骨材貯蔵ビンでの冷風冷却，バッチャープラントの冷風冷却）を全て稼働させていた．その状況を分析すると，6 月は夏日でない日数が 2 週間程あり，その間プレクーリングを実施していないとした骨材温度等から AI 予測すると管理値内に収まる事が確認できた．さらに，2025 年度は 5 月から練上がり温度の実測値と AI 予測値を比較検証し，ほとんどが±1℃前後以内となった．これらをふまえ，警戒態勢から始まる３段階の稼働ステップで構成されるフローとした．

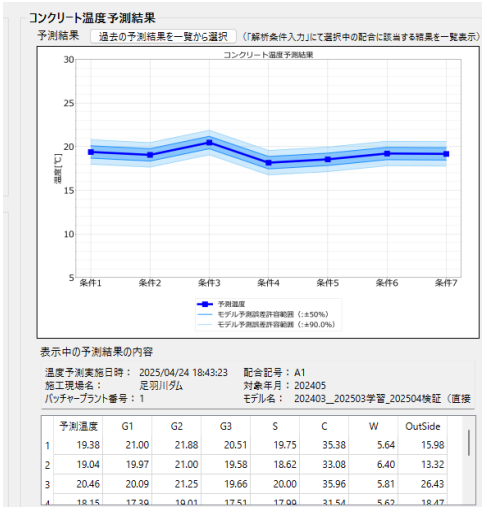



図-8　AI を活用したコンクリート練上がり温度予測システム画面（GUI：GraphicUserInterface）

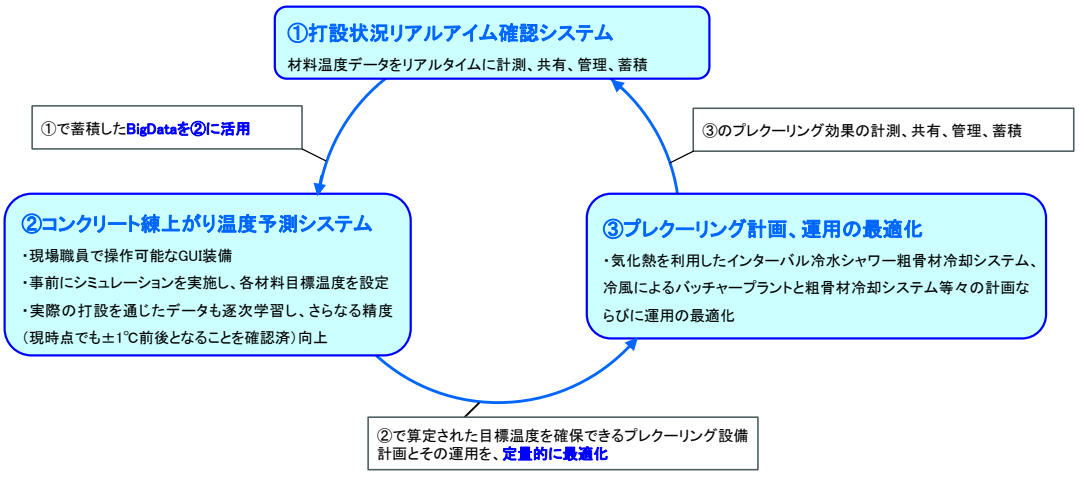



図-9　ダムコンクリート製造 DX のコンセプト

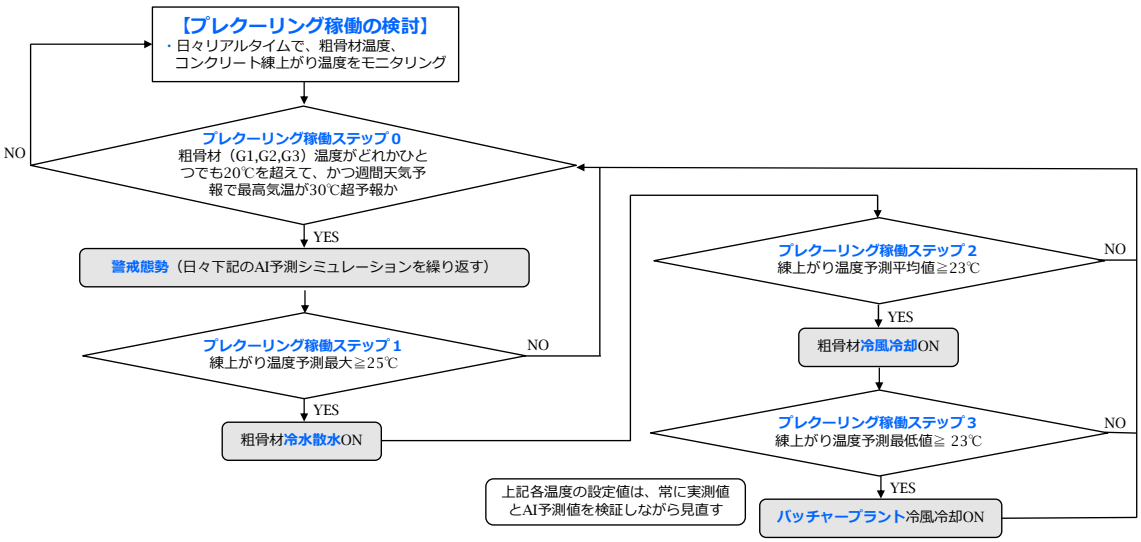



図-10　プレクーリング運用フロー

### (3) 導入による効果

プレクーリングの稼働管理を定量的に判断することができるようになり，品質を確保したうえで確実に（練上がり温度管理値超えによる打設休止等なし）打設工程を進めることができている．

2025 年度 6 月に上記フローに基づき，日々管理した結果，6 月の 20 日間は冷水散水と骨材ビンへの冷風冷却の一時的使用で管理値以下とすることができた．これにより使用電力量は約 15 万 kWh 削減できた（一般家庭約 400 戸相当）．

### (4) 課題と今後の展望

現時点では，AI を活用しているとはいえ，その操作ならびに各プレクーリング設備の ON/OFF は人が実施している．しかし，プレクーリング運用フローは定量的かつシンプルな判断基準となっている．将来的にはこれらを全てオートメーション化することも可能と考えられる．合理的かつ安定した暑中コンクリートの製造をカーボンニュートラルにも貢献しながら，自動制御できるシステムに発展させることを期待したい．

## 5. 基礎処理工における DX の導入

### (1) 開発の背景

近年，基礎処理工における熟練技術者が不足しており，その構成も 60 歳以上が 30%超と高齢化が顕著である．特に注入管理（機器制御含む）ができる技術者は全体の 20%程度と少ない．一旦注入が始まると途中で中断することが困難な場合も多く昼夜連続作業となる．これらの基礎処理特有の課題がある中，働き方改革の推進が求められている．

昨今基礎処理工においても ICT を活用した省力化に資するシステム開発が進んでおり，足羽川ダムにおいても遠隔グラウチング管理システムの導入した．

### (2) 遠隔グラウチング管理システム

本システムは現場オペレーションと施工情報をシームレスに連携させ，熟練者のノウハウを若手に伝承し遠隔管理室で一括管理することを目指している．その特徴は「情報通信」「情報共有」「情報化施工」の３本柱に整理される．情報通信では，安定した LAN 環境を構築し，Ethernet・Wi-Fi 対応機材によるデータ通信を実現した．情報共有では，施工情報をウェブサイトでリアルタイム共有し，３次元グラウチングマップを用いた可視化を行う（**図-11**，**図-12**）．

情報化施工の実現のためには，LAN 環境を活用した Web カメラによるリアルタイム監視ならびに注入の自動・遠隔制御システムを開発し，省力化と遠隔管理を可能とした．遠隔地から各種機材の制御画面を操作（**写真-3**）でき，注入材料の練り上げや注入プラントの管理，グラウトの流量・圧力調整までをタッチパネルで行うことができる．

### (3) 導入による効果

**a) 情報連携のスマート化，可視化と追加孔判断の効率化**

これまで手渡しで行われていた作業予定や注入結果の報告を Web ブラウザでリアルタイムに確認可能となった．施工情報は管理室や現場で即時更新され，流量計の稼働状況と連動して自動更新される．施工状況マップは２次元ならびに３次元表示に対応し，クリックひとつで管理日報を即時確認可能である．これにより，関係者が迅速に施工結果を把握し，追加孔判断の効率化等に貢献できた．

**b) 現場施工の一元管理**

現在，右岸リムグラウチングに自動・遠隔制御システムを導入したことで，注入管理技術者を４名から３名

（1 方施工）へ省力化が可能となった．2026 年度高標高部（EL. 250m程度以上）施工時には，全施工範囲に展開することを目指しており，その際 2 方施工となればさらに 1 名の省力化を図れる見込みである．




図-11　Web ブラウザでの平面管理マップ画面

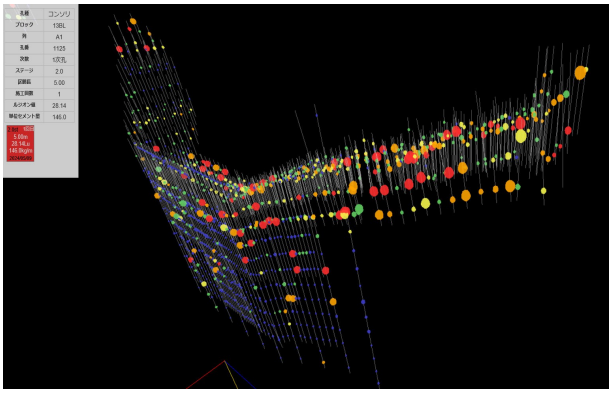


図-12　Web ブラウザでの 3D ルジオンマップ画面

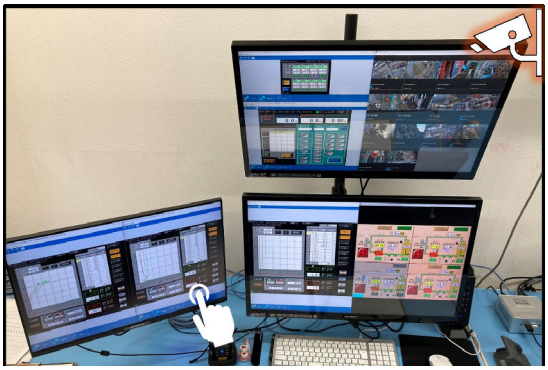


写真-3　遠隔注入管理システムの操作パネル

### (4) 課題と今後の展望

**a)** 遠隔管理による現場管理室の無人化

配員不足により 24 時間連続作業できない場合にも遠隔操作，管理の活用で，柔軟な勤務体制と施工の安定性の両立が十分に見込まれる．

**b)** BIM/CIM への対応

本システムでは，施工中リアルタイムで更新される 3 次元マップを自動生成し，日報情報も同時に格納する．最新データはウェブブラウザでどこからでも閲覧可能である．納品時には BIM/CIM フォーマットとの整合をとったうえで，工事完了後もオフライン環境で閲覧可能となる仕様を開発中である．

**c)** 若手技術者の育成

本システムの遠隔操作は，若手技術者にも違和感なく取り組めている．しかし，システムに依存することにより現場力が低減する恐れもあるため，熟練者による教育・技術伝承と併せて本システムを活用することで，技術者育成に期待したい．

## 6. おわりに

足羽川ダムでは，本稿で紹介した各技術の開発，実装を通じて i-Construction2.0 の実現にむけた歩みを始めたところである．

今後は，各技術の課題解決に加え，ダム工事の特性である多岐にわたる工種全体を見据えた開発を進める必要がある．そのうえで，各技術についてマイルストーン（目標レベルの設定・スケジュールの可視化・リスク項目と対策等）を示したロードマップを整理し，官民一体となった取組が必要である．

最後に，本稿の作成にあたりご協力をいただきました清水建設株式会社の皆様に心より感謝の意を表する．

### 参考文献

1) 立花すばる，森山忍，山下哲一，森日出夫，加瀬俊久：ダムコンクリート自動打設システム，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vl-712，2019
2) 藤井攻，三井智史，長尾貴浩，山下哲一：SC プレミアムベルコンの開発と実証(1)，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vl-329，2023
3) 田代民治，大内斉，坂田昇，渡邉賢三：コンクリートダムの高速施工に対応する運搬方法，コンクリート工学，Vol.53,No.12,pp.1051～1057,2015.12
4) 藤井攻，山下哲一，長尾貴浩：ダムコンクリート自動打設における ICT 技術の活用，土木学会年次学術講演会概要集，Vl-329，2023
5) 荻野幹久，樋川直樹，山口浩，山下哲一：SC プレミアムベルコンの開発と実証(2)，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vl-329，2023

# 品川における重層的な制約条件下での国道上空の交通広場デッキの設計について

岩柳　智之[1]・関口　広喜

[1]関東地方整備局　東京国道事務所　交通ターミナル整備課　（〒102-8340 東京都千代田区九段南1-2-1）

国道15号品川駅西口基盤整備においては，国道15号の拡幅による駅前広場整備に加え，品川駅と西口地区の間にて上下移動を伴わない歩車分離での移動を実現するため，国道15号の上空に道路方向約180m，道路横断方向約55mの交通広場デッキを整備する計画としている．交通広場デッキは周辺再開発，道路整備および鉄道整備に囲まれる都市土木特有の環境に位置しており，設計においては各種の制約条件を踏まえた構造の成立が課題となった．本稿では交通広場デッキの設計における課題，およびその課題に対する解決策を示す．

キーワード　国道上空デッキ，官民連携，都市土木，ＣＩＭ

## 1. はじめに

品川駅は山手線や東海道線といったJR在来線，東海道新幹線，京浜急行本線が乗り入れる都心のターミナル駅であるとともに，羽田空港へのアクセスも良く，日本の玄関口としても利用客が非常に多い駅である．また，鉄道に加えて多数の路線バスが発着し，タクシーの利用者も多いことから，重要な交通結節点でもある．さらには品川駅の将来の姿としてリニア中央新幹線の始発駅となることや地下鉄南北線の延伸，環状４号線の整備，また駅周辺で再開発事業などが計画されており，品川駅周辺は国際交流拠点として都市インフラ機能が果たす役割の重要性が高まっている．

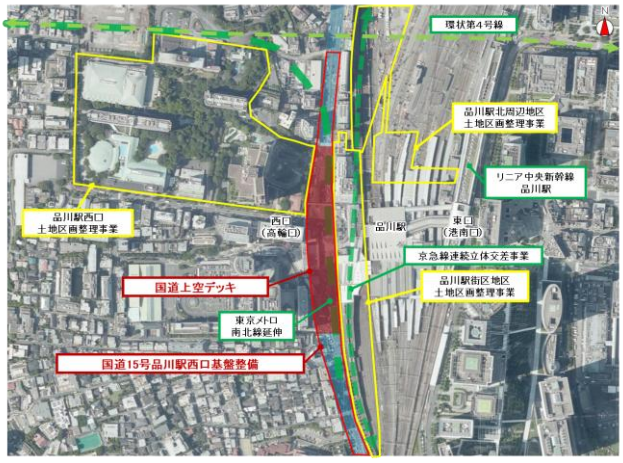



**図-1**　品川駅周辺の整備計画

しかしながら，品川駅西口では駅前広場の容量の不足によるバス，タクシー，一般車といった様々な交通の輻輳，また歩行者空間の不足による路線バス利用者と歩行者の錯綜といった交通結節点としての課題が存在している．このため，東京国道事務所では，品川駅西口に面する国道15号において品川駅西口基盤整備を進め，人が主役の都市交通ターミナルの実現を目指している．

本稿では品川駅西口基盤整備にて道路上空を活用した道・駅・まちをつなぐ交通広場デッキに焦点を当て，その設計について整理した．



**写真-1**　事業着手前の駅前広場の状況

## 2. 国道15号品川駅西口基盤整備について

### (1) 事業の経緯

2017年2月にこれからの日本の成長を牽引する国際交流拠点・品川の実現に向けて，「国道15号・品川駅西口駅前広場の整備方針（国土交通省・東京都）」をとりまとめ，その後，2019年3月に「国道15号品川駅西口駅前広場事業計画」[1)]を策定した．

同年4月の事業着手後，品川駅に関連する周辺事業者と計画段階から連携しながら国際交流拠点としての調整を進めている．2023年6月には国道15号品川駅西口基盤整備の検討状況や進捗状況を有識者，関係自治体，周辺

事業者で共有を行い，円滑な事業推進を図ることを目的とする「国道15号品川駅西口基盤整備に関する事業推進会議」を開催し，「国道15号品川駅西口駅前広場デザインコンセプト」[2]を公表している．

### (2) 国道15号品川駅西口基盤整備の目的について

国道15号品川駅西口基盤整備では道路上空の空間を有効活用する計画としており，その整備内容は道路1階部分における駅前広場の拡張，道路2階部分における国道上空デッキの整備，そしてデッキ上における賑わい空間の創出の主に3点に分けられる．

#### a) 駅前広場の拡張

品川駅西口に面する整備前の駅前広場は様々な交通が輻輳するとともに，容量を超えた需要があったことから，国道15号本線に及ぶ滞留長が発生していた．そこで国道15号を拡幅し，道路区域内に6車線と十分な歩行空間を確保した駅前広場空間を整備する計画とした．これにより，駅前広場空間の容量不足を解消することとした．

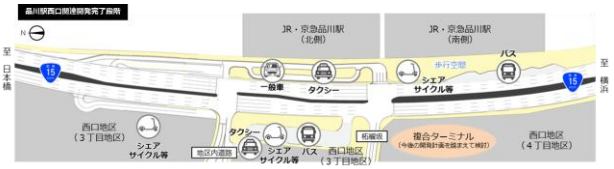



図-2　1階 駅前広場の整備イメージ

#### b) 国道上空デッキの整備

品川駅では京浜急行本線連続立体交差事業によって京浜急行本線が2階から1階へ移設される．これを契機として国道15号上に国道上空デッキを整備することにより，自由通路機能が延伸され，2階レベルで西口地区と品川駅まで上下移動を伴わない歩車分離での移動が可能となる．これにより歩行者の利便性と安全性の向上を図ることとした．

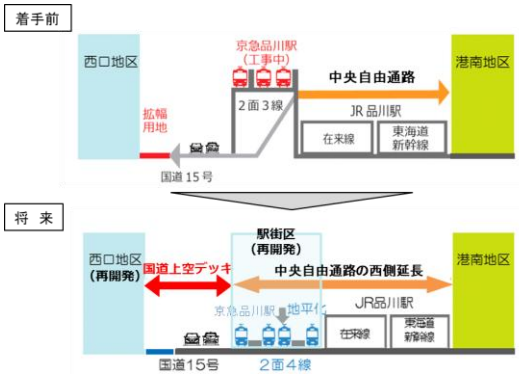



図-3　品川駅周辺の自由通路機能イメージ

#### c) 賑わい空間の創出

国道上空デッキの整備により，駅と再開発ビルが繋がることで，品川駅西口に一体的な空間が創出される．品川駅周辺は当該事業だけでなく，再開発事業が複数計画されていることから，駅を中心とした賑わい空間を官民連携で整備する．

## 3. 交通広場デッキについて

国道上空デッキは交通結節点機能をもつ交通広場デッキと賑わい空間機能をもつ賑わい広場デッキの2つのデッキで構成される．本稿では官民連携での整備を計画しており，東京国道事務所で設計を行った交通広場デッキを対象とする．




図-4　2階 交通広場デッキの整備イメージ

交通広場デッキは3径間の橋梁構造であり，道路方向に約180m，道路横断方向に約55mの規模となる．品川駅とは北側自由通路と中央自由通路で接続し，国道15号本線と交錯することなく道路上空を横断し，高輪三丁目にて計画される再開発事業の2階部分に接続する．交通広場デッキ上の主動線にはアンブレラフリーの機能を有する屋根を整備する．また，交通広場デッキから国道本線へは再開発事業地内に整備される縦動線を介してアクセスすることができる．

交通広場デッキの中央には交通結節点としての待合機能等を提供する交通広場建屋が配置されるとともに，国道本線からアクセス路を介して接続する乗降場にてタクシーなどが利用できる計画となっている．

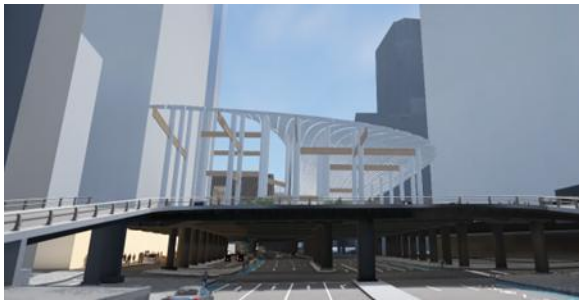


図-5　交通広場デッキの整備イメージ

## 4. 交通広場デッキの設計における制約条件

### (1) 交通広場デッキを取り巻く環境

交通広場デッキを取り巻く環境として，インフラや周辺事業が地下階・1階・2階と重層的に存在し，交通広場

デッキの整備範囲と重複していることが挙げられる．

まず地下階については，国道15号の地下に既に整備された各埋設企業のインフラがあるとともに，幹線共同溝および電線共同溝が整備されている．また，東京地下鉄株式会社が行う地下鉄南北線延伸事業により地下鉄品川駅（仮称）が整備される計画である．

次に1階については，国道15号品川駅西口基盤整備として，6車線と一般車とタクシーの乗降場およびバス停を配置した駅前広場が整備される計画である．また整備中の期間であっても重交通を支える国道15号の交通機能は確保する必要がある．

最後に2階については，国道15号および交通広場デッキを挟むように再開発事業が計画され，再開発ビルの2階で歩行者動線がつながる．

このように国道15号には既にある都市機能とこれから新たに整備される都市機能が図-6のように重層的に集積しており，これらを考慮して交通広場デッキの設計を行う必要があった．この設計を進めるにあたり主な制約条件であった2点を以下に示す．

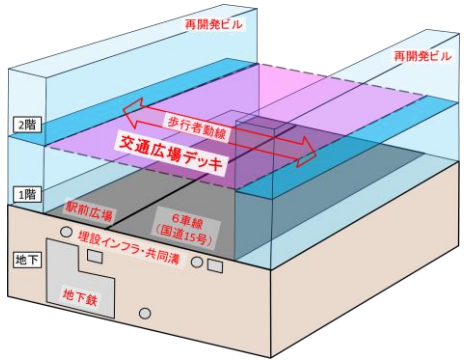



図-6　重層的な交通広場デッキの整備環境イメージ

### (2) 設計における制約条件

#### a) 交通広場デッキのレベルの設定

前項のように重層的にインフラや周辺事業が計画されていることから，図-7のように交通広場デッキのレベルの設定に制約条件が生じた．

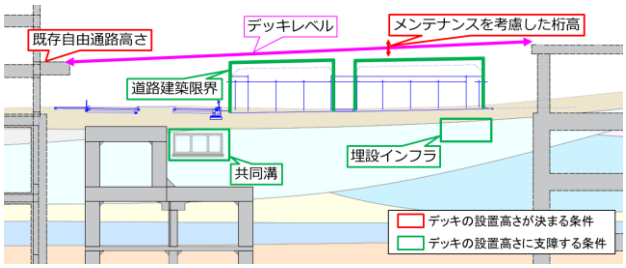



図-7　交通広場デッキのレベルに関する制約条件

まず2階においては，交通広場デッキの整備目的が駅から西口地区までの自由通路機能の延伸であることから，交通広場デッキを駅側では既存の自由通路高さに擦り付け，西口地区側では再開発ビルの2階高さに擦り付ける必要があった．

次に1階においては，国道15号の道路建築限界を考慮し，建築限界を支障しない高さに交通広場デッキを設計する必要があった．しかしながら，前述のように2階の高さが決まっており，メンテナンスを考慮した交通広場デッキの桁高を確保することが困難であった．

さらに，地下階においては各埋設企業のインフラ，共同溝，地下鉄の整備計画があり，それらの必要な土被りを確保する必要があった．

このような高さに関する各制約条件に対して支障がない交通広場デッキのレベル設定が課題であったため，構造を成立させるための解決策が必要となった．

#### b) 橋脚位置の設定

交通広場デッキは道路横断方向に約55mの桁長が必要であることから，最低でも3径間の橋梁となることが構造検討により明らかであった．したがって20m弱の基礎杭の打設が可能な橋脚3本の設置位置を検討する必要があったが，図-8のように交通広場デッキの橋脚位置の設定にあたって制約条件が生じた．

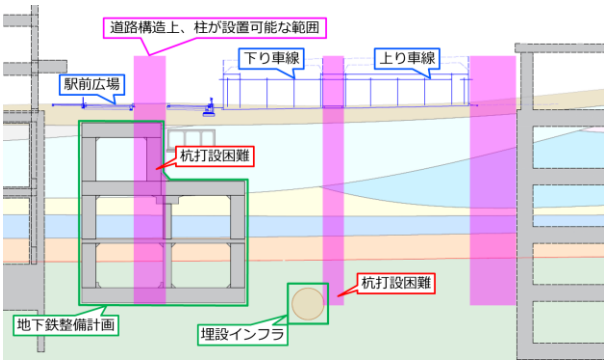



図-8　交通広場デッキの橋脚位置に関する制約条件

まず1階における国道15号の6車線と駅前広場の整備計画を考慮すると図-8に示す赤着色範囲にしか柱設置の余地がない．しかしながら，地下階においては移設に大規模な工事を要する埋設インフラがあるとともに，地下鉄の整備計画があることから，20m弱の基礎杭の打設可能箇所を3箇所確保することは困難であった．

このような橋脚に関する制約条件に対して支障がない交通広場デッキの橋脚位置の設定が課題であったため，構造を成立させるための解決策が必要となった．

## 5.　交通広場デッキの設計における課題解決策

第4章に記載した2つの制約条件に対して，交通広場デッキの構造を成立させるため，「交通広場デッキのレベル設定」については「設計段階からのCIMの活用によるレベルの設定」，「橋脚位置の設定」については「地下鉄躯体を利用した基礎工の整備」および「埋設インフラを回避した複杭構造への変更」という解決策を講じた．

それぞれの解決策について以下に示す.

### (1) 設計段階からのCIMの活用によるレベルの設定

既存の自由通路への擦り付け高さの変更は困難であったことから，国道15号とその接続道路の道路線形に支障が生じない範囲で盤下げを計画した．信号機の設置に必要な高さも考慮した結果，交差点部で最大約1mの盤下げが必要となった．しかしながら，盤下げによって埋設インフラの土被りに影響することから，cm単位の緻密な調整が必要であった.

そこで立体的に生じる制約条件の輻輳状況をCIMで可視化し，緻密な調整の中で生じている課題の解像度を上げることを目指した．結果，従来であれば課題の発見やその状況を伝えるために複数枚の図面を作成するところ，図-9および図-10のように協議相手に一目で状況を伝えることができ，協議を円滑に調整を進めることができた．また，新たな制約条件が生じた場合においても，１つのCIMにこれまでの情報や調整結果を蓄積していくことで，図面の照合など手間を省き，将来に亘って調整・検討の円滑な実施を実現することができる.

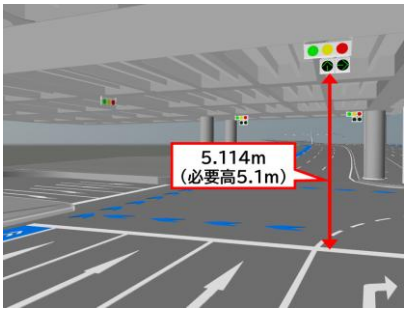



図-9　CIM上での道路計画とデッキ計画の確認イメージ

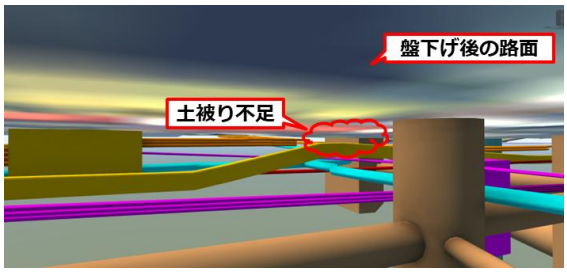



図-10　CIM上での埋設インフラとデッキ計画の統合イメージ

### (2) 地下鉄躯体を利用した基礎工の整備

基礎杭と地下鉄躯体の位置が重複した場合，両事業の工程が競合して事業に待ち時間が生じるとともに，基礎杭の構造としても現実的ではない．そこで，図-11のように地下鉄躯体の上床に交通広場デッキの荷重を預けるようにフーチング形式の基礎構造に変更した．これにより地下鉄事業による掘削時にフーチング形式の基礎を構築し，基礎を地下鉄事業で仮受けすることで，地下鉄事業の工事と交通広場デッキの工事を同時進行することができる．そのため地下鉄事業の完了を待たずして交通広場デッキを供用することができ，国道15号品川駅西口基盤整備と地下鉄南北線延伸事業が協調して街の開発を進める解決策を実現した．加えて，国道15号品川駅西口基盤整備としては，20m弱の基礎杭を打設するよりも経済的な構造になるとともに，周辺地盤や埋設インフラへの影響を最小限とすることができた.

### (3) 埋設インフラを回避した複杭構造への変更

20m弱の基礎杭を打設することで移設に大規模な工事を要する埋設インフラと干渉するため，図-11のように単杭構造ではなく複杭構造に変更し，埋設インフラとの支障を回避した．これにより国道15号品川駅西口基盤整備としては埋設インフラの移設待ちの期間が短縮され，埋設企業者としては複杭への構造変更に伴う費用を負担することで移設工事を行う場合よりも経済的となり，双方にとってメリットのある解決策となった.

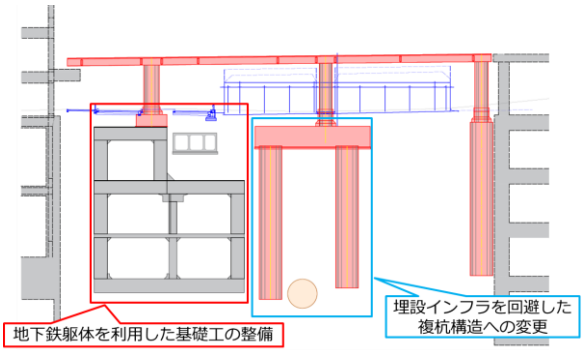



図-11　地下鉄躯体利用と複杭構造のイメージ

## 6.　おわりに

競争力を強化し，国際交流拠点として成長していく都市にあっては，要求されるインフラの水準は高度なものでなければならない一方，既にある都市機能を確保・維持しつつ，周辺事業と調和しながらインフラを新たに計画することは都市土木特有の困難さが伴う．今回の交通広場デッキの設計においてはインフラ機能が集積した重層的な空間でのデッキ整備計画という都市土木の困難さに直面したが，設計段階からCIMを活用していくことや周辺事業と連携した画期的な構造の検討が解決策として有効であった．本事例が狭隘な国土の中でも発展を続ける日本の都市での競争力向上に資するインフラ整備の計画設計における解決策の一助になれば幸いである.

### 参考文献

1) 国土交通省関東地方整備局東京国道事務所：
国道 15 号品川駅西口駅前広場事業計画
2) 国土交通省関東地方整備局東京国道事務所：
国道 15 号品川駅西口駅前広場デザインコンセプト

# 松沢川第2砂防堰堤における ICT施工の取り組み

舩橋　良太[1]

[1]中部地方整備局　富士砂防事務所　調査課　（〒418-0004 静岡県富士宮市三園平1100）

本稿は，沼津河川国道事務所の狩野川直轄砂防事業で整備している「松沢川第2砂防堰堤」の施工において実施した，ICT施工StageIIの取り組み内容を紹介し，その効果を明らかにするものである．

キーワード　ICT施工StageII，砂防工事，若手技術者

## はじめに

i-Constructionの分野においては，2016年にi-Constructionトップランナー施策が示され，その3本柱のうちの一つとして，ICTの全面的な活用（ICT施工）の取り組みを続けているところである．2024年3月の「第16回ICT導入協議会」においてICT施工を工種単位の作業効率化から工事現場全体の作業効率化へと拡大する「ICT施工StageII」が掲げられ，試行工事が2024年度より始まっており，事例は少ないものの，ICT施工を始めとしたi-Constructionは着実に次の段階へ移行を進めているところである．

本報告は，沼津河川国道事務所で実施した，砂防堰堤工事におけるICT施工StageIIの取り組み内容について紹介し，その効果を明らかにすることで，他工事の参考となることを期待したものである．




**図-1**　松沢川第２砂防堰堤 位置図



**図-2**　施工中の松沢川第２砂防堰堤

## 1. 狩野川の砂防と松沢川第２砂防堰堤

### (1) 狩野川の砂防

狩野川水系直轄砂防事業は，1958年の狩野川台風を契機災害とし，被災翌年の1959年から直轄施工を開始した．静岡県伊豆市の修善寺橋地点を基準点とし，基準点上流側で727万m3の土砂を砂防施設の整備でもって捕捉する計画であり，沼津河川国道事務所が直轄施工を行っている．

### (2) 松沢川第２砂防堰堤

松沢川第2砂防堰堤は，静岡県伊豆市佐野地区に整備中の砂防堰堤である．堰堤の存在する松沢川流域では，合計で43,629m3の土砂及び流木が発生すると見込まれており，保全対象として広域処分場施設「クリーンセンタ

ーいず」や，県道349号線，家屋等が存在する．これらを土砂災害から保全することを目的とし，下流側に整備済みの松沢川第1砂防堰堤と合わせて，2基で松沢川流域の土砂整備率を100%とする計画である．

松沢川第2砂防堰堤は，2023年3月に着工し，本体部分は2025年6月に完成した．7月以降も，引き続き管理用道路の施工を進めるものである．

## 2. ICT施工StageⅡについて

ICT施工StageIIに関連する用語等については，以下のとおりである．

### (1) i-Constructionについて

i-Constructionとは，ICTの導入や各種材料規格の標準化，発注時期の平準化等を総合的に取り組むことで，建設現場の生産性向上を図ることをいい，「ICTの全面的な活用（ICT施工）」「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」「施工時期の平準化等」を3本柱として掲げ，2016年より取り組んでいる．

本稿でいう「ICT施工」は，3本柱の1つである「ICTの全面的な活用」を指すものであり，i-Constructionの全容ではないことを留意されたい．

### (2) ICT施工StageⅡについて

ICT施工StageIIとは，工事全体の状況をWEBアプリケーション等でデータにより把握し，見える化することで，工程の効率化を図るものである．

ICT施工StageIIの実施要領については，「データ活用による現場マネジメントに関する実施要領（案）」[1)]（以下，要領）が示されており，以下に示す4ケースについてデータ活用した見える化を実施することとされている．

①「施工段取りの最適化」
②「ボトルネック把握・改善」
③「進捗状況等把握による予実管理」
④「その他（注意喚起，教育等）」

また，要領では，実施対象でないものの今後実施が望まれる事項として「データに基づく工程の立案による施工計画の精緻化」「温室効果ガス排出量の削減」「工事現場の出来形データに基づく段階確認や出来形検査」が提唱されている．

## 3. ICT施工StageⅡの取り組みと効果

松沢川第2砂防堰堤工事において実施したICT施工StageIIの取り組みを以下に列挙する．

・運搬シミュレーション（SC Simulation※）
・車両管理システム（SC Fleet※）
・モバイル端末を用いた点群計測
・地理空間情報を活用した「水の流れ解析」



図-3　運搬シミュレーションのルート設定




図-4　複数パターンでシミュレーションする様子

上記4つの取り組みについて，取り組み内容とその効果は以下のとおりであった．

### (1) 運搬シミュレーション（SC Simulation※）

**a) 取り組み内容**

専用アプリケーションを用いて，運搬経路の設定し（図-3），ダンプトラックやアジテータ台数を複数パターンでシミュレーションすることで，最適な台数を机上で検討することができる（図-4）．ダンプトラックでの活用事例は多いが，アジテータ車における活用は全国的に進んでいない状況であり，本工事ではアジテータ車による活用を積極的に行った．

本取り組みは，要領に示す①「施工段取りの最適化」に対応するものである．

**b) 効果**

従前，運搬台数の検討は，現場代理人や監理技術者の経験則や実際に台数を変えて試してみるなど，個人の技量やその場での対応による部分が大きかった．例えば，運搬車両数を1日毎に3台，4台，5台で実施確認した場合，最適台数の抽出まで3日の工数がかかる．一方，本取り組みで3台，4台，5台の3パターンの最適台数を検討するのに必要な工数は0.5日である．最適案の抽出まで83.3%の工数削減となる．

もちろん，前者の3台，4台，5台で実施確認した場合でも現場は動いていると想定されるため，出来形に対する工数削減という観点ではもう少し低くなると想定されるが，作業開始直後から最も効率的な台数で施工できることは，特に施工量の少ない作業において工数削減効果を発揮すると想定される．

また，本工事では実施していないが，アジテータに限っては，「生コン情報の電子化」に関する取り組み[2]において，本システムを用いて，事前に運搬台数と稼働率を机上で検討することで，「生コン情報の電子化」による施工をより効率化するための補完的なツールとして役立つと考えられる．

### (2) 車両管理システム（SC Fleet※）

**a) 取り組み内容**

モバイル端末をダンプトラックやアジテータに搭載することで，予め設定した危険個所や車両同士の接近，走行速度等について自動音声で注意喚起を行うものである（図-5）．また，車両の走行履歴を座標，時刻，速度で記録し，データで蓄積することができる（図-6）． 要領に示す②「ボトルネック把握・改善」，④「その他」に対応するものである．

**b) 効果**

現場代理人の監視外においても，必要な箇所で適宜注意喚起が行われるため，交通事故の減少に効果があると期待される．

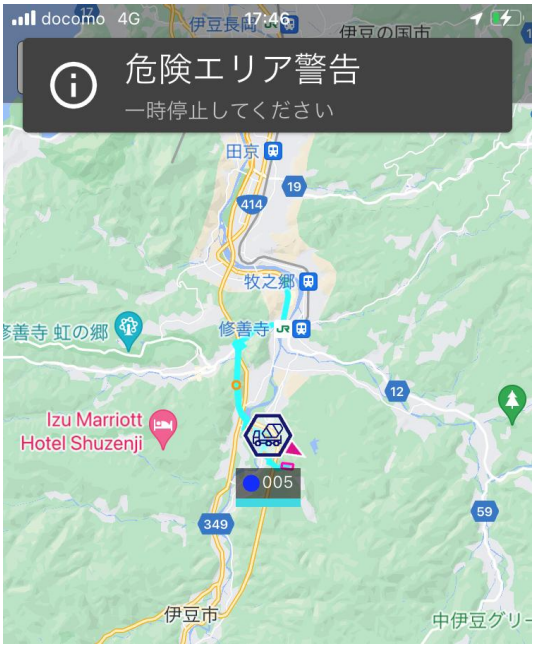



図-5　モバイル端末の注意喚起画面

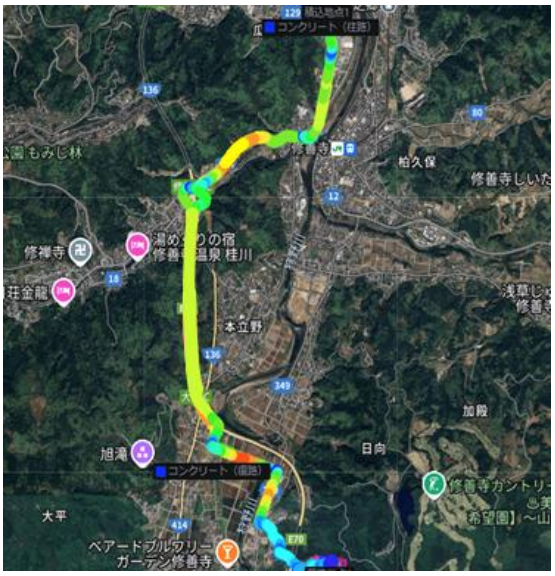


図-6　走行履歴の記録（着色は走行速度）

また，走行履歴を確認し，前述の運搬シミュレーションとの差を確認することで，シミュレーションとの差をすぐさま把握できるため，運行台数の変更に活用できる．

さらに，車両が滞留する場所を特定できるため，工事用道路における轍の発生を事前に予想し，修繕を計画的に行うことができる．

### (3) モバイル端末を用いた点群計測

**a) 取り組み内容**

モバイル端末（SC Quick3D※）（図-7）を用いた点群計測やICT建機の施工履歴データから，最新地形をデジタルツイン（SC Dashboard※）に反映し，進捗を定期的に管理している（図-8）． 要領に示す③「進捗状況等把握による予実管理」に対応するものである．



図-7　点群計測を行うモバイル端末

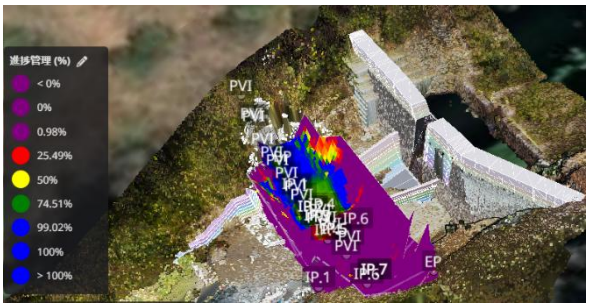



図-8　点群データ等からヒートマップを作成し進捗を管理

**b) 効果**

工事進捗の管理は，トータルステーションやレベルを用いた現地測量が従来手法であり，現地での測量に2人工，CAD等による図面・数量算出に2人工がそれぞれかかり，合計で4人工の作業であった．本取り組みの活用により，現地の点群データ取得に0.25人工，データ整理に0.25人工の作業量となり，合計で0.5人工，87.5%の工数削減を達成した．

### (4) 地理空間情報を活用した「水の流れ解析」

**a) 取り組み内容**

起工測量や前述した点群測量により取得した地形データを用い，専用アプリケーションで解析を行うことで，降雨発生時の水の流れる場所（流路），各流路の集水域，水のたまる箇所を見える化するものである（図-9）．本工事では，施工箇所周辺は進捗管理のために計測した点群データを，施工箇所よりも上流側は静岡県が公開している3次元測量データ（VIRTUAL SHIZUOKA）を用いて解析を行った．要領において，今後実施が望まれる事項とされる「データに基づく工程の立案による施工計画の精緻化」に対応するものである．

**b) 効果**

従前は，降雨を待ってから流路，水のたまる箇所を確認し，排水計画の検討や，重機退避場所の検討を行っていた．本取り組みにより，降雨を待たずに事前の排水計画検討が可能であり，個人の感覚だけに頼らない，客観的に安全な排水計画を立てることができる．

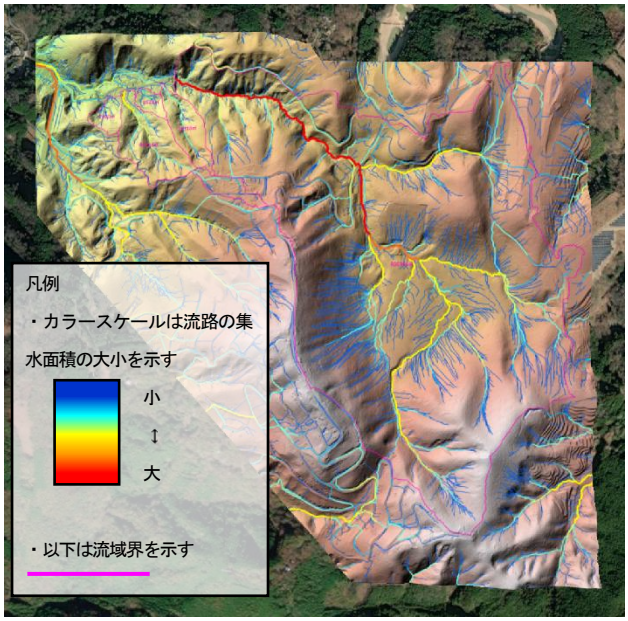



図-9　水の流れ解析の様子

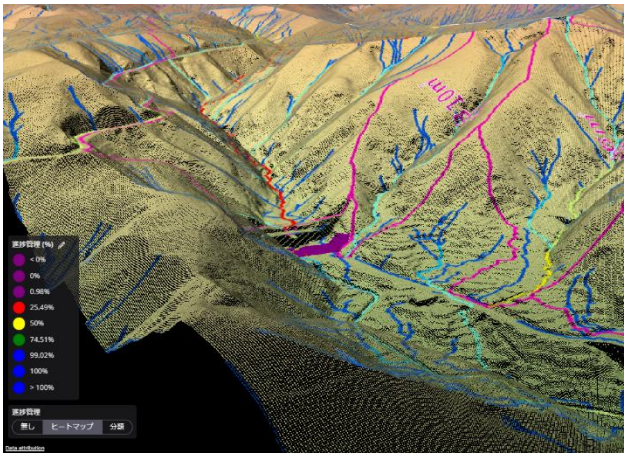



図-10 地形データを点群で表現した様子
（地形変化による再解析が容易である）

また，現場進捗により地形が変わった際にも，流路，水のたまる場所は変化すると想定されるが，点群データを更新することで，すぐに排水計画の変更に対応することができる（図-10）．

### (5) その他効果

上記取り組みの副次効果として，現場経験の少ない若手技術者の現場代理人への登用が期待できる．先に何度か触れたとおり，「経験則」「個人の技量」「個人の感覚」など，現場代理人にはある程度の経験が試される場面があり，若手技術者の新規参入を遮る障壁となっていた．

ところが，ICT施工StageIIの取り組みにより，施工状況をデータ化することで，これまで目に見えなかった「経験則」による部分が目に見てわかるようになった．これにより，経験の浅い技術者でも現場代理人を務める

ことができ，現場の担い手不足の解消に寄与するものと期待できる．

実際，本工事（令和6年度　狩野川水系松沢川第2砂防堰堤整備工事）において現場代理人を務めたのは，2025年度現在で入社6年目の若手であり，国土交通省発注工事での現場代理人の経験は本現場が初であった．ICT施工StageIIの取り組みの感想について「シミュレーションを実施する事により，未経験であった大規模なコンクリート打設について，運搬車両の台数決定や発注タイミングの検討時間を削減することができ，かつ実施工のイメージがつき不安を低減できると感じた．具体的な数値等で可視化でき，仮想体験できるため経験不足を補う有益なシステムであったと感じる．」と述べている．ICT施工StageIIの取り組みにより，本工事においては，現場代理人の仕事内容から来る不安感の緩和や，若手技術者の経験を増やすという面で効果を確認できた．

※㈱EARTHBRAINが提供するSmartConstruction®シリーズ

## 4. 課題

ICT施工StageIIの取り組みを行い，見えてきた課題を以下に列挙する．

### (1) 通信状況による制限

**a) 課題点**

モバイル端末を活用したシステム（車両管理システムの車載端末，モバイル端末を用いた点群計測）を利用する場合は，通信状況より動作が左右され，特に通信状況の悪い山間部では，活用が難しい場合がある．

**b) 対応策**

衛星を用いたインターネット通信環境の整備等により，どの程度改善するのか引き続き検証を行う必要がある．

### (2) システム障害への対応

**a) 課題点**

システム障害が発生した場合に，現場レベルでの対応が困難である．

**b) 対応策**

システム障害発生時の対応を施工計画書作成段階で予め検討しておく必要がある．また，長期にわたる場合は，工事請負契約書第20条に基づく一時中止の実施可否について，発注者側で議論する必要がある．

### (3) ３次元データの処理や操作方法

**a) 課題点**

点群データの処理，3Dデータの活用については操作方法を習得する必要がある．

**b) 対応策**

中部地方整備局では，施工者向けのICT施工に関する講習会を中部インフラDXセンターにて定期的に行っており，引き続き開催時の周知を幅広に行っていく必要がある．また，地元業者との結びつきのある各事務所からも施工者向けに3次元データの取り扱いに関する講習を開く等の対応が必要である．

## 5. 今後の展望

i-Constructionの全体分野では，「i-Construction2.0」が開始されており，省人化，人口減少下における持続的なインフラ整備・管理，建設現場の自動化（オートメーション化）に向けたプラン[3]が2024年4月に国土交通本省によりとりまとめられた．i-Construction2.0で目指す姿を実現するために，ICT施工StageIIが果たす役割は大きく，特に省人化と人口減少対応（担い手不足）に大きく貢献すると考えられる．ICT施工StageIIが，今後多くの工事で試行が実施されることを期待する．

**謝辞**：本稿の執筆にあたり，ICT施工StageIIに取り組んでいただいた加和太建設株式会社の皆さま，各種アプリケーションの仕様についてご教授いただいた株式会社EARTHBRAINの皆さま，執筆全般のご指導をいただいた筆者の旧所属である沼津河川国道事務所の皆さまに謝意を表する．

### 参考文献

1) 国土交通省　大臣官房　参事官（イノベーション）グループ施工企画室：データ活用による現場マネジメントに関する実施要領（案）（2024.3）
2)公益社団法人　日本コンクリート工学会：コンクリート工学58巻（2020）1号p.39-44
3)国土交通省：i-Construction 2.0～建設現場のオートメーション化～（2024.4）

# 樋門改築工事におけるBIM/CIM技術の有効活用事例と課題について

橘内　英治[1]・大塚　康平[1]・早澤　華怜[2]

[1]北海道開発局 札幌開発建設部 千歳川河川事務所 第2工務課　（〒066-0026 北海道千歳市住吉1-1-1）

[2]総合政策局 公共事業企画調整課　（〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3）.

千歳川流域は洪水時に石狩川本川の高い水位の影響を受けることから治水対策として堤防整備が進められており、これに伴い樋門等の河川構造物の改築を多数実施している。昨年度に実施した旧千歳川樋門改築工事では、複雑な樋門形状の早期把握や施工計画への検討等に活用するため、３次元モデルを用いた施工を実施した。したがって本論文では、当該工事におけるＢＩＭ／ＣＩＭの取組概要及びその効果、今後の課題について報告する.

キーワード　BIM/CIM，施工計画，3次元モデル，i-construction

## 1. はじめに

近年我が国においては人口減少や高齢化が指摘されている。建設業においても同様であり、建設業の就業者数はピークであった平成9年から今日に至るまで減少傾向にある[1)]。人手不足に加えて高齢化も著しく全産業と比較しても建設業は特に高齢化が進行している。29歳以下の就業者の割合は1割程度しかおらず[1)]、人材の確保と育成が喫緊の課題となっている。一方で、働き方改革関連法の施行により2019年4月から時間外労働時間の上限規制が設けられ、適用猶予5年を経て建設業においても2024年度から時間外労働規制の対象となり、就労者一人あたりの生産性の向上が求められている。

このような背景を踏まえ、建設業では生産性向上の取組としてデジタル技術の活用が進められている。国土交通省では平成28年から「国土交通省生産性革命プロジェクト[2)]」を行っており、その一環として、ICT等の新技術を積極的に活用するi-Constructionを推進しており、2025年度までに建設現場の生産性を2割向上させることを目標に掲げている。このようなi-Construction の取組の中にBIM/CIM （Building / Construction Information Modeling、Management）がある。BIM/CIMとは建設事業をデジタル化することにより受発注者のデータ活用・共有を容易にし、建設事業全体における一連の建設生産・管理システムの効率化を図ることであり、情報共有の手段として3次元モデル等を用いる。BIM/CIMの活用推進は従前より進められてきているところではあるが、国土交通省では令和5年度から直轄工事におけるBIM/CIM適用に関する実施方針として小規模なものや緊急性を要するものを除く全ての業務・工事でBIM/CIMを原則適用することとしている。しかし、3次元モデルの活用方法は業務や工事の内容によって異なっており、各業者によって様々な取組が模索されている。このように、現在はi-Construction推進の過渡期にあり、今後さらなる業務効率化を実現するためには様々な取組の中から利点や課題を抽出し、改善していくことが求められる。したがって本論文では、今後のBIMCIM活用推進並びに業務効率化の一環となるよう、当該工事におけるBIM/CIM活用の取組と課題を報告する。

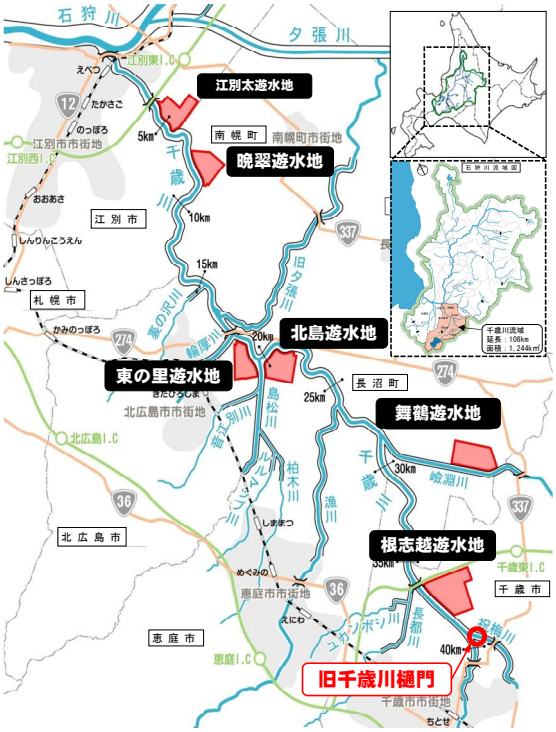



図-1　千歳川流域と工事箇所の位置図

## 2. 千歳川河川整備計画の概要

千歳川は石狩川の支川であり、支笏湖を源とする幹線流路延長108km、石狩川流域の約1割である1,244㎢の流域面積をもつ一級河川である。中流域から下流域は低平地を約7,000分の1の河床勾配で流れており、現在の河川整備計画の対象降雨である戦後最高水位となった昭和56年8月の洪水では長期間・長区間に亘り石狩川の高い水位の影響を受け、千歳川流域の複数箇所で漏水等の堤防被害が発生した他、広範囲での内水氾濫の発生など甚大な被害を生じた[3]。

**図-1**は千歳川流域を示しているが、千歳川流域では平成27年に「石狩川水系千歳川河川整備計画（変更）」を策定し、石狩川の高い水位の影響を受けることに対応した整備が進められている。その具体的な対策として堤防整備や遊水地群の整備等が位置づけられ、特に堤防は石狩川と同程度の堤防高と天端幅を確保した整備を行うこととしているほか、このような特性から令和5年8月には特定都市河川にも指定され一層の整備が進められている。このため、堤防整備に伴い、支障となる河川占用構造物や河川管理施設である樋門等の改築を多数実施している。本論文では、その一つである旧千歳川樋門改築工事でのBIM/CIM活用事例について紹介する。

## 3. 旧千歳川樋門改築工事におけるBIM/CIM概要

### (1) 工事概要

**図-1**に工事箇所である旧千歳川樋門の位置、樋門の諸元を**表-1**に示す。旧千歳川樋門は昭和52年に千歳川と祝梅川の合流点付近である祝梅川の左岸0.39kpに設置された。樋門の流域は概ね農耕地であり、祝梅川に直交する方向で農業排水が樋門に流入する。樋門の背後地には内水排除施設が位置している。

千歳川河川整備計画に基づき、その支川である祝梅川においても千歳川と同様の堤防整備を行うこととなっている。このため、堤防整備に伴う樋門の躯体長不足により全面改築が必要となった。樋門の改築位置としては、上流には新祝梅橋、下流は湾曲部となっているため、これらを避けた位置で検討を行い、施工性や経済性の観点から旧樋門の約15m下流に新樋門を設置することとした。

工事内容は樋門の全面改築であり、旧樋門の撤去及び新樋門の設置を行った。新設する樋門の一般図を**図-2**に示す。

### (2) モデル概要

本工事のBIM/CIM活用において作成した3次元モデルは樋門本体（**図-3**）、護岸ブロック、土工形状である。3次元モデルの作成仕様を**表-2**に示す。モデルの詳細度は200程度、属性情報としては構造モデルで一部コンクリートや土といった構成要素を付与し、基準点は工事における基準点を使用した。なお、旧千歳川樋門の詳細設計は、大規模構造物の詳細設計における BIM/CIM の原則適用以前に実施しており、発注時に詳細設計業務の成果として 3 次元モデルの貸与ができなかった。そのため樋門形状の 3 次元モデルは本工事で一から作成した。なお、**表-3** に示すように 3 次元モデルの作成はモデルに応じて福井コンピュータ（株）の TREND-POINT もしくは TREND-CORE を用いて作成した。

**表-1**　旧千歳川樋門の諸元

| 項目 | 諸元 |
|---|---|
| 水系・河川名 | 石狩川水系　祝梅川 |
| 完成年 | 1977（昭和52）年 |
| 排水面積 | 0.41km² |
| 函体全長 | 30.0m |
| 函体断面 | 1.2m×1.2m |

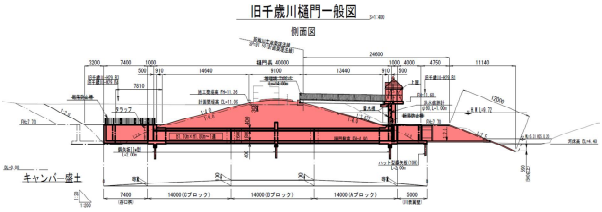



**図-2**　旧千歳川樋門一般図

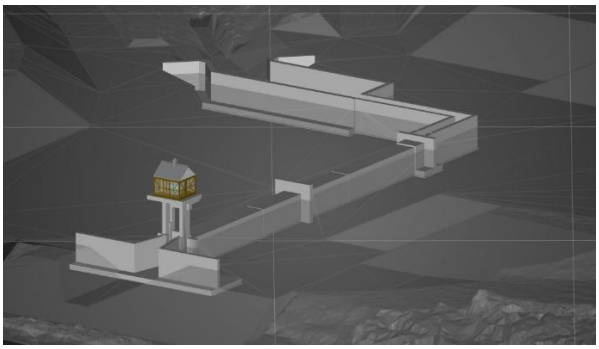


**図-3**　工事で作成した3次元モデル（樋門本体）

**表-2**　3次元モデルの作成仕様

| 項目 | 諸元 |
|---|---|
| 作成範囲 | 樋門本体・護岸ブロック・土工形状 |
| モデルの詳細度 | 200程度 |
| 属性情報 | 構造モデル（一部構成要素） |
| 基準点 | 工事基準点を使用 |
| 貸与資料 | なし |

**表-3**　BIM/CIMモデル作成における使用ソフト一覧

| モデル種別 | 使用ソフト |
|---|---|
| 地形モデル | TREND-POINT |
| 土工形状モデル | TREND-CORE |
| 構造物モデル | TREND-CORE |
| 統合モデル | TREND-CORE |

## 4. BIM/CIM活用事例

### (1) 施工計画・施工管理における活用事例

前章で述べたように本工事は旧樋門の撤去から新樋門の改築までを行う樋門の全面改築工事である。樋門改築の際に堤防の開削を伴うことから非出水期である11月から3月までの5ヶ月間に堤防の開削から、旧樋門の撤去及び新樋門の改築、開削箇所の堤防の盛土ならびに法覆護岸工の完了までを行う必要があった。このため限られた期間で多種多様な工種を行わなければならず、工期内での施工完了のためには綿密な工程管理が必要とされた。したがって、3次元モデルを用いて現場条件の把握を行った。

**図-4**は、施工内容の順序を示す動画の一部を切り取った画像であるが、この図に示すように3次元モデルを用いて施工ステップを可視化した。作成には福井コンピュータのTREND-COREの3DCAD機能を用いた。現場作業員との日々の打合せの際など、2次元図面を3次元で表現、説明することで現場状況の共有、作業内容の理解向上を図り、円滑な合意形成に役立ち、結果、業務の効率化を実現した。

また、施工計画の検討にも3次元モデルを活用した（**図-5**及び**写真-1**）。具体的には、複数業者が作業する場合の施工順序や施工スペース確保の確認である。樋門本体工の施工では施工数量や現場条件により、ブロック毎に細かく分割してコンクリート打設を行った。打設にあたっては足場や鉄筋、型枠の組み立て、コンクリート打設や養生、土工と多数の専門業者が随所で作業を行う。施工順序が前後すると作業スペースや運搬ルートの確保が困難になる可能性もあり、全体工程に影響を及ぼす恐れがある。このため限られた期間での施工を求められる本工事において施工順序の検討や業者間における共有、施工スペースの確保は非常に重要な問題であった。一方で2次元図面だと各専門業者の経験に応じた理解度に左右され、全体における考え方の共有は難しい。このため、3次元モデルを用いて施工順序の確認と共有、また作業箇所や資材置き場等の重複の有無を検討し、結果として複数作業を円滑に進めることができた。

さらに本工事独自の取組として、作成した3次元モデルから3Dプリンターを使用して樋門本体の3次元模型を作成した。３Dプリンターでの3次元模型作成に際しては、多少のデータ調整は必要なものの、作成した3次元データを使用することができるため、新たに作り直す必要はない。

今回使用した3Dプリンターでは１回で約25cm四方の模型を作成することが可能であるが、作成する模型が大きいほど作成に時間を要すほか、熱によるたわみが発生しやすくなる。したがって、本工事では樋門の施工延長が長く、呑口桝等の接続形状も複雑であることを鑑み、

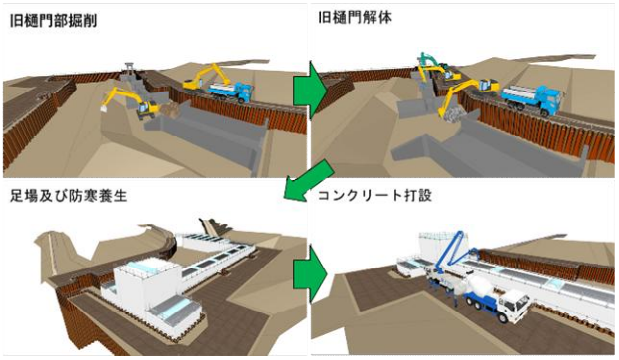



**図-4**　施工ステップの可視化の一例




**図-5**　3次元モデルから作成した3D模型



**写真-1**　施工計画検討の様子

モデル全体を2分割にした150分の１スケールの3次元模型を作成した。

作成した模型は元請け業者と下請け業者との日々の施工内容の打合せで使用した。打ち合わせは通常2次元の平面図を用いて行われるが、樋門は複雑な形状を有しているため2次元図面を用いた場合には、技術者の経験年数や知識量に理解度が左右される場合もある。しかし、3次元模型を用いて打合せを行うことで経験年数や知識量に関係なく現場状況を明確にイメージすることができ、円滑な合意形成に役立った。また、3次元モデルだけではなく3次元模型を使用する利点として、準備の手間がないことが挙げられる。3次元モデルをデータで表示す

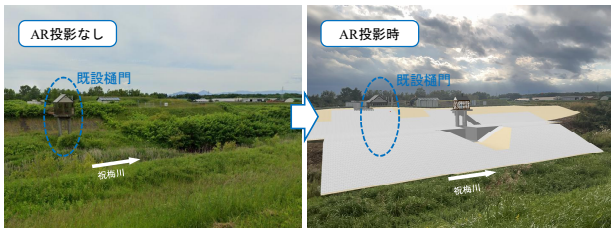





図-6　ARやVRを活用した安全管理



図-7　ハンディスキャナを用いた出来形計測の様子

る場合にはパソコンでソフトを起動させる必要があるため準備に時間がかかってしまい、突発的な打ち合わせ事項が生じた際の瞬間的な対応は難しい。一方で模型は常に形としてあるため、準備の時間がなく、3次元モデルと比較しても日々の打合せの効率化を実現できる。

### (2) 安全管理における活用事例

作成した3次元モデルは安全衛生教育等にも活用した。福井コンピュータのTREND-COREにて作成したモデルをSB　C&S株式会社のmixpace用に拡張子を変えて出力し、タブレット端末を用いて図-6のような3次元的なARやVRを表示する。これを安全教育に使用し、擬似的に現場を体験することで、単調になりがちな安全教育において新鮮さをもって現場状況を再認識することができ、危険箇所や遵守事項の確実な共有、危険意識醸成につながった。その結果、限られた期間における施工であったが、無災害で工事を終えることができた。また、ARは近隣住民や現場見学会での現場説明にも使用し、全く工事経験のない方や土木に詳しくない方が工事内容を把握するためのイメージを共有に役立った。

### (3) 出来形管理における活用事例

#### a) ICT建機の施工データとしての利用

BIM/CIMの活用とともにICT建機による情報化施工を行った。作成した3次元モデルのデータを施工データとしてICT建機に利用し、土工においては施工履歴による出来形管理を組み合わせることにより、施工と同時に出来形の計測を行った。これにより施工完了時の出来形計測が不要になるため、工期や人員の削減につながった。また、ドローン等での出来形管理では降雪等との影響を受けやすいが、施工履歴による出来形管理はバックホウのバケットの軌跡を記録するため降雪等の天候の影響を受けず、施工直後の点群データを記録でき、工程管理にも役立った。

#### b) 出来形計測・数量算出データとしての利用

本工事では樋門の施工延長が約80mと長く、形状も複雑であることから構造物の出来形管理としてハンディレーザスキャナを用いて出来形計測を行った。ICTを用いた出来形計測の方法としては地上型レーザスキャナを用いるのが一般的であり、本工事においても旧樋門撤去の際には地上型レーザスキャナを用いて点群データを取得した。地上型レーザスキャナは開けた場所での計測には適しているが、狭い場所や遮蔽物がある場所では一度に見通せる範囲が限られてしまうため何度も据え付け直して計測を行う必要がある。本工事では樋門本体と鋼矢板による土留めの間に数十cmの隙間しかない場所もあり、地上型レーザスキャナを用いた計測では何度も据え付けを行わなければならず計測に時間を要してしまった。そこで新樋門の出来形計測にはハンディレーザスキャナを用いたデータ取得を試みた。ハンディレーザスキャナは地上型レーザスキャナと比較し、狭い場所や複雑な形状でも移動しながら簡単に計測が可能であるという利点がある。ハンディレーザスキャナの計測方法は、まず事前に現場を囲むように評定点を4点以上設置する。次に設置した標定点からハンディスキャナの位置を計測し、図-7に示すように計測機械を持ちながら該当箇所を歩くことでデータを取得できる。歩行速度によって取得できる点群データの密度は変化するが、本工事の計測においては早歩き程度の速さでも十分な点群データを取得することができ、出来形計測における効率化の実現につながった。ハンディレーザスキャナの課題としては、取得した

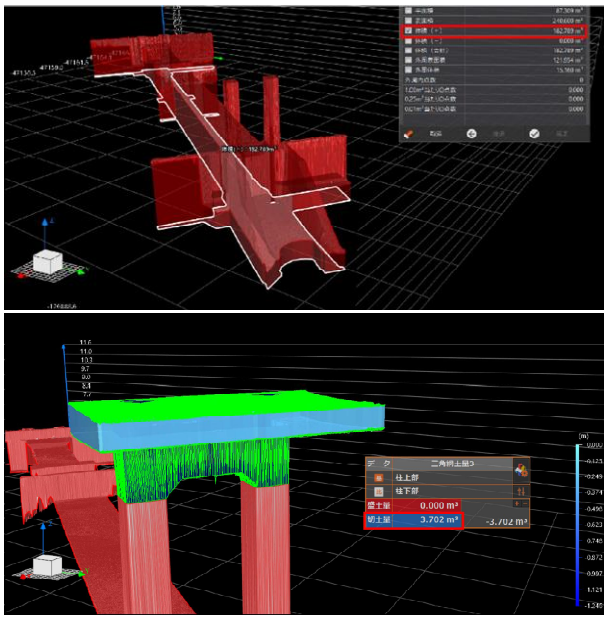


**図-8**　3次元モデルと点群データを組み合わせた
コンクリート体積の算出（旧樋門撤去）

データを現地では確認することが出来ず一度パソコンでデータを取り込む必要があること、樋門の函体のように一面コンクリートで色が同じ場合、移動したときの変化を捉えにくく、位置情報を取得しづらいということがある。また、計測時間は削減できるがデータ整理等の後続作業の時間が削減できるとは限らないため、状況に応じてどのような計測方法が適しているのか施工内容に応じて適切に判断する必要がある。

取得した点群データは3次元モデルと組み合わせて数量算出を行った。施工開始前にはドローン、旧樋門の撤去前には地上型レーザースキャナ、新樋門の完成時にはハンディレーザスキャナでそれぞれ取得した点群データと3次元モデルの面的なデータとの差異を比較することで掘削や盛土量の算出、**図-8**に示すように旧樋門で撤去するコンクリートの体積の計算を行った。従来、コンクリートの体積算出には外寸や内寸をテープ等で一箇所ずつ計測する必要があったが、点群データと3次元モデルを組み合わせることにより、これらの作業は不要となり大幅な計測時間の短縮となった。

また、データはソフト上で計算されるため、数量算出のための資料作成の時間や人員の削減につながった。全体を通した作業時間としては機器等の経験年数に左右される場合もあり必ずしも短くなるとは限らないが、一方で、3次元モデルを組み合わせた数量算出方法では人為的なミスが排除されるため従来の方法よりも精度のよい結果が得られるという利点がある。

## 5. ヒアリング結果と課題の抽出

本工事においてBIM/CIMを導入して感じた効果と課題について受発注者にそれぞれヒアリングを行った。その結果を以下にまとめる。

### (1) ヒアリング結果（受注者）

【BIM/CIM活用の効果を感じられた点】

・意思疎通の精度向上

従来、2次元の平面図等を用いて工事関係者間の日々の打合せを行ってきたが、3次元モデルや模型を用いることで、現場条件を視覚化し、全体イメージの共有を図ることで意思疎通の精度向上につながった。また、打合せは毎日行っており使用頻度も高いことから3次元モデルや3次元模型を用いた利便性の効果を実感しやすかった。

・数量算出の精度向上と横断測量等の現場作業の省力化

開けた場所の計測には地上型レーザスキャナ、狭隘箇所ではハンディレーザスキャナを用いて点群データを取得し、これらと3次元モデルを組み合わせ、ソフト上で数量の算出を行うことで現場での計測作業を短縮することができた。また、人為的な計算過程が排除されるため、計算ミス等のリスクがなくなり数量算出の精度向上につながった。

・安全教育での活用による危険意識の醸成

作成した3次元モデルを変換してARやVRで表示し、擬似的に現場を体験することで単調になりがちな安全教育において新鮮さをもって現場状況を再認識することができ、危険箇所や遵守事項の確実な共有、危険意識醸成につながった。

【BIM/CIM活用の課題点】

・詳細設計業務からの3次元モデルの引継

本工事では、詳細設計をBIM/CIMの本格活用が開始以前に行われていたことから、詳細設計業務での3次元モデルの作成を行っていなかった。このため工事受注後に一からモデル作成を行わなければならず多大な時間と労力を要してしまった。仮に、詳細設計時に作成した3次元データを貸与されていた場合、BIM/CIM活用の義務項目の部分に関しては設計時のデータを打ち合わせ等で閲覧するのみのため大幅な時間削減につながると考えられる。一方で、推奨項目に関しては、受注者によって施工方法や施工順序が異なる可能性があり、例え詳細設計で施工サイクル等が作成されていたとしても、モデルの精度や変更点の有無にもよるが、現場に応じた修正作業が発生すると考えられる。

・大容量データに対応した納品システムの整備

オンライン電子納品の際にASP上で１Gを超えるデータが納品できないという問題が発生した。データ容量が大きくアップロードにも時間を要するため、手戻りが発生すると大きな時間のロスとなる。

### (2) ヒアリング結果（発注者）

【BIM/CIM活用の効果を感じられた点】

・工事内容の確実な把握や人材育成への寄与

近年、樋門の改築工事は道内でもあまり事例がなく、貴重な工事現場であるため現場見学会開催の協力をいた

だく場合もある。見学会では、工事経験が浅かったり、河川以外の別の分野や工事以外の業務を担当したりしている技術者が参加者となることが多い。経験の浅い技術者にとって施工中であれば現在の作業内容、また、完成時には形や大きさ、高さがどうなるのかを現場で2次元の平面図や標準図を見ただけでは想像することは難しい。しかし、3次元モデルやAR等を用いた説明では経験を問わず同じイメージを共有出来るため、工事内容や施工方法に対する理解度向上につながり人材育成に寄与出来る。

【BIM/CIM活用の課題点】

・大容量データに対応したデータ共有システムの整備

ASP等をデータの受渡し、電子納品に用いる場合には、大容量のデータ納品に対応しているか事前に確認し、対応可能なシステムを整備しておく必要がある。また、国土交通省では令和5年3月からインフラ分野のDX推進に向けて、受発注者のBIM/CIM活用促進、関係者間での情報共有等のため、DXデータセンターの本格運用を開始しており[4]、今後は、DXデータセンターに基づいた3次元データの保管･活用も期待されている。このため、受発注者でこれらのシステムの利用方法を理解し試験的に活用していくことも必要と考えられる。

### (3) BIM/CIM導入に対する今後改善すべき課題

BIM/CIMの導入に際しては前章までで述べたように様々な効果がある一方で課題も多く見つかった。本工事での取り組みで見つかった今後改善すべきBIM/CIM活用に対する課題を以下に述べる。

・3次元モデルの確実な引継ぎ

今後は詳細設計で作成したデータを工事業者に渡し、さらに維持管理業者へ渡すというように複数の業者間でデータを引継いで使用することになっていくと考えられる。業者ごとに異なるソフトを用いているため、データの互換性を保つことは重要であるが、データの手直しを防ぐ上では、作成されたファイルが誰でも同条件に、かつ作成者の意図どおりに使用可能であるかも重要である。

このため、テクスチャや点群データ等の3次元データ作成のソースとなるデータも一緒に引継ぐと作成者の意図どおりに受け渡せるためデータを引継いだ場合の手直しの手間が省力化できる可能性がある。ただし、これらのデータを同時に受け渡しする場合、データ容量も大きくなってしまうため、大容量のデータの受け渡しに対応したシステムの整備が必要である。

・設計や工事から維持管理へのデータの利用

建設業全体における生産性向上のために、今後は設計や工事で利用した 3 次元モデルを維持管理につなげていく必要がある。そのためには、土工であれば盛土に用いた材料の種類や透水係数、構造物であればコンクリートの種類やスランプなどの属性情報の付与が必要となる。しかし、これらの情報を付与するためには別のソフトが必要だったり、情報量が増えるにつれデータ容量もより大きくなったりするという課題がある。また、千歳川の流域のように軟弱地盤上での盛土施工の場合、1 次盛土や 2 次盛土で受注者が変わったり、時間が経過したりすると沈下が進行してしまうため、データを引き継いだとしても施工完了時からの変化が生じてしまい、また新たに測量し、データを作り直す必要が出てくることもある。このため今後は BIM/CIM 活用により、どのような効果を期待できるのかを状況や目的ごとに整理し、様々な条件に応じた活用を推進していく必要がある。

## 6. まとめ

本論文では旧千歳川樋門改築工事におけるBIM/CIMの取組概要及びその効果、今後の課題について紹介した。以下にまとめを示す。

施工計画・施工管理においては、3次元モデルや3次元模型を施工ステップの可視化や施工スペース確保等の施工計画の検討、業者間における日々の打合せで使用した。これにより経験年数や知識量によらず現場状況を明確にイメージすることができ、円滑な合意形成に役立った。安全管理においては安全衛生教育に3次元モデルを活用し、ARやVRで擬似的に現場を体験することで危険箇所や遵守事項の確実な共有、危険意識醸成につながった。出来形管理においては、取得した点群データと3次元モデルの面的なデータとの差異を比較することで体積算出を行い、出来形資料の精度向上につながった。ただし、現場での計測時間は短くなる一方、データ整理の時間を要す等、全体の作業時間が必ずしも短くなるとは限らないため、状況に応じてどのような計測方法が適しているのか施工内容に応じて適切に判断する必要がある。

謝辞：本論文の執筆にあたり、北土建設株式会社の皆様並びに株式会社岩崎の皆様はじめ多くの皆様にご意見とご協力を賜りました。この場をお借りして感謝申し上げます。

参考文献

1) 国土交通省：第 25 回基本問題小委員会_資料 1_建設業を巡る現状と課題（2023 年 5 月）
2) 国土交通省：生産性革命プロジェクト
3) 国土交通省北海道開発局：石狩川水系千歳川河川整備計画［変更］（平成 27 年 3 月）
4) 大臣官房技術調査課：事務連絡「DX データセンターの本格運用の開始について（周知）」（令和 5 年 3 月 7 日）

# 大崎出張所管内におけるUAVを用いた河川巡視の試行について

太田　なお子[1]・山内　尚也[1]

[1]東北地方整備局 北上川下流河川事務所 大崎出張所（〒989-6111宮城県大崎市古川鶴ヶ埣字鶴田154-3）

河川巡視の一環である船上巡視は，水際付近の護岸の変状等を確認するために有効な巡視方法である．しかし，河川の水位や天候に左右され巡視の計画が度々変更になる，大崎出張所管内の河川特性から水深が浅く船上巡視困難箇所（未点検箇所）が多い等の問題点が見られた．

本報告は，船上巡視の課題解決と効率化を目的としてＵＡＶを用いた河川巡視を試み，河川巡視の手法として実行可能か検証したものである．

キーワード　河川巡視，ＵＡＶ

## 1. 河川巡視とは

河川巡視は，河川巡視規定[1)] に基づき，定期的かつ計画的に河川を巡回し，その異常や変化等を早期に発見することで適正な河川管理を行うことを目的に委託河川巡視員(以下，巡視員)が行っている．

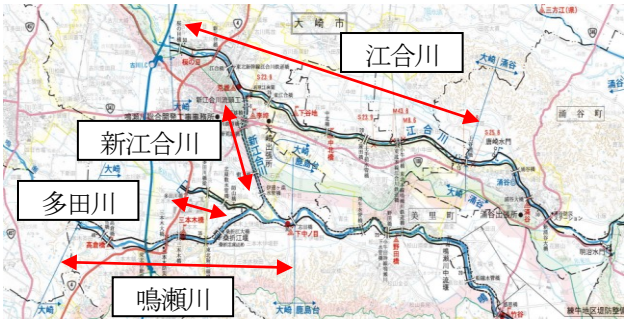



図-1　大崎出張所の管理区間

車上から管内全川を巡視する一般巡視（週２巡）と，特定の目的に応じて巡視する目的別巡視がある．

さらに目的別巡視には河川管理施設を中心に専門巡視員による点検を行う専門巡視がある．

| | |
|---|---|
| 一般巡視 | 主に車上から管内全川を巡視（週２巡） |
| 目的別巡視（一般） | 特定の目的に応じて詳細な目視による確認<br>⇒占用状況、樹木繁茂状況、官民境界杭の状況等<br>※出水期前船上巡視 |
| 目的別巡視（専門） | 河川管理施設を中心に専門巡視員による点検<br>⇒樋門等構造物、許可工作物、護岸・根固め、河岸・河道の状況などの確認　※出水期後船上巡視 |

図-2　河川巡視の種類

巡視員は日々出張所職員(以下，職員)に巡視結果を報告し，職員は報告された事象を判断し，施設の補修，関係機関への通報や補修依頼を行うなどの対応をしており，河川管理の根幹となるものである．

大崎出張所(以下，出張所)管内では河川巡視の一環として，出水期前と出水期後の年２回，船上巡視を行っている．車上からの巡視では見えにくい水際付近の護岸の変状や中州の状況等を確認するため，巡視員と職員が河川維持業者が操縦するボートに乗り河道から点検を行うものである．



図-3　船上巡視の様子



図-4　ボートから見た河岸の状況

## 2. 船上巡視の問題点

船上巡視は，河川上から身近に河岸等の状況を目視確認できる大変有効な巡視方法ではあるが，出張所管内で実施する場合は以下のような問題点がある．

### (1) 未点検箇所多数

出張所管内の河川は，様々な特性を持った河川であり，取水堰等の横断構造物もある中，水深が浅く，巡視可能な範囲が限定される．また河川の水位が高ければ水際付近が見えづらくなり，低すぎればボートの運航が困難になり巡視が難しいため，水位状況や多くの点検関係者の日程等により巡視計画を度々変更するも巡視ができない年もあった．

船上巡視が困難な場合は，高水敷からの目視等により点検を行うが，河岸の樹木繁茂等もあり点検ができない箇所が多いのが現状である．



図-5　河岸の樹木繁茂の様子

### (2) 巡視への注意力が散漫に

水位が低い箇所や横断構造物部では，ボートの操作や上げ下ろしなどを慎重に行う必要があるため，時間と労力を要し，本来の目的である巡視への注意力が散漫になってしまう場面も多々見受けられる．



図-6　ボートの運搬（浅瀬）

### (3) 多くの人員と費用が必要

⑵で述べたとおり，ボートの操作や運搬には事前の準備に時間を要する上，船頭をはじめ多くの人員や費用が必要となる．またボートの上げ下ろしの際などは落水や怪我などの危険も伴うものである．

さらに水位が低い時期に行うため，川底への衝突などによりボートの損傷が多発し補修費用も嵩んでしまう．



図-7　ボートの上げ下ろし作業



図-8　船底の多数の損傷（船内に浸水も）

## 3.　ＵＡＶを用いた河川巡視の実施手順

これらの問題点を解決するものとしてＵＡＶを用いた巡視を試みた．

試行にあたり，実施方法や飛行方法等について，巡視業務を行っている巡視員やＵＡＶ操縦者(以下，操縦者)から意見を伺い，以下の手順で行った．

### (1) 撮影方法の確認(機動性の確保)

過去に撮影した画像から，どの程度水面に接近していれば点検が可能か確認した．また水面に接近しての全川撮影は河道特性(川幅・樹木等)から困難との意見があっ

たことから，出張所において事前に要点検箇所を抽出し撮影を行うこととした．撮影にあたっては１日で全箇所を撮影する必要はなく，操縦者の日程に合わせ，水位や天候をみて期限までに撮影していただくこととした．

### (2) 要点検箇所の抽出及び撮影（効率性の確保）

要点検箇所はメリハリを付けた河川巡視を目指し，堤防近接箇所・過年度災害対応箇所・中州・河川横断構造物設置箇所等とし出張所にて抽出した．

過去に撮影した管理区間全川の空撮画像を利用し要点検箇所を記した図面を作成のうえ，過去工事図面を参考に現地にて撮影を行ってもらった．職員も可能な限り現地にて立会い正確に撮影できるようにした．




図-9　要点検箇所を記した空撮画像




図-10　操縦者と職員が点検箇所を確認しながら撮影する様子



図-11 ＵＡＶによる巡視画像（多田川の護岸）



図-12 ＵＡＶによる巡視画像（鳴瀬川の中州）

### (3) 巡視員(専門巡視員)との点検

撮撮した動画は操縦者に点検箇所ごとに取りまとめを依頼し，後日，巡視員と職員により点検を行った．モニターに動画を映し，出水による影響の有無や変状箇所の進行状況等を確認した．

専門巡視員からは，撮影した動画は鮮明で十分確認が可能であり，気になる箇所は静止または拡大することによりしっかり点検ができるとのコメントを得た．また，船上巡視は体力的にも過酷であるとの感想もいただいた．



図-13 点検風景

## 4.　メリットとデメリット

### (1)　ＵＡＶによる巡視のメリット

**a) 未点検箇所の減少（2.（1）の課題解消）**

撮影は操縦者の都合及び水位や天候を確認し河川の状況がよい日に実施できるため，水位等に左右されにくく，未点検箇所を減少させることができる．また関係者の日程調整にかかる手間も軽減できる．

**b) 効率的かつ経済的な巡視が可能（2.（2）（3）の課題解消）**

船上巡視は肉体的にも過酷であるが，ＵＡＶによる巡視では要点検箇所全て（約30箇所）を１日程度で点検可能であり効率的である．

また動画は十分に鮮明であり，かつ拡大や静止が可能であるため気になる箇所をしっかり点検できる．

さらに，ボートや船頭等人員の準備やボートの補修等が不要となり，経済的かつ効率的である．点検中の落水や怪我なども回避することができ安全面でも優れている．

**c) 河道内の状況や出水前後の比較も確認可能**

中州の状況や河道内(水面下)の状況も俯瞰的に確認出来るため，中州の変遷や根固め工などの状況を確認することが可能となった．

さらに要点検箇所の抽出により，出水前後の河岸状況の全景等の比較が容易となった．継続的に撮影することで，より明確に変状を把握できるようになると思われる．



**図-14** 河道内（水面下）の状況



**図-15** 河道内の状況（堰跡）

### (2) ＵＡＶによる巡視のデメリット（課題の発見）

**a) ＵＡＶ操作技術のある人員が必要**

河川巡視業務は業務委託であるが，現在は巡視業務でＵＡＶ操縦者の確保を必須とする発注仕様ではないため，別途新たに操縦者を確保する必要がある．

**b) 新たな要点検箇所の発見方法が必要**

メリハリを付けた河川巡視を目指し，事前に要点検箇所を抽出して行うこととしたため，試行で定めた方法では，出水等により発生したと推察される箇所以外には新たな要点検箇所の発見には至らない．このため，要点点検箇所の選定の段階で専門巡視員等の見解を得た上で調査箇所を選定することも考えられる．

**c) 樹木繁茂箇所の巡視は困難**

船上巡視でも同様ではあるが，河岸の樹木や低水護岸部の植生繁茂箇所は確認がしにくい．しかしながら，闇雲に徒歩による現地調査を行う箇所が減少し，効率的な調査を行う事ができる様になる．

## 5. 試行の成果

ＵＡＶを用いた巡視は船上巡視の問題点を回避できるとともにメリットも多く，新たに発見された課題を克服出来る方法も確認出来たため，船上巡視の代替として十分に実行可能であることが分かった．

また，これからの河川巡視においては立入困難箇所や危険箇所の巡視，積雪時等の車両立入が困難となった場合など通常の河川巡視時にも有用であると思われる．

河川巡視マニュアル(案)[2]の中でも，目的別巡視では巡視員等が対象物に接近しての詳細な目視による確認を基本としているが，適正かつ効率的な巡視の実施及び高度化に資するためドローンや画像解析などの技術の積極的活用も検討するとされており，効率的な巡視の実施に取り組む姿勢にも資するものと考える．

## 6. 今後の課題と展望

河川巡視は業務委託を活用して実施しているため，当該業務で対応できるような体制（ＵＡＶ操縦者の確保等）を当初から確保できる仕様が必要と考えている．

しかし操縦者の確保等が条件となれば，受注者が限られる場合も想定される．

また撮影した動画の編集（距離標を示す等）ができれば災害発生時などの緊急対応時により活用しやすい資料となるが，費用を含めた受注者の負担が増えることは否めない．

以上のような課題はあるが，今回の河川巡視におけるＵＡＶの試行は，現在進められている河川の戦略的維持管理の中で提示されている「ドローン・画像解析技術等を活用した河川巡視技術開発の推進」の取り組みを控えた第一歩として有意義な成果となったと考えている．

今後の河川巡視においても，業務の効率化に向け関係者と情報交換を行いながら限られた人員・コストの中でも的確な管理となるよう工夫を続けていきたい．

【参考資料】

1) H26.4.1_東北地方整備局河川巡視規定
2) R6.4.1_東北地方整備局河川部河川管理課

# 徳島河川国道事務所における
# 皆で早くお家に帰ろうプロジェクトの取り組み

岡井　大三郎

四国地方整備局　香川河川国道事務所　工務第二課　建設専門官（〒760-8546 香川県高松市福岡町4-26-32）

国土交通省では職員が「働きがい」と「働きやすさ」を両立しながら成長できる職場の実現に向けて, 業務効率化等の実現を含む「組織変革（CX：Corporate Transformation）」が推進されている.

徳島河川国道事務所では, 道路改築の担当者において超過勤務が慢性的に発生しており, 職員の責任感・使命感に依存する業務執行がなされてきた.

そこで職員及び関係者全員が人生の幸せを追及することを可能とする勤務環境の創出を目的に「①仕事の満足度・やりがいを高める」, 「②同じ仕事でも多くの成果を得られる工夫」, 「③短い時間で仕事をするための業務改善」について, 実施した内容を概説する.

キーワード　組織変革（CX）, 生産性向上, 働き方改革, 仕事の満足度・やりがい向上

## 1. はじめに

国土交通省では, その使命である国民の安全・安心の確保等の取組を着実に進めるため, 職員が働きがいと働きやすさを両立しながら成長できる職場の実現に向けて, 業務の徹底的な見直し等による「業務効率化等の追及」の実現を含む「組織変革（CX：Corporate Transformation）」が推進されている. このCXの取組の成果は職員のためだけではなく, 国土交通行政の推進に関わる建設業界で働く多くの関係者（受注者）全員の働きがいと働きやすさの実現に向けた取組であることも必要となる. 徳島河川国道事務所（以下, 事務所）では, 特に道路改築の担当課等において, 超過勤務が慢性的に発生している. 過去から様々な業務改善対策検討が行われてきたが, 著しい改善は実現できず, 職員の責任感・使命感に依存する業務執行がなされてきた. また, 職員を支える受注者も同様と推察される.

事務所では幹部が集まり超過勤務の縮減策が議論された. しかし, 職員がどの業務にどれだけ時間を要しているかの勤務実態が把握されておらず, 有効な業務改善策が採りにくい状況が続いていた. 勤務実態を把握した結果, 根本的な業務改善なしには慢性的な超過勤務の課題解決は困難との認識に至った. 事務所では, 職員及び関係者全員が人生の幸せを追及することを可能とする勤務環境の創出, すなわち「職員の働きがい」と「働きやすさ」の両立を目指して, ①仕事の満足度・やりがいを高める, ②同じ仕事でも多くの成果を得られる工夫, ③短い時間で仕事をするための業務改善を実現させる取組として, キャッチフレーズ「皆で早くお家に帰ろう！」を掲げ, 「徳島河川国道事務所皆で早くお家に帰ろうプロジェクト（以下「ミンプロ」）」を実施している.

ミンプロの要点は2点に絞られる. 1点目は「業務の品質・安全を低下させず事務所職員のみならず受注者も含め, 業務に掛かる総労働時間の縮減を目的に掲げ, 目的を達成するための方法を関係者で共有し, 一体となって実施に向け取り組めた」ことにある. 2点目は「勤務実態（勤務内容と勤務時間）を定量的に把握し, その効果を定量的に評価できる仕組みを取り入れた」ことにある.

本取組が始まって間もないことから, その効果の出現と定量的把握には時間を要するため, 本論文では1点目の取組を中心に, 事務所内に設置したミンプロの実行主体であるミンプロ実行委員会（以下, 実行委員会）にて実施した業務改善を中心に概説する.

## 2. 超過勤務を発生させている課題や背景

働き方改革を進め職員の健康と仕事に対する満足度・やりがいの向上等が求められている中, 事務所では以下の問題が発生している. 下記問題の解決なしに「職員の働きがい」と「働きやすさ」の両立は困難である.

### (1) 職員の慢性的な超過勤務時間の発生

・勤務内容と勤務時間を定量的に把握できていない.

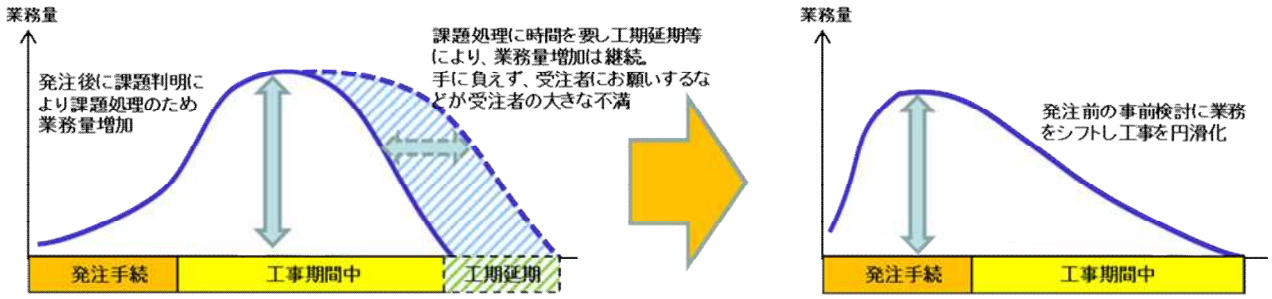



**図-1**　工事発注後の処理による業務量の増加を改善

・重要な業務に十分な勤務時間を配分できているか否か把握できていない.

・業務改善を実施するに際し, 改善・効率化すべき対象業務, 対象業務に費やしている時間が把握できていない.

**(2) 工事発注後の課題判明により手戻り作業が多い（課題処理に時間を要し, 工期延期等の業務量が増加）**

**a) 用地関係**

・工事発注時, 工事区域に用地未買収地がある.

・地権者要望事項や, 地元からの要望等が事務所内で情報共有できていない.

**b) 協議関係**

・設計段階における必要な各関係機関への事前協議が未了のまま工事発注している.（工事段階において協議すると工事の停滞につながる）

・埋蔵文化財調査（試掘･本掘）が未了のまま発注.

**c) 支障物件関係**

・支障物移転（電柱･信号等）を工事で対応する場合があり本体工関係に着手するまでに時間を要するとともに大きな増額要素となっている.

・発注段階における現地調査で, 明らかに支障となる物件を当初発注に含めず, 変更対応としている.

・地下埋設物等の確認漏れ, 施工範囲の認識不足（発注課内での情報共有）, 移転工法の認識不足（地下埋設での工期不足）

**d) 施工関係**

・工事において, 借地が必要なもの（施工ヤード等）について, 地権者に事前説明が未了（万が一借地を反対された場合に工事が中止するなどの対応が必要）

・工事用道路の計画が出来ておらず, 工事発注までに官借地が出来ていない.

・仮設関係の計画が十分に考慮されていないことがあり, 協議・設計に時間を要して工期変更の必要が生じる（指定仮設として工事発注するものに関しては設計成果があるべき）

・トンネル工事など残土が発生する工事において搬出先が未定のまま発注された場合, 調整に時間を要し一時中止の懸念がある.

・仮設工の設計が施工実態に沿っていないことが多いため, 工事発注後に検討を要することが多い.

## 3. ミンプロ実施の目的と留意点

四国地方整備局では「発注者の心得」[1]として, 図-1に示すとおり, 工事に関する業務量を前倒しすることで工事を円滑化し, 工期全体の総業務量の削減が重要とし, 予算要求だけを仕事とせず, 予算の適正かつ確実な執行を意識し, 事業の進捗を踏まえた事業マネジメントに事務所全体で取り組むこととしている.

整備局の方針を念頭にミンプロでは, 公共工事に関わる工事・業務品質を維持したまま, 事務所が実施する調査・設計・施工・維持管理・更新における勤務時間を縮減することにより, 受注者も含めた関係者の早期帰宅を可能とする職場環境の実現を目指す取組を実施している.

発注工事では, 設計検討の不備や関係機関間の調整不足が原因で, 工事契約後に発注図修正や関係機関協議が必要となり, 工事施工に手戻りが生じる事例が確認される. これらの手戻りは, 工数の増加および労働負荷の偏在を招き, 職場環境の改善を阻害している状況も散見される.

ミンプロでは次の2点を留意し実施している.

①調査・設計・施工・維持管理・更新の各段階における手戻り発生要因を明確化すること. また, その影響を定量的および定性的に把握すること.

②明らかになった要因に基づき, 品質を維持しつつ勤務時間等の縮減を実現するための新たな具体的な業務プロセスおよび運用方法を設計し実装すること.

## 4. 目的達成に向けた実施内容

**(1) ミンプロの開始**

初めての取り組みで手探りの状況であったが, ミンプロの開始にあたり規約・やることリスト・全体工程表を

作成し, ミンプロの進め方について事務所幹部職員と意識を共有しながら, 取組の具体化を進めることとした.

また, ミンプロを成功させるという職員全員の当事者意識の醸成を重視し, 下記①～④に留意して3回の実行委員会を開催した.

留意点

①各工程終了毎にミンプロを開催し, 横断的な連携を図る.

②担当職員の意識向上のための勉強会を実施し, 取組に関する全員の意識合わせを図る.

③ミンプロ開催日は懇親会を実施し, 会議中に言えなかった本音を語る場を設ける. また, 喧嘩しても水に流せるように促し, コミュニケーションの向上を図る.

④事務局では全ての作業は行わず, 各課にて問題点の抽出・現在の会議状況・チェックリスト等の洗い出しを実施し, 自分事として意識を高める.

**a) 第１回実行委員会開催内容（令和6年3月11日）**

・勉強会

・規約の承認

・現在の状況及び目的達成のための作業内容（全体工程表含む）

・問題点の抽出作業依頼

**b) 第２回実行委員会開催内容（令和6年6月26日）**

・経緯説明（ミンプロ成功のための意識の醸成）

・問題点の集計結果報告（検証・分類分け等）

・勤務内容の洗い出し及び対策の検討

**c) 第３回実行委員会開催内容（令和6年9月24日）**

・勉強会

・ミンプロ（事務局案）の承認及び事務所長名で所内に実施を通知

**d) 【番外編】外部講師による勉強会**

・生産性向上の定義

・付加価値労働生産性の測り方（素案）と生産性の改善手法

### (2) 職員の業務時間の見える化及び意識改革の業務日報

職員の業務時間の定量化（見える化）・定型化が図られていない課題がある. お金や予算は収入と支出を正確に把握することで, 適切に支出･執行している. 一方, 勤務時間･労働時間に関しては, 収入にあたる使える総量（総労働時間）は意識しておらず, 支出にあたる使い方（費やした時間と業務内容）は定量的な把握がなされていない. また, 地方整備局では同じ法律, 同じ予算費目, 同じ記述基準を用いてインフラ整備を行っており, 同じ名前の課（例：工務課、調査課）であれば, 同じ仕事の仕方･作業をしていることが想定されるが, 作業の実施方法は個人に委ねられていることが多く, 具体的な日々の作業は十分に定型化できていないといえる. このため, 日々の業務・作業内容確認し, 作業を分類して定型化するとともに, 業務内容とその業務に費やした時間を記録する業務日報の記録を付けることを推奨した.

業務日報の記載内容は「日付, 開始・終了時間, 業務, 作業内容」とした.

業務日報を記録することで, 時間の有限性と作業効率化の必要性を職員に再認識させ, 業務の執行に対する意識向上に貢献した.

また, 業務日報により各作業に費やしている時間を定量的に把握することが可能となった. 定量的な作業時間の把握により, 地元調整や工事中の課題への対応に時間を要していることが判明した.

さらに, 業務日報の解析により, 重点業務と他業務の対応の判断（優先度の可視化と作業削減）に大きく貢献した.

### (3) 勤務時間の増加対策・縮減対策を実施する勤務内容の洗い出し, 対策の検討

現状の会議・様式について, 明文化を実施し, 現在の工事発注における問題点の洗い出しを行なった,

結果として, 用地関係（設計協議or買収時の地元条件の有無, 構造と用地幅の不備, 補償物件の処理）, 協議関係（河川協議, 交差協議, JR協議, 水路協議等々, 埋蔵文化財調査の状況）, 支障物件関係（電力, NTT, 上下水道, ガス, CATV, 情報BOX等々）, 事業損失関係（井戸, 電波障害, 日照阻害, 家屋調査, 環境アセスメントの配慮等々）, 施工関係（工事用進入路, 施工ヤード, 仮設備計画, 残土処理場, 地元要望等々）の問題点や情報共有及び引き継ぎが不十分な事案が散見された. また, 定例会, タスク会議等についても会議自体が形骸化しており, 各会の目的についても曖昧であったことも分かった.

そこで, 設計段階での不備を解消するため, 発注者にて渉外チェックリストの様式を作成し, 設計を受注しているコンサルタントでリスト案を作成する事とした. 作成された渉外関係チェックリスト案を基に, 定例会・タスク会議にて対応・処理し, 精度を上げた内容を渉外関係チェックリストにフィードバックする事で, 設計段階での確実な引き継ぎ及び申し送りを行い, 不備を解消することとした.

一方で「工事発注準備会議及び工事発注検討会」が自発的に開催されることとなったため, 渉外関係チェックリスト・定例会・タスク会議等により熟度が向上した業務内容は, 工事発注検討会で最終的なチェックを実施し, 工事発注後の手戻りを削減するよう運用している.

なお, 各会チェックリスト等において「心得」「役割」を記載している.

［内容］

■業務日報の作成にあたり、各自で業務内容・作業内容の項目設定を行う。（ココ重要！）

■毎日の勤務内容を、設定した項目のプルダウンで選択することで、比較的容易に業務日報を作成することができる。（項目を設定することで自動集計される）

■業務日報を作成することにより、勤務時間にどのようなことに時間を使っているのかなどを自らが把握することができる。（振り返りにより有益性の理解も出来る）

**勤務日報**

**所属**　徳島河川国道事務所　計画課

**氏名**　岡井　大三郎　　※行追加は、最下段をコピー

| 日付 | | 開始時間 | 終了時間 | 業務 | 作業内容 | 備考 | 作業時間 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2024/4/1 | (月) | 8:30 | 10:00 | 未事業化区間(美波ー牟岐 | 予算要求 | | 1:30 |
| 2024/4/1 | (月) | 10:00 | 11:00 | 未事業化区間(美波ー牟岐 | 協議-所内 | | 1:00 |
| 2024/4/1 | (月) | 11:00 | 12:00 | 未事業化区間(美波ー牟岐 | 予算要求 | | 1:00 |
| 2024/4/1 | (月) | 13:00 | 15:00 | 共通 | 業務-打合せ | | 2:00 |
| 2024/4/1 | (月) | 15:00 | 18:15 | その他 | その他-資料作成 | ミンプロ委員名簿更新 | 3:15 |
| 2024/4/2 | (火) | 8:30 | 10:00 | 予算関係 | 予算要求 | | 1:30 |
| 2024/4/2 | (火) | 10:00 | 12:00 | 交通量関係 | その他-資料作成 | 坂野トラカン等一時使用書類作成 | 2:00 |
| 2024/4/3 | (水) | 8:30 | 12:00 | 予算関係 | 予算要求 | | 3:30 |
| 2024/4/3 | (水) | 13:00 | 16:00 | 予算関係 | 協議-所内 | | 3:00 |

図-2　業務日報

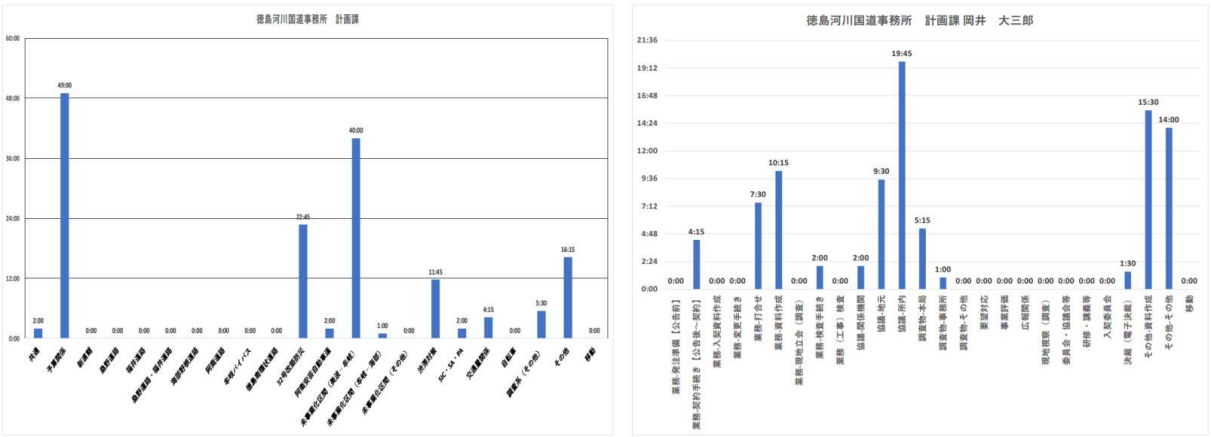



図-3　業務日報の解析

### (4) 本来あるべき責任の所在及び役割分担の再整理

ミンプロにおける最重要事項は「総責任者の選任」であった. 通常, 副所長を選任するところが通例であるが, 副所長の仕事量の分散が重要課題であったため, 事業対策官を総責任者とし, 各会・リストの作成については担当課長の責任とした.

ヒアリング結果より, 役割分担に関し各個人の考え方に差異が生じていることがわかったため, 関係者全員で役割分担を確認し, 決定する方法を採択した.

役割分担の決定方法として, RACI図 を採用した.

### (5) 【番外編】ミンプロ塾の開催

ミンプロでの勉強を, ベテランだけでなく, 若手職員にも開かれたものにした.

若手職員の「仕事の満足度・やりがい」「能力」を高めるためにミンプロ塾を月1回（90分／回）開催した. 塾長は副所長とし, 教官は岡井が実施することとした.

勉強内容は以下のとおり.

**a)** ミンプロの紹介　**b)** 時間の講義（時間は有限）
**c)** 時間の見える化及び時間マネジメントの意識改革
**d)** 仕事と労働の違い　**e)** インフラの必要性
**f)** 道路の必要性（wisenet2050を交えて）
**g)** 「発注者の心得」について　**h)** 道路の歴史と役割
**i)** 道路の計画から維持管理までの流れ　**j)** 渋滞

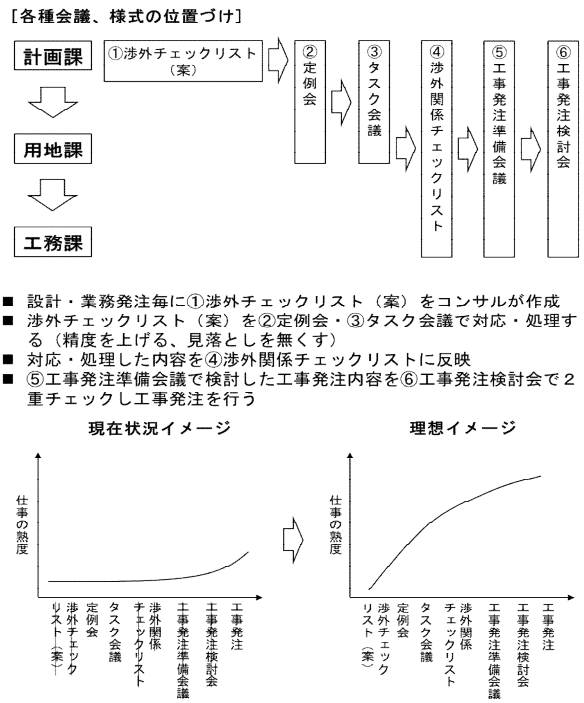



図-4　各種会議、様式の位置づけ

勉強会開催するに「ウェルカムミュージック」,「ナゼナゼトおもう神（シール）の配布」,「ミンプロ塾開催後の懇親会」を実施し, 主体的な参加を促した.

また, グループワークや「今月のなぜ？っと思った仕事内容の紹介及び解決方法」についての発表等も実施した.

### (6) ミンプロ実施における所感・反省点等

#### a) 業務日報

業務日報を記録するよう指示したが「忙しい」「やる意味がわからない」等の理由により指示を守らない方が散見した. 業務日報を作成する意味について, ミンプロ塾を通じてもっと周知することが必要であった.

#### b) 「ビジネス書「ザ・ゴール」より学ぶ」の実施

ビジネス書「ザ・ゴール」から著書内容の勉強を行い, 国交省の場合に置き換えて勉強会を実施した. この勉強会を機に委員のやる気スイッチがＯＮとなったように感じている. 勉強会は個々の能力及びやる気を高めるためにとても大切な事であると感じた.

#### c) ペーパー作成の意義

意識合わせをするためにはペーパー作成が重要.

ペーパーがあっても細かい意識合わせまではできない.

相手に「理解」→「共感」→「行動してもらう」ためにはペーパー作成等,「面倒くさいけど、手間をかける」ことが重要と感じた.

#### d) 「楽しい」の重要性

楽しいと思う（思ってもらう）ことも重要.

事務所長登場ミュージックをかけたところ, 事務所長ノリノリ＆皆も爆笑したことで, 不思議な一体感が生まれ潤滑なコミュニケーションが図れた.

## 5. 評価

ミンプロによる業務改善の達成度合いについて, 評価を試みた.

本来であれば,「指示書・協議書の本数」,「業務日報の集計」等の定量的指標をもって評価することが望ましいが, ミンプロの実施（事務連絡の発出）が今年度途中（R6.9.30）であったことから, 年間を通した指標の算出は, 本論文の執筆時点において至っていない. そこで, 本論文においては「座談会」を通した定性的な意見収集をもって, 取り組みの評価に代えることとした.

座談会における意見収集結果

(1)今年度は準備期間として仕込み・土台作り・係員へ

RACI図（チームメンバーの役割を特定）

| | | 事業対策官 | 計画課・道路調査課 | | | | | 用地対策官 | 用地課 | | | 工務課 | | | | | | コンサルタント |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 課長 | 係長 | 係員 | 技術員 | PPP | | 課長 | 係長 | 係員 | 課長 | 監督官 | 係長 | 係員 | 技術員 | 持ち帰り積算 | |
| ①渉外チェックリスト 業務単位 | リスト作成 | C I | A | C | C | R | R | C | C | C | C | C | | C | | | | R |
| | 打合せ 事務局 | | | | R | | | | | | | | | | | | | |
| | 打合せ リスト内容確認 | C I | R | | | | | | | | | | | | | | | |
| ②定例会 事業単位 | 資料作成 | | | | | R | R | | | | | | | | | | | |
| | 会議 事務局 | | | | | R | R | | | | | | | | | | | |
| | 会議 課題の共有・解決方針の決定 | C I | A I | C | C | | C | C | A C | C | C | A C | | C | C | C | | |
| ③タスク会議 事業単位 | リスト作成 | C I | A | R | | R | R | | R | R | R | R ※1 | | | | R ※1 | | |
| | 会議 事務局 | | | | R | | | | | | | | | | | | | |
| | 会議 進捗状況の確認 | ※2 C I | A C | A C | C | | A | C | A C | C | C | A C | | C | | | | |
| ④渉外チェックリスト | リスト更新 | C I | A | C | C | R | R | C | C | C | C | C | | C | | | | |
| ⑤工事発注準備会議 | リスト作成（R7当初に決定予定） | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 会議 事務局 | | | | | | | | R7年度当初に決定予定 | | | | | | | | | |
| | 会議 進捗状況の確認 | C I | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⑤工事発注検討会 | リスト作成 | C I | | | | | | | | | | A | | C | C R | | | |
| | 会議 事務局 | | | | | | | | | | | | | | R | | | |
| | 会議 課題等の対応方針の決定 | ※2 C I | C | C | | C | C | | | | | C | | A | A | C | C | |

R　R は Responsible（実行責任者）で、実際に仕事を行う人です。
A　A は Accountable（説明責任者）で、仕事の承認を担当します。多くの場合マネージャーがこれに該当します。
C　C は Consulted（協業先）で、仕事について意見を述べるべき人です。チームメンバーのみならず、別のチームの誰かがこれに該当する場合もあります。
I　I は Informed（報告先）で、仕事の進捗状況や結果に関し報告を受ける人です。作業中に意見を言うことはありません。

※1　工事中の案件は工務課も参加する。
※2　タスク会議ー進捗状況の確認、工事発注検討会ー課題等の対応方針の決定には副長も参加する。

図-5　RACI図

の負担減に注力することが可能となり,乱雑となっている状態を整理することができた.

(2) 大きな問題として,予算管理に課題があることが明らかになった.工事の変更増額等により,工事完了時にならないと工事費が確定しないため,工務課への報告・相談が必要であることが分かった.

(3) 工事発注検討会,工事発注準備会といった新しい取り組みや,席替えの実施により,効率化に一歩前進した.

**a)** 工事発注準備会により,工事発注検討会前に発注内容を精査することができ,特別調査依頼をはじめとする動き出しの迅速化・全体的な工事発注の円滑化につながった.また,予算管理の面でも,精度が向上し有効となった.

**b)** 現在事務所では計画課・工務課の改築系配席がフロア内で離れており,その配席状況が円滑な情報共有を阻害している,という意見が得られた.そこで,情報伝達効率化の一環として,次年度よりフロア内で席替えを実施し,改築系の配席を見直すことで,情報共有の円滑化を図ることとした.

以上の意見を踏まえると,座談会における本取り組みの評価は次の通りである.

(1) 今年度は問題認識・課題整理が中心となり,全体的な業務改善には至らなかったものの,先行で実施した対策が有効に機能しており,今後の対策実施に期待が持てる.

(2) 各メンバーが,問題共有から課題整理,対策実施,事後検証のサイクルに関わることで,事務局からの投げかけだけではなく,組織として個々が動き出すようになった.(TOC理論の実践開始)

## 6. 今後に向けた課題

本取り組みの実施内容を踏まえ,業務効率化の実現に向けて,今後は以下7点の課題を解決することが必要と考えられる.

① 成功例と失敗例の記録(TOCの履歴保存)

成功事例・失敗事例を体系的に記録・共有することで,再発防止策や好事例の横展開が可能となる.特にTOCに基づく改善履歴を蓄積することで,次回以降の意思決定の精度向上が期待される.

② DXを踏まえた情報の統一化、様式の統一化

業務の効率化を進める中で,DX化は必要不可欠である.今回、土台作りが出来たので,報告様式の統一や共有フォーマットの整備を行う必要がある.今後は本省で進めているDXと融合することにより,情報の利用性と検索性を高める必要がある.

③ 各個人の意識改革の継続方法

一時的な意識改革ではなく,継続的な行動変容を促すためには,定期的なフィードバック機会や,成果の「見える化」によるモチベーション維持が重要.また,組織内でのロールモデルの育成も有効である.

④ ミンプロの継続方法(マネジメントシステムの導入検討)

我々は転勤族であるため,良い行動を実施しても一過性のものになりがちである.ミンプロを継続をするためにマネジメントシステム(ISOを参考)の導入について検討が必要である.

⑤ 工事発注後の対地元関係(引継ぎ)

発注後の地元対応は,担当者間の引継ぎが不十分だとトラブルの原因となる.地元対応履歴の共有や,引継ぎ様式の標準化により,継続的な信頼関係構築を目指す.

⑥ 工事発注後の予算管理(コントロール)

発注後の予算執行において,変更や追加対応が発生することが多いため,工事変更額の精度の向上及びリアルタイムの予算状況把握ができる体制の構築が必要である.

⑦ 広報(コンサル・施工業者への決意表明)

本取組の趣旨や改善方針を,コンサル・施工業者に対して明確に発信することで,協働意識の醸成と業務改善への主体的な参画を促す.説明会や文書による広報活動の強化が求められる.

## 7. おわりに

本取組を通じて,組織内の全員が同じ方向性を共有し,協働することの力強さを実感した.特に,業務の初期段階から課題を明確化し,対策を講じる「フロントローディング」の実践が有効に機能したことは,今後の業務改善における好事例となり得ると確信している.

ミンプロは,「仕事の満足度・やりがいの向上」「同じ業務でもより多くの成果を得る工夫」「短時間で効率的に業務を遂行し,プライベートの時間を確保する」ことを通じて,「職員および関係者全員が人生の幸せを追求する」ことを目的として実施した.その中で,業務のマネジメントがいかに重要な役割を果たすかを改めて認識するに至った.

この目的を達成するためには,「幹部職員の組織マネジメント意識の醸成」および「各個人の能力強化と意識変革」が不可欠である.これらを支える手段として,継続的な「勉強会」の実施は極めて重要であり,今後も継続的に取り組む必要がある.

[1] 四国地方整備局企画部技術管理課:発注者の心得,pp3,2024.3

# トンネル内面調査の
# 省人化・効率化に向けた実証試験

小林　志歩

独立行政法人水資源機構　総合技術センター　水路グループ

（〒338-0812 埼玉県さいたま市桜区神田936）

水路トンネル（山岳トンネル）は，経年劣化による不具合や地震による損壊が発生すると，復旧に多大な費用と時間を要するうえ，利水に大きな影響を与えることから長期間の断水は許容できない．このため，事前に施設状態を調査・把握し，予防保全的な対策を実施することが課題である．こうした課題を解決するため，水路トンネルのひび割れや湧水，覆工背面空洞や覆工巻厚に関する調査の省人化・効率化に繋がると期待できる方法について情報を収集・選定し，実証試験を行ったところ，トンネル内径2R=3.0m以上又はひび割れ密度0.4m/m$^2$以上の場合や覆工背面空洞の有無のみを把握する概査において，有効な方法と考えられる結果が得られた．

キーワード　水路トンネル，調査の省人化・効率化，ひび割れ・湧水調査，
覆工背面空洞・覆工巻厚調査，AIによる画像解析

## 1. はじめに

水路トンネル（山岳トンネル）（以下，「トンネル」という）は，その多くが水路の最上流部に位置し，日常の維持管理に手間が掛かるほか，経年劣化による不具合や地震による損壊が発生すると，復旧に多大な費用と時間を要するうえ，利水に大きな影響を与える．このため，事前に施設の状態を調査・把握し，予防保全的な対策を実施することが課題であるが，通水確保のために長期間の断水は許容できず，調査・補修・補強は容易ではないことから，調査の省人化・効率化が必要不可欠である．

これまで水資源機構では，トンネルの構造物本体の状態を調査・把握する方法（以下，「従来方法」という）として，人的な目視調査（以下，「目視調査」という）や 2 次元レーザー画像撮影（以下，「2 次元レーザー」という）によるひび割れ・湧水調査，接触式電磁波レーダー探査（以下，「接触式レーダー」という）による覆工背面空洞・覆工巻厚調査を実施している．

しかし，目視調査は，調査員の力量や経験量によって調査結果に差異が生じるほか，手書きでの結果整理に多大な時間と労力が必要である．また，2 次元レーザーは，撮影した画像が白黒で確認しづらく，接触式レーダーは，探査機を常に測定対象物に押し当てておく必要があり，専用の人員と繊細な作業が必要である．このような難点を解消し，調査を省人化・効率化するため，トンネルに適用可能な調査方法の情報を収集・選定し，実証試験を行った．

## 2. 調査方法の情報収集・選定

新技術情報提供システム（NETIS）や各種専門誌等の幅広い文献から，トンネルに適用可能であり，人力による設置・移動を前提とした調査方法の情報を収集・選定した．[1), 2), 3), 4)]

### (1) ひび割れ・湧水調査

AI による画像解析と組み合わせることで，調査員の力量等による調査結果の差異を解消し，調査結果をデジタル化することで，結果の整理が容易となり，調査の省人化・効率化に繋がると期待できる調査方法として，エリアカメラ画像撮影（以下，「エリアカメラ」という）及びラインセンサカメラ画像撮影（以下，「ラインセンサ」という）を選定した．また，覆工全体を 3 次元でスキャンし，その結果を点群データで記録することで，トンネルのモデル化，経年変化の定量的な比較が可能となる 3 次元レーザースキャニング（以下，「3 次元レーザー」という）を選定した．

### (2) 覆工背面空洞・覆工巻厚調査

探査機の押し当てが不要で，道路トンネルにおいて，交通規制をせずに走行しながら覆工背面空洞・覆工巻厚を迅速に探査することができる調査方法として実用化されており，水路トンネルにおいても通水しながら覆工背面空洞高さや覆工巻厚を測定することで，調査の省人化・効率化に繋がると期待できる調査方法として，非接触式電磁波レーダー探査（以下，「非接触式レーダー」という）を選定した.

## 3. 実証試験

### (1) 実証試験の目的

これまで水資源機構では採用していないトンネル調査方法（以下，「比較方法」という）であるエリアカメラ，ラインセンサ，3 次元レーザー，非接触式レーダーについて，従来方法の目視調査や 2 次元レーザー，接触式レーダーと比較し，調査の省人化・効率化に繋がるか確認することとした.

ただし，ひび割れ・湧水調査については，今回，比較対象とする従来方法を目視調査とし，目視調査より精度が劣る 2 次元レーザーは比較対象外とした.

なお，実証試験は，現在，大規模地震対策を実施中の豊川用水二期事業において，事業対象施設となっている東部幹線水路の高松トンネル（標準馬蹄形，延長 760m，内径 2R=2.3m，空水可能期間 1 か月）をフィールドとして実施した.

### (2) 調査項目

調査項目は，「農業水利施設の機能保全の手引き【水路トンネル】（農林水産省 2016 年 8 月）」における調査項目の「ひび割れ」，「湧水」，「覆工背面空洞の有無」，「覆工巻厚」及び「覆工背面空洞の高さ」とした.

### (3) 調査方法

**a) ひび割れ・湧水調査**

目視調査（従来方法）は，調査員がトンネル内を歩行しながら目視で変状（ひび割れ，変形，剥離剥落等）を確認し，コンベックスやクラックスケール等を用いて変状の測定を行い，その結果を写真やスケッチで記録する調査方法である.

エリアカメラ，ラインセンサ（比較方法）は，**写真-1** のように，カメラ又はセンサを取り付けた台車を調査員が手押しし，覆工全体の撮影を行い，その結果を画像で記録する調査方法である.

また，3 次元レーザーは，**写真-2** のように，3D スキャナを取り付けた三脚を概ね 10m 置きに据え替えながら覆工全体をスキャンし，その結果を点群データで記録する調査方法である.

**b) 覆工背面空洞・覆工巻厚調査**

接触式レーダー（従来方法）は，レーダー探査機を取り付けた台車を調査員が手押しし，探査機を覆工に押し当てて，天端の覆工背面空洞の高さ，覆工巻厚の測定を行い，その結果を波形データで記録する調査方法である.

非接触式レーダー（比較方法）は，**写真-3** のように，レーダー探査機を取り付けた台車を調査員が手押しし，探査機と覆工との間に離隔を取り（押し当てず），天端の覆工背面空洞の高さ，覆工巻厚の測定を行い，その結果を波形データで記録する調査方法である.

なお，実証試験は，探査機と覆工との離隔を 0.5m と 1.0m の 2 ケースで実施した.

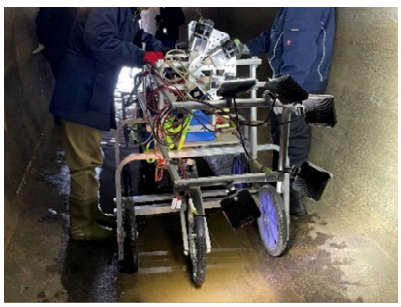


**写真-1** ラインセンサを取り付けた台車



**写真-2** 3D スキャナ（3 次元レーザー）



**写真-3** 非接触式レーダー探査機

### (4) 調査結果

#### a) ひび割れ・湧水調査

ひび割れ・湧水調査の結果（一部区間の展開図及び点群モデル図）は**図-1**，**図-2** のとおりである．

目視調査（従来方法）では，試験区間全体で，最小幅 0.1mm（水密性に影響を及ぼす幅 0.15mm のひび割れを含む計測目標最小値）以上のひび割れを 44 本確認するとともに，トンネル内への湧水（滲み程度）を 21 箇所確認した．

エリアカメラ，ラインセンサ（比較方法）では，双方とも試験区間全体で，AI による画像解析により，ひび割れ数，湧水箇所数について，目視調査（従来方法）の約 95%（平均）の検出率で確認できた．

また，3 次元レーザー（比較方法）では，試験区間全体で，幅 1.0mm 以上の比較的大きなひび割れは確認できたが，目視調査（従来方法）で確認できた幅 0.1mm 以上 1.0mm 未満のひび割れ，湧水箇所は確認できなかった．

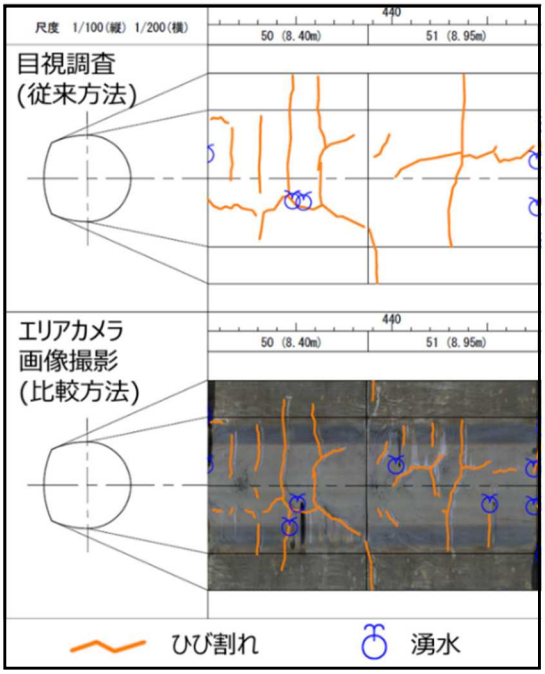



**図-1**　ひび割れ・湧水調査の結果（展開図）




**図-2**　ひび割れ・湧水調査の結果（点群モデル図）

#### b) 覆工背面空洞・覆工巻厚調査

覆工背面空洞・覆工巻厚調査の結果（一部区間の縦断図）は**図-3** のとおりである．

接触式レーダー（従来方法）では，最高空洞高さ 47cm，最大覆工巻厚 53cm，最小覆工巻厚 19cm であった．

非接触式レーダー（比較方法）では，覆工との離隔 0.5m のケースにおいて，背面空洞の高さは測定できなかったが，縦断方向に 2m 以上連続する空洞の有無（位置）は確認できた．また，覆工巻厚については，接触式レーダー（従来方法）と同位置で最大覆工巻厚 52cm，最小覆工巻厚 23cm であり，接触式レーダー（従来方法）と約 90%（平均）の一致率で測定できた．なお，覆工との離隔 1.0m のケースでは，空洞の有無（位置）すら確認できなかった．

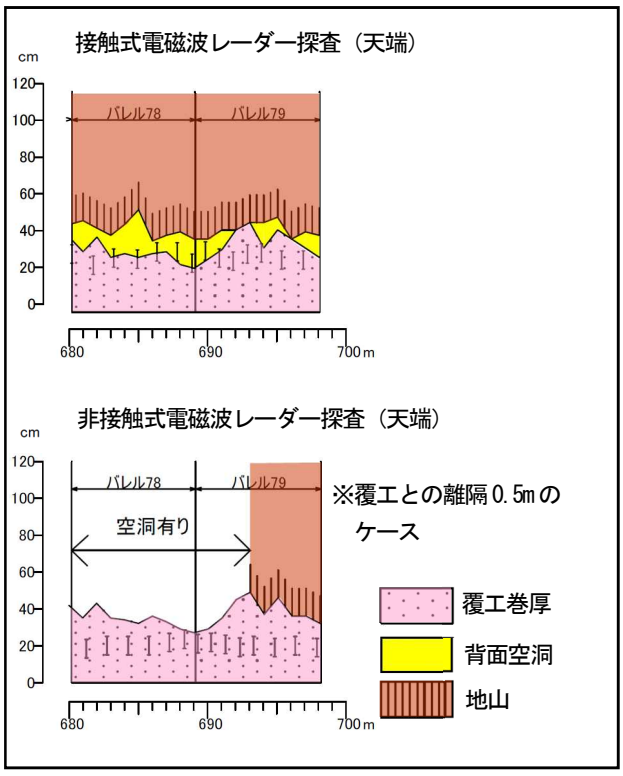



**図-3**　覆工背面空洞・覆工巻厚調査の結果（縦断図）

### (5) 調査費用

**a) ひび割れ・湧水調査**

調査に要した人数等を元に，目視調査（従来方法）の調査費用を 1.0 とした場合の調査費用の比率を整理（豊川用水の標準的な内径 2R=2.3m，延長 1,000m のトンネルに換算）した結果は**表-1** のとおりである．

太枠のエリアカメラ，ラインセンサ，3 次元レーザー（比較方法）は，目視調査（従来方法）に比べて現地調査人数は少ないものの，機械経費・技術料が高額なうえ，画像処理等に多くの人数が必要となることから，調査費用の比率が大きくなることが判った．ただし，現地調査については，目視調査（従来方法）に比べて大幅に省人化できることから，断水期間の短縮が可能となる．

**b) 覆工背面空洞・覆工巻厚調査**

調査に要した人数等を元に，接触式レーダー（従来方法）の調査費用を 1.0 とした場合の調査費用の比率を整理（豊川用水の標準的な内径 2R=2.3m，延長 1,000m のトンネルに換算）した結果は**表-2** のとおりである．

太枠の非接触式レーダー（比較方法）は，接触式レーダー（従来方法）に比べて現地調査人数は少ないものの，画像判読等に多くの人数が必要となることから，調査費用の比率が大きくなることが判った．ただし，現地調査については，接触式レーダー（従来方法）に比べて省人化できることから，断水期間の短縮が可能となる．

## 4. まとめ

### (1) 適用性

実証試験を行ったエリアカメラ等並びに非接触式レーダー（比較方法）の適用性は**表-3**，**表-4** のとおりである．

エリアカメラ，ラインセンサ（比較方法）は，実証試験で「ひび割れ」，「湧水」を目視調査（従来方法）の約 95%の検出率で確認できたが，2 次元画像のため，「変形」，「剥離剥落」等は理論上確認できない．

3 次元レーザー（比較方法）は，実証試験では「ひび割れ」，「湧水」を確認できなかったが，変状を点群データ（3 次元）で記録できるため，理論上，「変形」，「剥離剥落」等は確認できる．

このため，これらの比較方法を目視調査（従来方法）に代わる調査方法として，単独で適用することは現実的ではない．しかしながら，これらの比較方法を適切に組み合わせて相互補完することで，目視調査（従来方法）に代わる調査方法として適用が可能と考えられる．

また，非接触式レーダー（比較方法）（覆工との離隔 0.5m）は，実証試験で「覆工背面空洞の有無」，「覆工巻厚」を接触式レーダー（従来方法）と約 90%の一致率で測定できたが，「覆工背面空洞の高さ」は測定できなかった．

このため，接触式レーダー（従来方法）に代わる調査方法として適用することは現実的ではない．しかしながら，非接触式レーダー（比較方法）は，探査機をボート等に搭載して覆工との間の離隔 0.5m 以下を維持できれば，通水しながらの調査が可能となることから，覆工背面空洞の有無のみを把握する概査や長期間の断水が許容できない（トンネルを空水にできない）場合に，接触式レーダー（従来方法）に代わる調査方法として適用が可能と考えられ，時間的制約が緩和される．

**表-1** ひび割れ・湧水調査の調査費用の比率

| 調査方法 | 現地調査（人） | 機械経費（円） | 技術料（円） | 画像処理等（人） | 調査費用の比率 |
|---|---|---|---|---|---|
| 目視調査 | 13.3 | 38,000 | － | 9.0 | 1.0 |
| エリアカメラ | 1.0 | 55,000 | 650,000 | 15.0 | 1.4 |
| ラインセンサ | 1.0 | 132,000 | 650,000 | 15.0 | 1.5 |
| 3次元レーザー | 1.7 | 703,000 | 1,400,000 | 20.0 | 3.3 |

**表-2** 覆工背面空洞・覆工巻厚調査の調査費用の比率

| 調査方法 | 現地調査（人） | 機械経費（円） | 技術料（円） | 画像判読等（人） | 調査費用の比率 |
|---|---|---|---|---|---|
| 接触式レーダー | 2.0 | 88,000 | - | 10.0 | 1.0 |
| 非接触式レーダー | 1.5 | 89,000 | - | 22.0 | 2.1 |

**表-3** エリアカメラ等の適用性

| 調査項目 | ひび割れ | 湧水 | 変形 | 剥離剥落 | 鉄筋露出 | 不同沈下 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 目視調査 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| エリアカメラ | ○ | ○ | × | × | ○ | × |
| ラインセンサ | ○ | ○ | × | × | ○ | × |
| 3次元レーザー | ×※ | × | ○ | ○ | ○ | ○ |

太枠：実証試験項目，○：適用可，×：適用不可

※水密性に影響を及ぼす幅0.15mmのひび割れは測定不可（測定可は幅1.0mm以上）

**表-4** 非接触式レーダー（覆工との離隔0.5m）の適用性

| 調査項目 | 覆工背面空洞の有無 | 覆工背面空洞の高さ | 覆工巻厚 |
|---|---|---|---|
| 接触式レーダー | ○ | ○ | ○ |
| 非接触式レーダー | ○ | × | ○ |

太枠：実証試験項目，○：適用可，×：適用不可

### (2) 有効性

実証試験のフィールドとした高松トンネル（豊川用水）よりも内径が大きい場合やひび割れが高密度の場合には，目視調査（従来方法）では足場等が必要となるほか，クラックスケール等での測定，スケッチの時間が増大することとなる．

実証試験を踏まえて分析した結果，内径 2R=3.0m 以上又はひび割れ密度 0.4m/m$^2$ 以上になると，目視調査（従来方法）の人数が激増するのに対し，エリアカメラ，ラインセンサ（比較方法）の人数は殆ど変わらず，調査費用の比率が目視調査（従来方法）よりも小さくなる（逆転する）ことから，調査の省人化・効率化に繋がる有効な方法と考えられる．

### (3) 将来性

人口減少や技術者の高齢化，人材不足や働き方改革等の社会的条件の変化を踏まえると，調査の生産性向上，調査方法の多様化が必要不可欠である．

AI 技術は日々進歩するとともに，汎用化も進んでいることから，今後，機械経費や技術料の低下，画像処理等の手間の軽減，AI による画像解析の教師データの蓄積が進めば，調査の省人化・効率化の可能性が益々高まるものと期待できる．

このため，水資源機構総合技術センターでは，全国に約 1,000km の幹線水路を建設・管理している豊富な実績と実証フィールドを有する水資源機構の強みを活かし，最新技術の動向に注視しつつ，民間企業との共同研究等も視野に，引き続き，トンネル調査方法の開発・深化に取り組んでいく所存である．

### 参考文献


1) 安藤剛：日経コンストラクション 6 月号，pp.32，日経 BP 社，2023．
2) 新技術情報提供システム NETIS，3D トンネルレーザー計測システム（KT-170093-A），<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=KT-170093%20>，（入手 2024.6.24）．
3) 新技術情報提供システム NETIS，トンネル覆工表面撮影システム（KT-190037-VR），<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=KT-190037%20>，（入手 2024.6.24）．
4) 国土交通省 道路局：橋梁・トンネル 点検支援技術 性能カタログ，pp.2-4-45 - 2-4-55，2023．

# XAI(Explainable AI)による道路附属物点検の高度化
## —北大との連携協定に基づくインフラ管理のイノベーション「NORTH-AI/Eye」の推進—

今西　将也[1]・山崎　幸秀[2]

[1]北海道開発局　小樽開発建設部　小樽道路事務所　（〒047-0036 北海道小樽市長橋4丁目14-34）

[2]北海道開発局　建設部　道路維持課　（〒060-8511 北海道札幌市北区北8条西2丁目）.

北海道開発局では、北海道大学大学院情報科学研究院と連携し、道路附属物（固定式視線誘導柱（矢羽根）、標識、照明等）の点検・診断方法の高度化に取り組んでいる。現状の「高所作業車や伸縮カメラによる点検」＋「人による診断」から、将来的に「ドローンによる点検」＋「AI診断」へ置き換えることで、生産性向上と誰が実施しても統一的な診断結果を得ることを目的とした取組を進めている。本稿では、これまでの経過を報告する。

キーワード　AI、ドローン、生産性向上、連携協定

## 1. はじめに

北海道開発局では、約6,900㎞の道路を管理しており、ここには約24万基の道路附属物（固定式視線誘導柱（矢羽根）、標識、照明等）が設置されている。これらの施設については、５年ごとに点検を行うことから、膨大な労力と時間を要していることに加え、近年の労働力不足といった社会的背景も重なり、道路附属物点検の高度化・効率化は喫緊の課題となっている。

このような背景により、2022年６月に北海道開発局と北大は、インフラ管理の効率化などを目指した連携協定を締結した。情報科学とインフラ管理という異分野の融合が生み出すイノベーションによる課題解決に向け、両者が連携し道路附属物点検の高度化に係る取組を開始した（写真−１）。

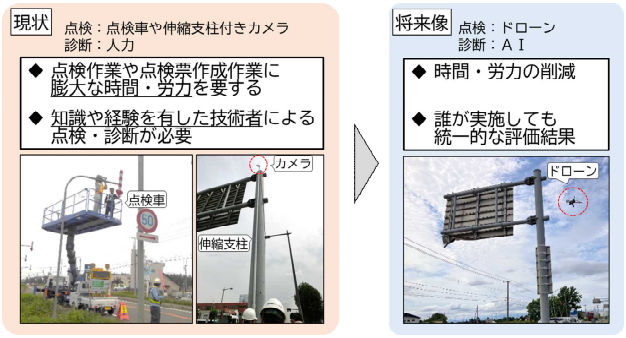



写真－１　2022年6月24日 連携協定調印式写真

## 2. 取組概要

### (1) 点検

道路附属物の定期点検は点検要領[1)]に基づき、全ての附属物に対し相応の知識と技能を有する者（定期点検員）が５年に１回の頻度で行うことを基本としており、診断に必要な情報を適切な方法で入手する必要がある。このため、人が届かない高所については、点検車や伸縮支柱付きカメラを用いて点検を行っており、これをドローンで代替できれば、現場での労力削減が可能になる（図−１）。




図－１　道路附属物点検の現状と将来像

### (2) 診断

定期点検を行った附属物に対し、部位、部材ごと、損傷の種類ごとに損傷程度を客観的に評価した上で、構成要素の機能を担う部材種別ごとに、措置の必要性の「有」・「無」を記録することになっている。これをAIで代替できれば、机上での労力削減が可能になるととも

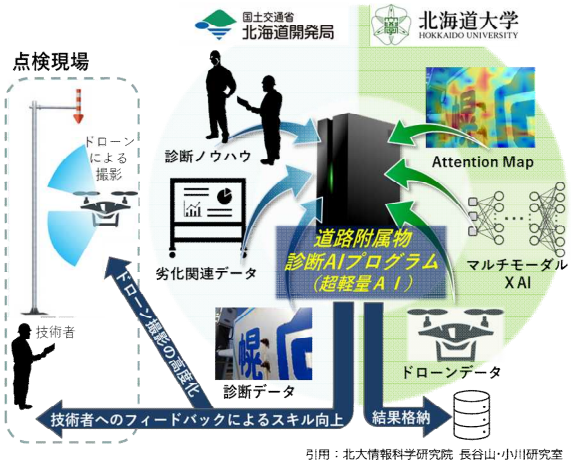
に、誰が実施しても統一的な評価結果を得られる（図−１）ほか、技術者（定期点検員）へのフィードバックによりスキル向上も期待される。

### (3) 点検・診断の高度化

北海道開発局では、これまで実施してきた道路附属物点検の実績として、点検や診断に関するノウハウの蓄積に加え、損傷や劣化に関する点検記録等を保有している。

一方、北大長谷山・小川研究室では、AIがどの領域に着目したのかを可視化することが可能でかつ軽量なXAI（Explainable AI：説明可能なAI）を研究している。

連携協定に基づき、北海道開発局が保有するノウハウやデータを北大へ提供し、北大において道路附属物の診断に特化したAIプログラムを構築することで、AIによる診断の実現を目指す（図−２）。また、ドローン撮影についても、点検や診断に必要な情報が得られることを確認した上で、高度化に向けた検討を開始する




図－２　道路附属物点検・診断の高度化イメージ

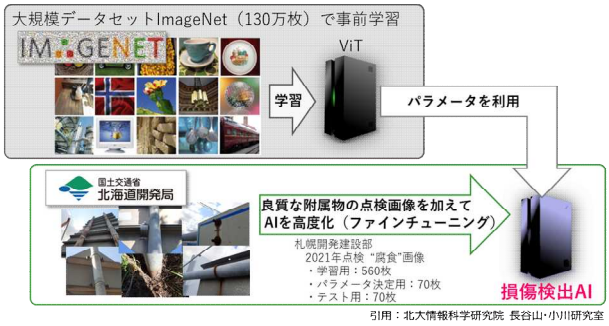
## 3.　AI診断に係る取組経過

### (1) AIプログラムの構築

北大では道路附属物の損傷を検出するAIプログラムを構築するため、大規模データセットにより学習された最新の画像認識モデルVision Transformer（ViT）[2]のパラメータを利用し、良質な附属物点検の画像560枚を用いてファインチューニングを行った（図−３）。

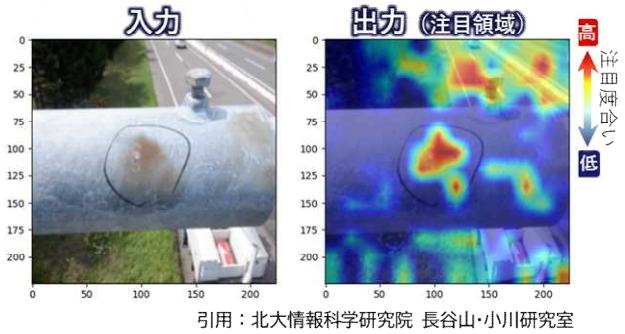
### (2) 点検写真及びドローン映像によるAIの精度検証

構築したAIプログラムの損傷検出精度を検証するため、まずは損傷種類の中で最も発生件数の多い「腐食」を対象とし、過年度に定期点検員によって診断済みの点検写真を用いて実験を行った。実験では定期点検員の診断を



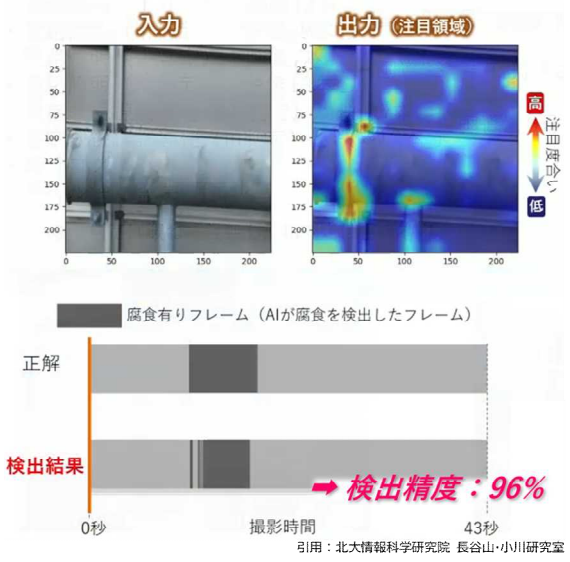

図－３　道路附属物損傷検出AIプログラムの構築

「正」とし、AIが診断した結果と比較することとした。結果、AIは約93%の精度で腐食を検出することに成功した。また、XAIによりAIが損傷検出時に注目した領域をヒートマップで表現することで、どの部分で判断したのかが明確となり、高い信頼性の担保が可能となっている（図−４）。




図－４　点検写真に対するAIによる腐食検出例

写真による有効性が確認できたことから、次にドローンで撮影した映像を用いて、フレーム単位でAI診断を行った結果、96%の精度で腐食のあるフレームを検出することに成功した（図−５）[3]。

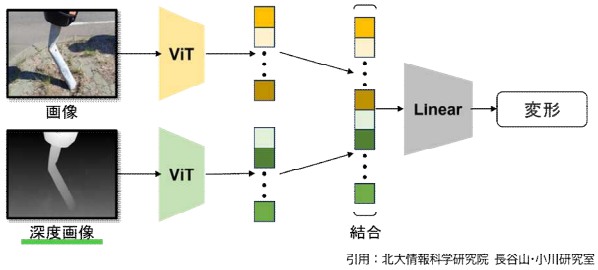



図－５　ドローン映像に対するAIによる腐食検出例

### (3) 腐食、変形・欠損の検出と損傷程度の評価

次のステップとして、他の損傷を含めた損傷種類の分類と点検要領で区分される損傷程度の評価（a、c、e）に着手した。

まず、損傷種類は腐食に次いで多く見られる「変形・欠損」を対象とし、１つの画像上にある腐食と変形・欠損を検出した上で、正しく分類する手法について検証を行った。従来の画像に深度画像を加え、画像に基づく色と深度画像に基づく形状に注目することで複数の損傷に対応できるようにした（図−６）。




図－６　深度画像を活用した損傷分類モデル

さらに、損傷程度の評価については、VLM（大規模視覚言語モデル）に損傷程度を推定するようプロンプトを促すことで、損傷程度推定を出力する手法を用いた。これらにより、説明性はXAI、程度推定はVLMといった形で両者を組み合わせることで実用化に適した枠組みを構築した（図−７）[4]。




図－７　VLMを活用した損傷の程度推定、変形・欠損e判定事例

## 4.　ドローン点検に係る取組経過～ドローン撮影の高度化～

前項のとおり、ドローン映像に対してもフレーム単位でのAI診断が可能であることを確認したため、ドローン撮影の高度化に向けた検討も並行して進めることとした。

なお、ドローンを飛行させる場合は、航空法に基づき機体登録手続きや飛行許可・承認手続きを行う必要がある[5]。道路附属物の点検は、一般交通が往来する道路上で行う場合がほとんどであるため、許可や承認が必要な「特定飛行」に該当する。特定飛行では、ドローンの飛行経路下における立入管理措置の有無によりカテゴリーⅡ又はⅢに分類される（表−１）。

表－１　飛行カテゴリー概要

| | |
|---|---|
| ｶﾃｺﾞﾘｰⅠ | 特定飛行に該当しない飛行。<br>航空法上の飛行許可・承認手続きは不要。 |
| ｶﾃｺﾞﾘｰⅡ | 特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行。（＝第三者の上空を飛行しない） |
| ｶﾃｺﾞﾘｰⅢ | 特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じないで行う飛行。（＝第三者の上空で特定飛行を行う） |

また、飛行カテゴリーとは別に飛行レベルによる分類もあり、目視内での操縦飛行はレベル１、自動飛行はレベル２に分類される（表−２）。

表－２　飛行レベル概要

| | |
|---|---|
| レベル１ | 目視内飛行＋操縦飛行 |
| レベル２ | 目視内飛行＋自動／自律飛行 |
| レベル３ | 目視外飛行＋無人地帯飛行（補助者無し） |
| レベル４ | 目視外飛行＋有人地帯飛行（補助者無し）<br>（第三者上空） |

ドローン撮影の高度化に向けた最初のステップとしては、立入管理措置を講じたうえ（カテゴリーⅡ）で、目視内での自動飛行（レベル２）を想定し、点検画像の取得が可能かどうかを検証することとした。検証に当たっては、国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所が所有する、石狩吹雪実験場[6]に設置されている固定式視線誘導柱を使用した。現地におけるドローン撮影は、2024年９月６日にNTT e-Drone technologyの協力を得て実施した。使用機材はParrot ANAFI Aiで、附属物からの離隔は２mとし、附属物の寸法情報などによりあらかじめ設定したプログラムを用い、自動飛行により実験を行った（写真−２）。

その結果、ほとんどの撮影画角内に附属物を捉えることに成功し、ドローンによる自動撮影の可能性を確認することができた。

しかし、実験により、撮影に要する時間や自機位置確認精度などの課題が明確となった。実用化に向けては、飛行効率や飛行精度を向上するなど、今後も使用技術の

検証や飛行実験を行った上で慎重に検討していく必要がある。



写真－２　2024年9月6日　ドローン自動撮影状況

## 5. まとめと今後の展望

これまでの取組経過から、道路附属物点検におけるAI診断の実現性が確認できた。今後は、AIの精度を更に向上させるとともに、より多くの損傷種類にも対応できるよう拡張していく必要がある。また、評価程度の推定技術にとどまらず、措置の必要性を判断する上で、必要な「所見」をAIで生成できれば、大きな労力削減に加え、技術者へのフィードバックによるスキル向上にもつながると考える。

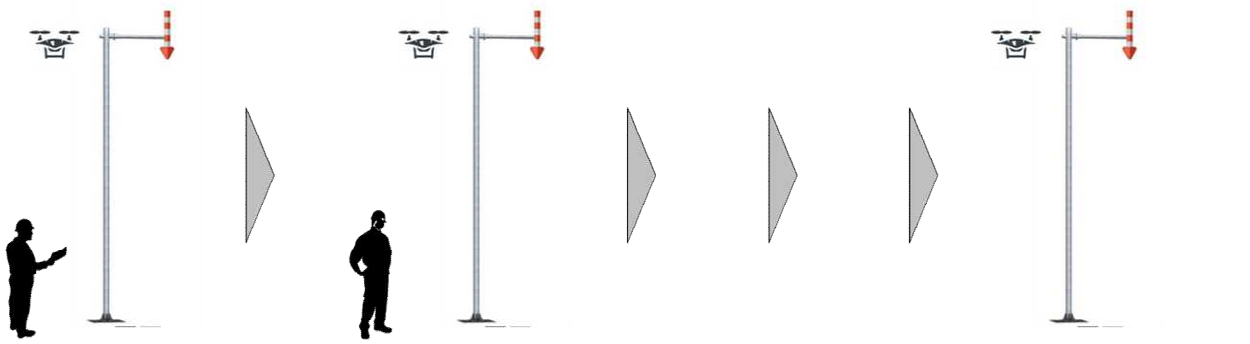
また、ドローン撮影の高度化については、将来的に立入管理措置を講じず、カテゴリーⅢ・レベル４で飛行することが可能となれば、点検作業の大幅な効率化が実現できることから、法令手続きや技術の動向についても注視する必要がある（図−８）。

AIやドローンは、近年めざましい進展を遂げており、インフラ点検を大幅に高度化・効率化する可能性を秘めている。これらを最大限に活用するための研究は非常に重要であると考え、引き続き取り組んで参りたい。

**謝辞**：本論文の執筆に際し、北海道大学大学院情報科学研究院 長谷山・小川研究室をはじめ、ご協力いただいた皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

1) 附属物（標識、照明施設等）点検要領、令和６年９月、国土交通省道路局国道・技術課 https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo7_19.pdf
2) Dosovitskiy, A., et al.,（2020）. An image is worth16x16 words : Transformers for image recognitionat scale. arXiv preprint arXiv : 2010.11929.
3) 渡部航史・小川直輝・前田圭介・小川貴弘・長谷山美紀、［特別講演］道路附属物のドローン映像を用いたvision transformerに基づく変状検出技術、映像情報メディア学会技術報告、vol.48, no.6, pp.301-304, 2024.
4) 渡部航史・前田圭介・藤後廉・小川貴弘・長谷山美紀、［特別講演］道路附属物の画像を用いたvisiontransformerと大規模視覚言語モデルに基づく損傷分類技術、映像情報メディア学会技術報告、vol.49,no.4, pp.413-417, 2025.
5) 無人航空機総合窓口サイト　https://www.mlit.go.jp/koku/info/
6) 国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所　石狩吹雪実験場　https://www2.ceri.go.jp/jpn/ishikari.htm




図－８　ドローン撮影の現状と将来像のイメージ

# のり面に繁茂した外来種「ヨシススキ」対策について

藤井　秀一郎[1]

[1]中部地方整備局　紀勢国道事務所　管理第二課　（〒515-0005 三重県松阪市鎌田町144-6）.

紀勢自動車道（紀伊長島IC～尾鷲北IC）～熊野尾鷲道路の法面においてヨシススキ（生態系被害防止外来種：重点対策外来種に指定）が繁茂し，道路法面の変状等の被害が生じるようになった現状を踏まえ，当該路線の法面および近隣民地におけるヨシススキ駆除の検証を行った。また検証成果を踏まえて，本種の駆除および周辺土地への飛散拡大を抑制するため，対策実施に向けた手引き案の作成を行った．さらにその成果について地元の関係者等と共有して，今後の維持管理における連携や協力の働きかけを行った．

キーワード　道路維持管理，植生管理，外来種対策，ヨシススキ，住民合意形成

## 1. はじめに

2016年度に開催された第19回三重県域猛禽類保全対策検討委員会において，供用済み区間の道路法面等で外来種のヨシススキが多く生育している場所がみられ，道路区域外に出ないか心配している，近隣河川の河畔でも確認されており当該道路法面が由来と考えられる，等の意見が出された.

ヨシススキ（学名　*Tripidium arundinaceum*　または *Saccharum arundinaceum*，*Erianthus arundinaceus*）は，アジアの熱帯～亜熱帯原産のイネ科大型多年草で，インドから東南アジア，中国南～中部を経て台湾まで分布が及んでいる．[1)]

日本国内では，1950年代から沖縄県や鹿児島県種子島で飼料からの逸出と思われる帰化が知られていたが[1)]，2010年代から各地の道路法面等において生育地の広がりが報告されるようになった．[2)]道路法面等への侵入については，ススキ（在来種）の海外産緑化用種子への混入が強く推察されている．[3)]また，本種は「我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト（生態系被害防止外来種リスト）」において，総合的に対策が必要な外来種（総合対策外来種）のうち重点対策外来種に指定されていることから，道路法面に生育するヨシススキについて対策を講じることとなった。

## 2. 道路区域内の生育状況と道路に与える課題

### (1) 道路区域内の生育状況

2017年度に当該区間のヨシススキの分布状況の調査を実施したところ，ヨシススキが優占する法面や，在来のススキと混生するなかでも優占する法面が広く確認された（図-1）（図-2）.

### (2) 法面防災上の課題

2017年10月23日に連続雨量467mm，時間最大雨量40mmの豪雨があり，紀勢自動車道45.45kp（三重県北牟婁郡紀北町海山区馬瀬）下り線切土法面において，法面変状が発生した（図-3）．当該法面には草高4mに達するヨシススキが繁茂しており，ヨシススキは根が浅く，地山との密着が弱かったことが原因と考えられた.



**図-1**　紀勢国道管内道路法面および法面外に繁茂するヨシススキ

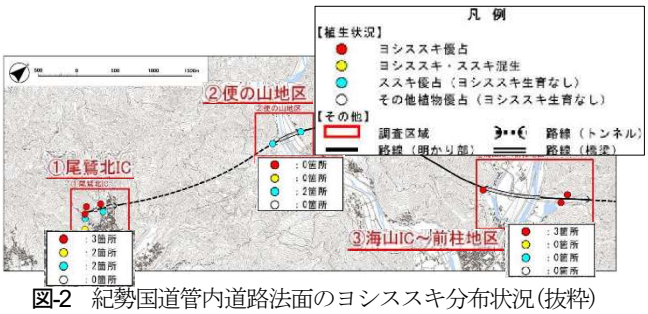



**図-2**　紀勢国道管内道路法面のヨシススキ分布状況(抜粋)

また，同法面では2020年4月17日の降雨時に表層崩壊が発生した（図-4）．雨によって流れ出たヨシススキが排水溝を閉塞し，小段排水溝から雨水が溢れだし，表土が滑落した．滑落の原因は，ヨシススキは根が浅く，地山との密着が弱かったことが考えられた．

### (3) 道路用地外への拡散

ヨシススキの分布状況の調査においては，道路用地外へもヨシススキが広く拡散している様子が確認された（図-5）．在来植生への影響，農業・林業への影響が想定されることから，当該路線の法面で駆除や拡散抑制と並行して、関係する土地所有者等と連携して面的に本種の駆除・抑制を図ることが望ましいと考えられた．

## 3. ヨシススキの駆除実験

ヨシススキの生態は不明確なことが多く，駆除方法も確立されたものがないことから，ヨシススキ駆除対策を検討する基礎資料を得ることを目的として，繁茂の著しい道路法面及び林業関係者から提供を受けてフィールド（大田賀山林）を対象とした実験を行った．実験を実施した地点は，多くの生育が確認された紀勢道の海山IC付近の地点とした（図-6）．



図-3　ヨシススキが繁茂する法面に発生した変状



図-4　ヨシススキが繁茂する法面に発生した表層崩壊とヨシススキによる排水溝の閉塞状況



図-5　道路用地外のヨシススキの生育状況
（左:河畔，右:植林地）

### (1) 実験方法

#### a) 道路用地外（大田賀山林）における実験

**①実験区域枠の設定**

ヨシススキの効果的な駆除方法のための実験を大田賀山林内の新植地（紀北町上里大田賀（ヒノキ植林地））にて実施した．当該新植地はFSC認証[*1]を受けているため，除草剤の使用に制限のあるヒノキ植林地である．

植生の状況に応じて3種の実験区を設け，実験区内には対策別に5×5mの実験枠を3枠設定した．

駆除方法として実験枠ごとに，①草刈り，②草刈り後に防草シートを設置，③草刈り後に根の掘り取りの3種方法を実施し，その後のヨシススキの生育株数，草丈等の記録を実施した（表-1）．

**②実験手法**

草刈りおよび掘り取りを2023年9月4-5日，防草シートの敷設を10月19日に行った．10月9日，10月31日，12月7日，2024年2月20日，6月19日に生育株数，株ごとの生育本数，草丈等を記録した．なお，実験終了時には，実験枠内の防草シートを撤去し，合わせて




図-6 ヨシススキ駆除実験の実験地

表-1　道路用地外の実験区の設定と駆除対策の実施内容

| 実験区 | | 駆除対策 | 備考 |
|---|---|---|---|
| A | A-1 | 草刈 | ヒノキが密生し日当たりが比較的悪いエリア |
| | A-2 | 草刈+防草シート | |
| | A-3 | 草刈+掘り取り | |
| B | B-1 | 草刈 | AとCの中間的なエリア |
| | B-2 | 草刈+防草シート | |
| | B-3 | 草刈+掘り取り | |
| C | C-1 | 草刈 | ヒノキがまばらで，日当たりが比較的良いエリア |
| | C-2 | 草刈+防草シート | |
| | C-3 | 草刈+掘り取り | |

実験地である新植地全面でのヨシススキの草刈りおよび掘り取りを行った.

*1FSC認証:森林保全と持続可能な社会への要望の高まりを背景に、1993年に発足した国際的な認証制度。「森林の管理が環境や地域社会に配慮して適切に行われているかどうか」を評価・認証し、そうした森林からの生産品であることを証明するもの。

**b) 道路法面おける実験**

**①実験区域枠の設定**

道路法面におけるヨシススキの駆除・生育抑制のための実験を，ヨシススキが繁茂する盛土法面を対象として実施した．実験を行う内容は，先行して実施していた道路用地外（大田賀山林）における調査で得られた知見等に留意して定めた（表-2）．

10m×5mの実験区を5つ設置し，駆除方法として実験区ごとに，1区：草刈り，2区：草刈り後に根の掘り取り，3区：草刈り後に除草剤の散布，4区：草刈り後に防草シート，5区：草刈り後に防草シート（緑化併用型）の5種方法を実施した（表-3）．実験区の1～3区には，各実験区に斜面の上部・中部・下部の3箇所に2×2mの実験枠を設けた.

**②実験手法**

実験は，2024年5月に開始し，2024年11月まで記録を続けた．記録は，ヨシススキの株数，出葉数，出穂数，草丈等の計測を行った．道路用地外（大田賀山林）における調査結果から，4区および5区では出葉しないと想定されたため、基本的に写真等による記録を行った.

表-2　道路盛土法面における駆除実験の留意点

| 駆除方法 | 駆除対策の留意点 | 実験区への反映（実験要因） |
|---|---|---|
| 掘り取り | 大田賀山林で駆除効果あり | ・掘り取りの作業性確認<br>・掘り取り後の復元状況<br>・埋土種子の発生状況 |
| 草刈り | 大田賀山林で出穂抑制効果あり | ・草刈後の復元状況<br>・埋土種子の発生状況 |
| 除草剤 | 大田賀山林では適用不可 | ・除草剤の効果確認<br>・埋土種子の発生状況 |
| 防草シート | 大田賀山林で駆除効果あり | ・防草シートの効果確認<br>・緑化併用型防草シートの活用<br>・強風時等のシートの変状の有無 |

表-3 道路盛土法面における実施内容

| 実験区 | 駆除タイプ | 備考 |
|---|---|---|
| 1区 | 草刈 | |
| 2区 | 草刈+掘り取り | |
| 3区 | 草刈+除草剤 | |
| 4区 | 草刈+防草シート | |
| 5区 | 草刈+防草シート（緑化併用型） | 緑化資材は，7月に植栽 |

**(2) 実験結果**

**a) 道路用地外（大田賀山林）における結果**

調査終了時の6月時点での結果をみると，各実験区ともに，草刈りのみを実施した1区(A-1，B-1，C-1)では，2023年9月4日の実験開始前と同等のヨシススキの株数が確認されている（表-4）．それに対して，防草シートによる被覆を行った2区(A-2，B-2，C-2)では，ほとんど再生が見られず，草刈りに加えて株の掘り取りを行った3区(A-3，B-3，C-3)でも1～3株程度と大幅な減少が見られた.

また，草丈の推移をみると，1区では大きな違いがなく，6月に新たに生育が確認された2区，3区の個体についても，概ね1区の草丈の標準偏差内に納まって

表-4　各実験区のヨシススキの生育状況

| 実験区 | | 実験開始前(9月) | | 実験終了時(翌6月) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 株数（本） | 平均草丈（cm） | 株数（本） | 平均草丈（cm） |
| A | A-1 | 3 | 173.0 | 3 | 132.1 |
| | A-2 | 8 | 175.1 | － | － |
| | A-3 | 3 | 193.3 | 3 | 153.7 |
| B | B-1 | 12 | 222.9 | 16 | 149.2 |
| | B-2 | 11 | 209.5 | 1 | 139.0 |
| | B-3 | 7 | 191.4 | 1 | 178.0 |
| C | C-1 | 8 | 200.0 | 8 | 170.5 |
| | C-2 | 7 | 202.1 | － | － |
| | C-3 | 13 | 176.9 | 1 | 138.0 |

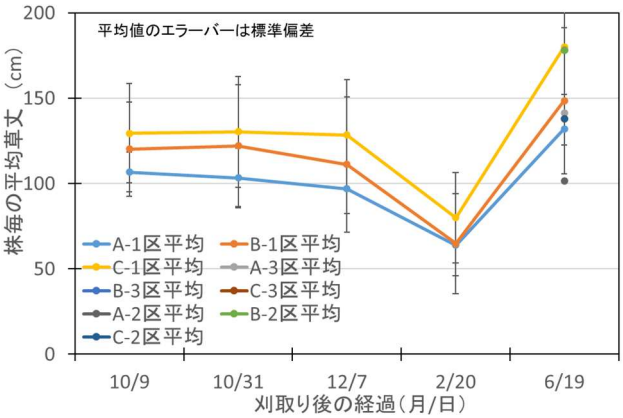



図-7　各実験区の草丈の推移

表-5　駆除作業実施後の植林地全体のヨシススキの生育状況

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 生育状況確認 | | ○ | | ○ |
| 駆除作業実施 | ○ | | ○ | ○ |
| 実施日 | 6/19 | 7/2 | 7/30 | 9/24 |
| 植林地内 | － | 27株 | － | 10株 |
| 植林地周辺 | － | 7株 | － | 0株 |

おり，再生した場合の成長に大きな差が見られなかった（図-7）．

6月19日実験終了時に，植林地全体のヨシススキの刈り取りおよび株の掘り取りを行った．表-5に示すとおり，その後も植林地全体の本種の生育の有無を確認し，生育が確認された場合は駆除を行った．数回の駆除作業を経ても新たな生育が確認されており，広い範囲に対して1回で確実に掘り取りを行うのは困難と考えられた．また，9月時点で，一つの株から複数の茎が伸びている個体が半数を占めており，草丈も2mを超えるものがあった．

この実験の結果から，以下のことが考えられる．

- 最も効果が高かったのは草刈+防草シート，次いで草刈+掘り取りだが，いずれ方法でも6月の時点で，いくらかの再生が見られる．
- 実験終了後の植林地全体の掘り取り後の経過をみると，数回の駆除作業を経ても新たな生育が確認されており，広い範囲を1回で確実に株の掘り取りを実施するのは困難と考えられる．
- 9月時点での生育状況をみると，一つの株から複数の茎が伸びていたこと，草丈が2mを超える個体の確認されたことから，株の一部や根が残されていた場合に本種が急速に再生する恐れが考えられる．

なお，植林されたヒノキが込み合った場所ではヨシススキの生育が見られない．本種は，日当たりの良い所を好む種であり，植林されたヒノキの成長に従い，ヨシススキは減少していくものと考えられる．

**b) 道路法面おける結果**

実験区1～3について、各実験区に設けた3つの実験枠の平均株数とその標準偏差を示す（図-8）．

| 実験区 | | 5月29日<br>4日後 | 6月25日<br>27日後 | 7月30日<br>62日後 | 8月23日<br>86日後 | 9月24日<br>118日後 | 10月25日<br>149日後 | 11月20日<br>175日後 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1区 | 1-1（下段） | 37 | 28 | 30 | 30 | 30 | 29 | 29 |
| | 1-2（中段） | 26 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 |
| | 1-3（上段） | 22 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 2区 | 2-1（下段） | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | 2-2（中段） | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2-3（上段） | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3区 | 3-1（下段） | 29 | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 3-2（中段） | 25 | 6 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| | 3-3（上段） | 23 | 10 | 8 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 4区 | | — | — | — | — | — | — | — |
| 5区 | | — | — | — | — | — | — | — |

図-8　実験区ごとの生育株数の推移

1～3区では，いずれもヨシススキの生育が見られた．防草シートを敷いた4区と5区では，基本的にヨシススキが防草シートの上に出てくることはなかったが，4区では7月下旬以降に防草シートの隙間から，葉の一部が出てきており，防草シートの下では日照を遮られながらも新たに切株から葉が伸長していた．

また，実験区に新たに生育したヨシススキでは10月以降に出穂がみられ，開花・結実が認められた（図-11）．種子によるヨシススキの繁殖を抑制するには，大部分の出穂が起こる9月以前に対策を行う必要性が高いと考えられる．

ヨシススキの生育が見られた1～3区の株数の推移をみると，5月の時点で地上部の刈り取りのみを行った1区及び3区では，5月の時点での刈り取り後の株数は，約26～28株/実験枠と大きな違いはなかった（図-9）．株の掘り取りまで行った2区では，5月時点ではヨシススキらしい株は見られなかった．

その後の推移をみると，1区では6月の時点で約24株/実験枠と，5月時点の約85%まで株数が低下したが，その後はほぼ変化はなかった．

5月時点では1区とほぼ同程度の株数が確認された3区は，6月時点で約9株/実験枠と5月に比べ約35%まで減少し，7月以降は約6株/実験枠と，さらに減少していた．除草剤の散布は，刈り取り後のヨシススキの再生を抑制する効果があったと考えられる．

掘り取りまで行った2区では，6月以降は約2株/実験枠の個体が確認された．いずれも小型の個体であったことから，掘り取りの際に見落とした小さな根等

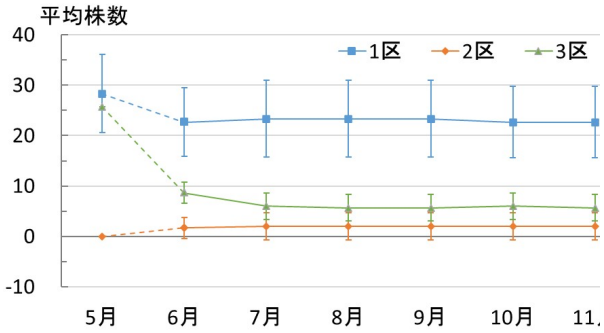



図-9　1～3区の株数の推移

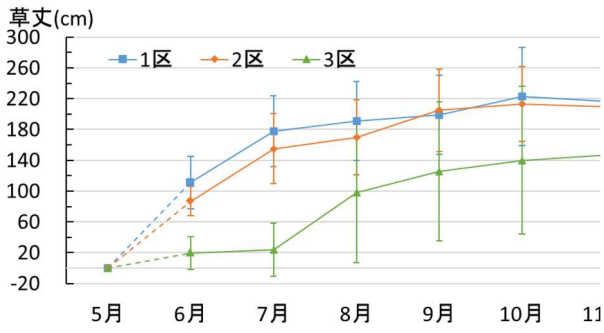



図-10　1～3区の草丈の推移

から芽生えてきたものと推定された．個体数としては，3つの実験区の中で最も少ないが，除草剤を散布した3区と，特に7月以降の標準偏差の幅が重なることから，両手法のヨシススキを抑制する効果の違いは小さいと考えられる．

実験区1～3について、各実験区に設けた3つの実験枠の平均草丈とその標準偏差の推移を示す（図-10）．

草刈りのみの1区，草刈りおよび根株掘り取りを行った2区は6月，7月に大きく草丈を伸ばしているが，除草剤を散布した3区では，7月まではほとんど草丈の伸長が見られず，出穂が見られ成熟した時期である10月～11月の時期においても，草丈は約140㎝と，約220㎝に達した1区および2区に比べて小型であった．7月までは除草剤の効果によりヨシススキの生育が抑制され，その後の伸長にも影響が及んでいたものと考えられる．

以上の実験区1～3の比較を踏まえ，防草シート以外の手法のなかでは、3区で実施した草刈り後に除草剤を散布する手法が道路法面のヨシススキを除去するのに最も適したものと考えられる．なお、防草シートの設置を行った4区と5区は基本的にヨシススキの生育が見られなかったため，ヨシススキを抑制する効果は最も高いと考えられるが，この手法については費用が高額であった．

2区で実施した草刈り＋掘り取り，および3区で実施した草刈り＋除草剤が，防草シートに次いで効果が高いと考えられた．この2種のうち、除草剤では対策後の草丈の伸長等を2カ月程度にわたり抑制する効果が認められたこと，費用面でも掘り取りよりも安価と考えられたこと，表土が多く残されるため対策実施後の植生の復元も早く，法面の保護および景観への配慮の点でも好ましいと考えられたことから，実験地のみならず道路法面の一般において，最も適切と考えられる．ただし，草刈りや除草剤散布の実施時期については検討の余地が残ったため，今後さらに効果的な時期について研究を進める予定である。




**図-11**　各実験区の経緯(抜粋)

## 4. ヨシススキ駆除マニュアル（素案）の作成

以上の調査結果を踏まえて，ヨシススキに対する各種の対策手法の効果や特徴等の整理や，対策手法の選択についてのフローの整理をもとにヨシススキ駆除マニュアル（素案）として，とりまとめた（表-6、図-12）．また，近隣の民地で適用可能な部分を抜粋した民地版のヨシススキ駆除マニュアル（素案）も作成し，関係する土地所有者等に配布して，本種の駆除・抑制の協働をお願いすることができた.

謝辞

実験の実施にあたっては，三重大学の平山教授には適宜ご助言をいただき，森林組合おわせ様および，速水林業様にはご協力をいただきました.

また，本論文を作成するにあたっては，日本工営株式会社，株式会社エイト日本技術開発のご協力を頂きました。

皆様のご支援に心より感謝いたします.

## 参考文献

1)茨木靖，大森威宏，勝山輝男，木下覺，久米修，木場英久，齋藤政美，野津貴章：日本国内におけるヨシススキ Erianthus arundinaceus (Retz.) Jeswiet.（イネ科）の分布と生育状況について，Journal of Phytogeography and Taxonomy No.62. 85-92, 2015

2)大西 亘：分布を拡大するヨシススキ，Flora Kanagawa, No.79, 940-941, 2015

3) 早川　宗志，西脇　亜也：法面緑化により広がる外来雑草ヨシススキ，植調　Vol.50, No.9, 284, 2016

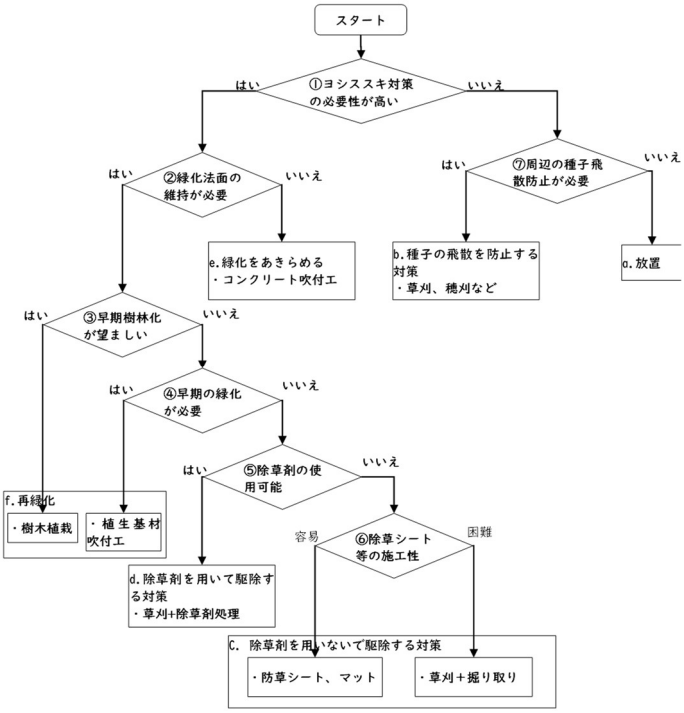
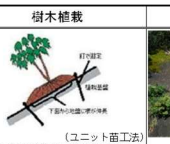



**図-12** ヨシススキ駆除対策の検討フロー（案）

**表-6** ヨシススキの駆除対策工法の種類と特徴の整理

| 方法 | 草刈（刈り取り） | 掘り取り（除根） | 除草剤 | 防草シート、マット | 植生基材吹付 | 樹木植栽 | モルタル吹付 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 概要 |  紀勢自動車道法面 刈り払い機により刈り取りを行う。 |  紀勢自動車道法面 刈り取り後、人力により地下茎を掘り起こす。 |  紀勢自動車道法面（法肩に散布） 刈り取り後、展着した時点で除草剤を散布する。 |  野尾観道路法面 刈り取り後、法面全面を防草シートで覆う。 |  日特建設HP より 刈り取り後、法面全面に植生基材を吹き付ける。 |  （ユニット苗工法） 高速道路総合技術研究所HP より 刈り取り後、法面に樹木を植栽する。 |  国道 42 号法面 刈り取り後、法面全面にモルタルを吹き付ける |
| 施工性 | ★★★★★ 刈払い機による作業。勾配の緩い箇所は楽に行えるが、切土法面では安全上の留意が必要。 | ★★☆☆☆ 人力による掘り取りが必要で、刈り取りと比べて多大な労力が必要。 | ★★★★☆ 刈取り後、草丈の低い時期に行えば、広範囲に効率的な散布が可能（刈取り後の新芽に散布）。 | ★★★☆☆ 刈り取り後、法面全面に行う必要があり、人力による施工となる。 | ★★★☆☆ 広範囲への施工が可能であるが、事前に刈り取りが必要。 | ★★☆☆☆ 刈り取り後、速やかに行う必要があり、人力による施工となる。防草シート等よりも施工は掛かりとなる。 | ★☆☆☆☆ 広範囲への施工が可能であるが、事前に刈り取りが必要。施工は最も大掛かりとなる。 |
| ヨシススキ抑制の効果 | ★☆☆☆☆ 刈り取り後すぐに新しい葉が再生する可能性が高い。出穂前の刈り取りでは、出穂の抑制が可能。 | ★★★☆☆ 駆除効果は高い。ただし、根や地下茎の一部が残ると、そこから再生する。 | ★★★☆☆ 散布後速やかに枯死する。ただし、地下茎までは一度では枯死しない可能性もある。 | ★★★★☆ 被覆により、刈り取り後の株からの再生を抑制できる。ただし、防草シート等の耐久性は 10 年程度とされており、その後の再侵入のおそれはある。 | ★★★☆☆ 吹付により、再生を抑制できる。刈取り後の株から、いずれ再生することが想定される。それらを抑制するには、種子を基盤材に配合する必要性が高い。 | ★★★☆☆ 植栽した樹木が成長するにつれて、ヨシススキが被圧されて衰退する。 | ★★★★★ 半恒久的に根絶が可能。 |
| 経済性 | ★★★★★ 最も安価に施工できる。 | ★★☆☆☆ 刈り取りに加えて、数倍の掘り取りの人件費がかかる。 | ★★★★☆ 刈り取りに加えて、除草剤およびその散布の費用が必要。 | ★★★☆☆ 刈り取りに加えて、防草シートおよびその設置の費用が必要。 | ★★★☆☆ 刈り取りに加えて、植生基材吹付に係る工事費が必要。種子吹付を加える場合は、その費用も必要。 | ★★☆☆☆ 刈り取りに加えて、植栽苗およびその植栽の費用が必要。 | ★☆☆☆☆ 刈り取りに加えて、モルタル吹付にかかる費用が必要。 |
| 景観 | ★★★★☆ 現在の景観と変わらない。 | ★★☆☆☆ 表土の大部分が失われるため、周辺からの植生の侵入に除草剤等の手法より時間がかかる。 | ★★★☆☆ ヨシススキが枯死したのち、周辺からの植生の侵入に時間がかかる。 | ★☆☆☆☆ 人工的な景観が、比較的長期間続く。防草シート等の耐久期間後は、劣化したシートを除去することが望ましい。 | ★★☆☆☆ 周辺からの植生の侵入に時間がかかる。 ★★★☆☆ （種子吹付とした場合）比較的速やかに景観が回復する。 | ★★★★★ 現在の景観とあまり変わらないまま、より周囲の樹林になじんだ景観への変化が期待できる。 | ☆☆☆☆☆ 半恒久的に人工的な景観となる。 |
| 留意事項 | 本手法のみでのヨシススキの駆除は困難。周囲への種子散布の抑制等、限定的な目的に適合する。 | 残留種子や根からの再生が想定されるため、駆除のためには複数回の実施が必要。 | 残留種子や地下茎からの再生が想定されるため、駆除のためには複数回の実施が必要。 | 防草シートの劣化後に、それを除去する必要がある。 | 吹付のみでは駆除までは至らないと想定される。種子吹付等で、さらに抑制を図る必要がある。 | 駆除・抑制のためには、植栽する樹種は、早期に成長するものである必要がある。 | 景観を大きく変えることから、その配慮が必要。 |
| 当該地への適用について | ○（必要に応じ実施） 他工法との併用、現状維持や周辺への更なる拡散防止のために適宜、実施する。 | △（条件が整えば実施） 小面積では効果的と考えられる。主に費用に課題がある。 | ◎（主な実施手法とする） 刈り取りとの併用により最も効率的に駆除ができる可能性がある。 | △（条件が整えば実施） 小面積では効果的と考えられる。費用、景観、10 年以上の長期メンテナンスに課題がある。 | △（条件が整えば実施） 実際の効果は未検証。費用には課題がある。 | △（条件が整えば実施） 効果はあると考えられ、景観面で優位だが、費用がかかる。 | △（条件が整えば実施） 恒久対策として有効であるが、最も費用がかかる。 |
| 備考 | 推奨案　＜道路本線のり面＞　　のり面安定のため、在来種への置き換えが必要　　除草（部分的には除根）＋　除草剤<br>＜ヒノキ植林地など道路区域外＞　　除草（部分的には除根）＋　除草剤（※除草剤が使用できない場合は　防草シート） | | | | | | |

# 水中ロボを活用した桟橋式岸壁における効率的な点検手法の検討

中澤　祐飛[1]・竹田　晃[2]・岬　晃平[3]

[1]四国地方整備局　高松港湾空港技術調査事務所　調査課　（〒760-0064 香川県高松市朝日新町1-30）

[2]四国地方整備局　高松港湾空港技術調査事務所　技術開発課　（〒760-0064 香川県高松市朝日新町1-30）

[3]四国地方整備局　高松港湾空港技術調査事務所　設計班　（〒760-0064 香川県高松市朝日新町1-30）

係留施設構造の一つである桟橋式岸壁においては，桟橋下面での塩害等による損傷劣化を起因とした残存耐力の低下が懸念される．そのため，定期点検診断における桟橋下面の状況を適切に確認することが重要となる．本稿では，2025年に高松港で行われた実証試験において，水中ロボを活用した目視調査および3D点群データによる点検診断について一定の適用性を確認するとともに，波浪の影響を受けやすい海面付近での肉厚測定において，水中ロボの安定化の必要性など，現地実証試験により得られた知見を報告するものである．

キーワード　水中ロボ，点検診断，桟橋式

## 1.　はじめに

インフラ老朽化の進行や担い手不足など建設業界が抱える課題に対して，インフラDXの推進が急務である．建設現場においては，現場の安全性や効率性の向上に資する新たな技術の開発が求められている．

こうした状況の中，港湾施設では高度経済成長期に整備された施設の老朽化が急速に進行することを踏まえ，平成25年6月公布の改正港湾法において，技術基準対象施設の維持は，定期的に点検を行うことが規定された．これを受け，点検診断の頻度や方法等の考え方を定めたガイドライン等の整備が進んでいる．

港湾施設の中でも桟橋下面（水中部）の点検診断においては，作業性および安全性の向上が特に求められている．現在，桟橋下面（水中部）では，潜水士が構造物（桟橋杭）に接近し，目視により鋼構造物の劣化等の点検を実施しているが，潮汐・波浪の影響を受けながらの点検は，作業性や安全性に課題がある．また，水中部の点検診断に不可欠な潜水士の高齢化に伴い，要員不足も顕在化しつつある．

本稿では，維持管理コストの縮減効果が見込まれる新技術の導入や効率的な施設点検のニーズに対応するため，川端ら[1]による桟橋下面（空中部）における小型ドローンを活用した点検手法の報告に続き，水中ロボを活用した桟橋下面（水中部）での点検作業の実証試験と点検診断への適用について報告する．

## 2.　港湾施設の点検診断

### (1) 港湾施設（鋼構造）の点検診断の内容と実施頻度

桟橋式岸壁の点検は，「港湾の施設の点検診断ガイドライン」において，定期点検診断（一般定期点検診断と詳細定期点検診断）を実施することが定められている．一般定期点検診断は，5年（または3年）以内ごとに実施することを標準としており，陸上および海上からの目視により構造物の部材ごとの変状把握，電気防食工を施している鋼部材の電位測定を行うこととしている．詳細定期点検診断では，長期間利用している構造物等を対象として，潜水士等により水中部の変状把握，変状の原因分析するための調査を実施することを標準としている．

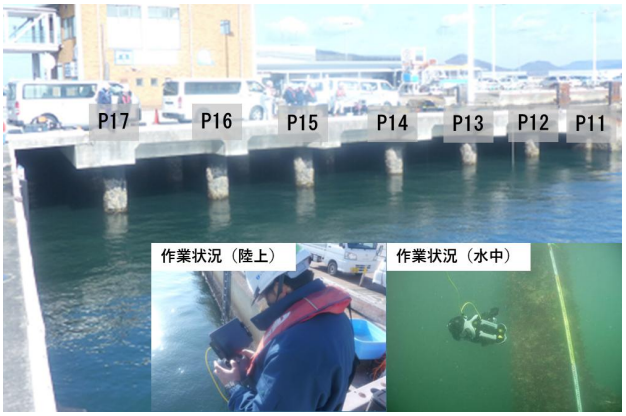



**図-1**　水中ロボを用いた桟橋式岸壁の点検状況

表-1　点検頻度と方法

| 点検診断の種類 | | 通常点検診断施設 | 重点点検診断施設 |
|---|---|---|---|
| 定期点検診断 | 一般定期点検診断 | 5年以内ごとに少なくとも1回 | 3年以内ごとに少なくとも1回 |
| | | 【方法】<br>陸上あるいは海上からの外観目視 | 【方法】<br>陸上あるいは海上からの外観目視 |
| | 詳細定期点検診断 | ・供用期間中の適切な時期に少なくとも1回<br>・供用期間延長時 | 10～15年以内ごとに少なくとも1回 |
| | | 【方法】<br>・潜水士による外観目視<br>・劣化予測等に必要な調査等 | 【方法】<br>・潜水士による外観目視<br>・劣化予測等に必要な調査等 |

### (2) 詳細定期点検の点検項目と方法

詳細定期点検診断等において，潜水士により水中部の変状を把握し，劣化度の判定を行うことを目的に実施する．桟橋式岸壁における水中部調査の点検診断項目と方法を表-2に示す．点検は，主として潜水士が実施するものとなっている．

表-2　水中部の点検診断項目と方法

| 調査分類 | 点検診断の項目 | | 点検方法(従来) |
|---|---|---|---|
| ①潜水士目視 | 鋼矢板等 | 腐食，亀裂，損傷 | 潜水士による目視調査 |
| | 被覆防食工 | 劣化 | |
| | 電気防食工 | 脱落，全消耗 | |
| | 海底地盤 | 洗掘堆積等 | |
| ②潜水詳細目視 | 被覆防食工 | 潜水士詳細目視<br>(被覆防食工，鋼材の腐食状況確認) | 海生生物等の付着物を除去した上で<br>潜水士による目視調査 |
| ③陽極消耗量調査 | 電気防食工 | 陽極消耗量の確認 | 潜水士による付着物除去，簡易計測等 |
| | (陽極) | (残存寿命の算出) | |
| ④肉厚測定 | 鋼矢板等 | 鋼材の肉厚測定 | 潜水士による付着物除去，肉厚計測 |
| ⑤海底地盤調査 | 海底地盤 | 洗掘，土砂の堆積 | ・潜水士による目視<br>・マルチビームによる深浅測量 |

## 3.　水中ロボ等の仕様

桟橋式岸壁の水中部における点検診断項目（表-2）から活用が期待できる技術（水中ROVを用いた水中可視化，フォトグラメトリー用の画像取得，鋼材の付着物除去，肉厚測定）を対象として，経済性，汎用性，適用性などの観点から総合的に選定を行った．今回は，後述する実証試験フィールドの高松港を対象に，実証海域で実現性の高い機材の組み合わせを検討した．

検討の結果，選定した水中ROV，フォトグラメトリー用カメラ，肉厚測定器（ケレン，超音波式肉厚測定，非接触肉厚測定）の仕様を表-3から表-5に示す．なお，ここではこれらの機器を総称して「水中ロボ」と呼称する．

表-3　水中ロボ等の仕様（フォトグラメトリー）

| 区分 | 水中 ROV | フォトグラメトリー |
|---|---|---|
| 水中可視化 | <br>CHASING M2S(CHASING 社製) | <br>GoPro HERO8（GoPro 社製） |
| 仕様 | 機体サイズ:380×267×165mm<br>空中重量:約 4.5kg<br>駆動時間 2～4 時間 | 機体サイズ:66.3 x 48.6 x28.4mm<br>空中重量:126g<br>防水用ハウジング |
| 調査内容 | 潜水目視(変状撮影) | フォトグラメトリー(写真から寸法を推測し，3D データとして表示) |
| 総合評価 | ・比較的安価な ROV である<br>・操作性が良く，扱いやすい<br>・比較的安価で入手しやすい（流通性が高い） | ・タイムラプス機能を有し，ROV に取付可能<br>・比較的安価で入手しやすい（流通性が高い） |

表-4　水中ロボ等の仕様（超音波肉厚測定器）

| 区分 | 水中 ROV+超音波肉厚測定器 | |
|---|---|---|
| 肉厚測定 | <br>BlueROV2 | <br>Cygnus ROV Mini Mountable |
| 仕様 | 機体サイズ:457×338×254mm<br>空中重量:約 10.0kg<br>駆動時間 4 時間 | 精度:±0.1mm<br>分解能:±0.05mm<br>外形寸法:160×62mm<br>重量:550g |
| 調査内容 | ケレン装置で付着物除去 | 肉厚測定 |
| 総合評価 | ・比較的安価な ROV であり，ケレン装置が搭載可能 | ・比較的安価な ROV であり，超音波肉厚計測器が搭載可能 |

表-5　水中ロボ等の仕様（非接触肉厚測定器）

| 区分 | 水中 ROV+非接触肉厚測定器 |
|---|---|
| 肉厚測定 | <br>SPEC-01 |
| 仕様 | ・検証可能板厚:28mm 以下<br>・検証可能リフトオフ(センサーと鋼材の離隔):最大 60mm<br>・検証可能水深:20m |
| 調査内容 | 肉厚測定 |
| 総合評価 | ・鋼材等の金属腐食に対応した調査が可能<br>・貝や錆の上からでも調査が可能<br>・水中，気中問わず調査が可能 |

## 4. 実証試験

### (1) 実証試験の概況

2025年2月4日，高松港にある桟橋式岸壁（水中部）を対象に実証試験を実施した（図-2）．天候は，概ね晴れ，強い冬型の気圧配置にあたり，時折吹雪くことがあった．海象状況は，波高0.2m程度，流速0.17m/s以下，透明度4.1～6.6mであった．

実証試験の項目及び調査対象を表-6に示す．

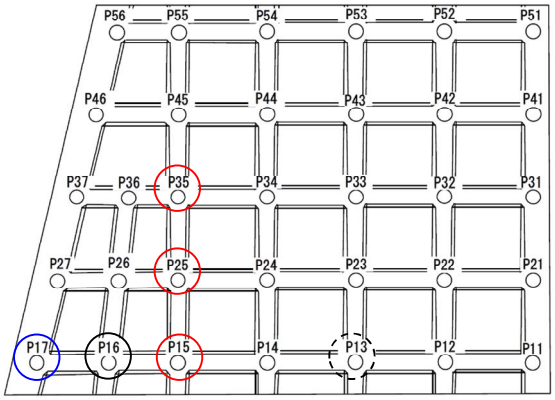



図-2　実証試験対象施設（平面図）

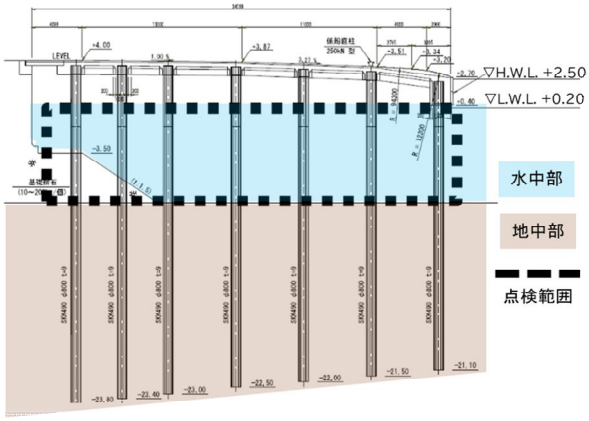



図-3　実証試験対象施設（断面図）

表-6　実証試験の項目及び調査対象

| 実証試験項目 | | 対象 |
|---|---|---|
| ①水中ロボを用いた目視調査 | | ○ 鋼管杭／海底地盤（P15、P25、P35） |
| ②水中部の3D点群データの作成（フォトグラメトリー） | | ○ 鋼管杭（P17） |
| ③肉厚測定（ROV） | 付着物の除去（ケレン） | ◌ 鋼管杭（P13） |
| | 超音波厚み計 | ○ 鋼管杭（P16） |
| | 非接触肉厚測定器 | ○ 鋼管杭（P16） |

### (2) 水中ロボを用いた目視調査

鋼管杭No.P15，P25，P35の計3本を対象に水中ロボを用いた目視調査を実施した．目視調査状況を図-4，調査結果を表-7に示す．

水中ロボを用いた目視調査にかかる平均作業時間は，11分程度/本であった．

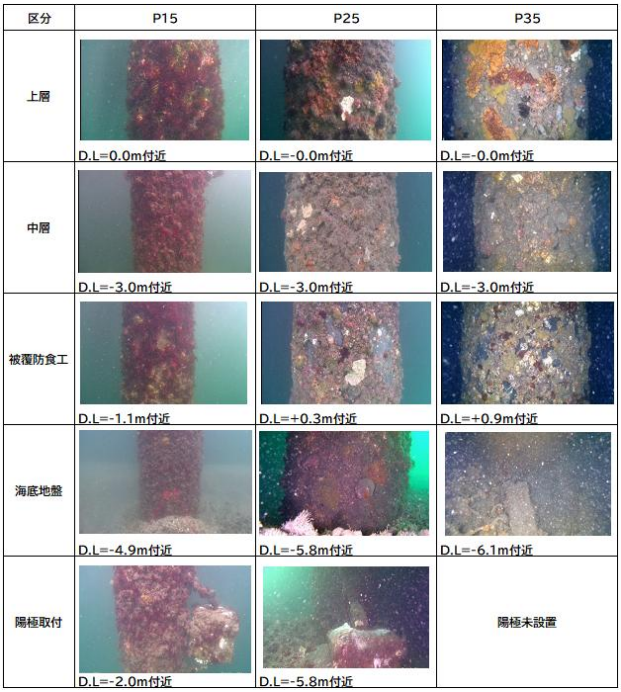



図-4　水中ロボを用いた目視調査状況

表-7　水中ロボ目視調査結果

| 点検診断項目 | | 鋼管杭（P15、P25、P35） |
|---|---|---|
| 鋼管杭 | 腐食、亀裂、損傷 | 腐食による開孔や変状は確認されなかった |
| 被覆防食工 | 被覆の劣化 | 変状なし |
| 電気防食工 | 現存状況の確認 | 脱落等の異常はなし（P35は陽極未設置） |
| 海底地盤 | 洗掘、堆積 | 堆積あり |

| 作業平均時間 | |
|---|---|
| ROV投入 | 0:00:08 |
| 移動・位置決め | 0:01:11 |
| ROV目視調査 | 0:10:58 |
| ROV回収 | 0:02:59 |
| 計 | 0:15:16 |

目視調査の結果，水中ロボにより構造物の変状を確認できる鮮明な映像を得ることができた．しかし，本施設では，鋼管杭に海藻等の付着物があり，映像だけでは鋼管杭の劣化度判定に必要な情報を確認することはできなかった．

### (3) 水中部の3D点群データの作成及び計測

鋼管杭No.P17を対象にフォトグラメトリー用の撮影及び3D点群データの作成を実施した．撮影画像を3D点群データへ解析するため，建設分野で一般的に広く使用されているSfMソフトを使用した．

撮影作業にかかった時間は21.4分/本，撮影枚数は2572枚であった．SfMソフトにおいて，一部解析処理ができなかったが，約98.7%と高い解析率であった．

次に，作成した3D点群データを用いて，変状等を把握するための計測を実施した．なお，水中ロボは，GPS情報を取得することが困難であるため，予めスタッフを入れて撮影することにより3D点群データの縮尺補正を行った．

表-8　フォトグラメトリー用の撮影設定及び解析処理

| フォトグラメトリー用の撮影設定 | |
|---|---|
| 項目 | 仕様 |
| 照明 | LEDライト×2<br>水中ドローンライト×2 |
| 設定 | タイムラプス |
| 撮影間隔 | 0.5秒/枚 |
| 画素数 | 5184×3888 |
| 色 | 2.4bit |

| SfMソフトの解析処理 | | |
|---|---|---|
| 項目 | | Metashape |
| 解析成功枚数 | | 2541枚(2572枚中) |
| 解析処理時間 | | 4時間 |
| PCスペック | CPU | Intel Core i9 13980HX |
| | GPU | NVIDIA GeForce RTX 4080 Laptop |
| | メモリ | 64GB |

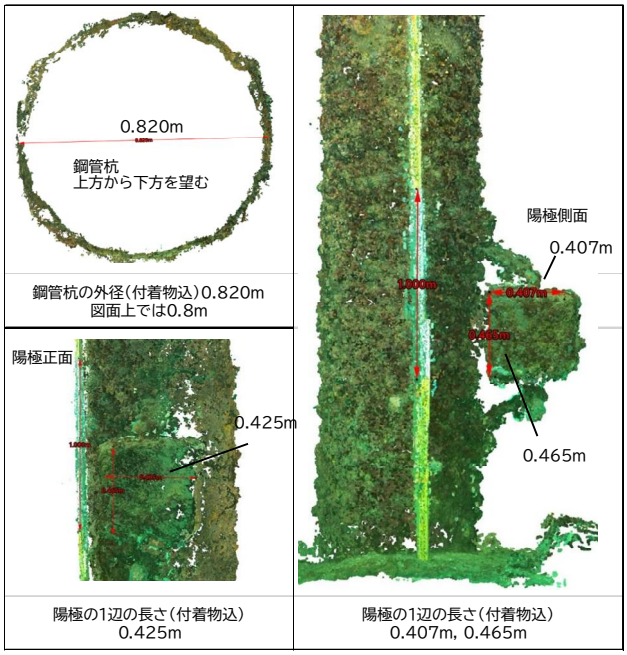



図-5　3D点群データの計測状況

### (4) 水中ロボによる肉厚測定（ケレンあり）

水中ロボに搭載したブラシによるケレン後，超音波肉厚測定器による肉厚計測を実施する予定であったが，鋼管杭表面に付着していた海藻やホヤの仲間等は除去できたが，固着したカキ殻を完全に除去することができなかった．

今回は，潜水士によりケレンを補完した後，水中ロボに搭載した超音波肉厚測定器を用いて，鋼管杭No.P16の1箇所で全19回の肉厚測定を実施した（図-6）．水中ロボによる肉厚計測時間は，約5分（1箇所，19回計測）であった．波浪や潮流の影響により，超音波肉厚測定器を計測箇所に接地することが困難な場合があり，比較検証の潜水士による肉厚計測より時間を要する結果となった．

肉厚測定の結果，水中ロボの平均8.98㎜（8.00㎜～10.25㎜）と潜水士の9.24㎜は，概ね等しい値であった．

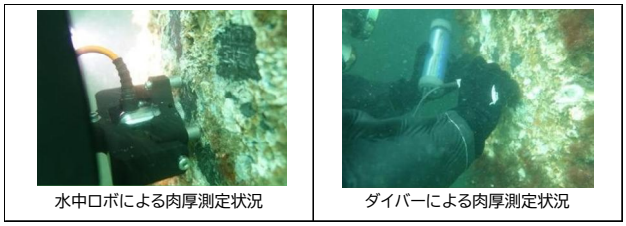



図-6　水中ロボ・潜水士による肉厚測定状況

### (5) 水中ロボによる非接触肉厚測定（ケレンなし）

潜水士がケレンした箇所（前述の肉厚測定を実施した箇所）で水中ロボに搭載した非接触肉厚測定器のキャリブレーションを実施した．キャリブレーション値は，前述の超音波肉厚測定器の計測結果9.24㎜を使用した．

次に，水中ロボに搭載した非接触肉厚測定器を用いて，鋼管杭No.P16のケレンしていない箇所で肉厚測定を実施した（図-7）．3箇所で全16回の計測を実施し，水中ロボによる計測時間は，約15分（3箇所，16回計測）であった．計測時間を要した主な要因は，海面付近（D.L-0.5m）で波浪の影響によりセンサーが動揺し，計測できない状況が生じたためである．しかし，水中ロボが一度静置した後は，1箇所あたり2～5分程度で計測が可能であった．

肉厚測定の結果，水中ロボの平均9.90㎜（8.10㎜～10.90㎜）は，潜水士の9.24㎜と比較して，やや厚めの値であった．

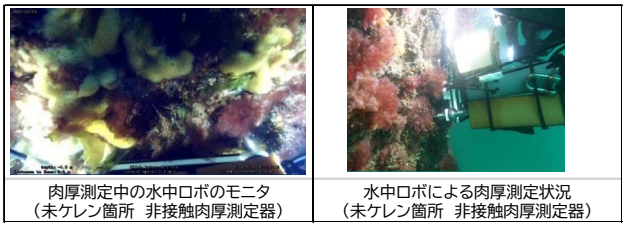



図-7　水中ロボによる肉厚測定状況（非接触肉厚測定）

## 5.　今後の課題と応用

今回は，水中ロボによるケレンにおいてブラシ出力を上げると水中ロボの姿勢が崩れてしまうため，付着したカキ殻を除去できなかった．今後は，カキ殻を叩き割る機構等を備えることで適用性の向上が期待される．

ケレン後の肉厚測定や非接触肉厚測定では，波浪や潮流の影響により，肉厚測定器を測定位置に正確に接地させることが困難であった．特に，波浪の影響を受けやすい海面付近では，センサーを安定させることが困難であった．センサーの安定性が計測結果に影響を与える可能性（非接触肉厚測定ではやや厚めの計測結果）が考えられるため，水中ロボを安定化させる治具等での対応を検討することで適用性の向上が期待される．

今回の水中ロボを用いた桟橋下面（水中部）点検の実証試験結果により，桟橋下面（水中部）における最適な機器選定や点検手順を示したマニュアルを充実させることで，効率的かつ経済的な点検診断の実現を目指す．

## 6.　まとめ

水中ロボを活用した桟橋下面（水中部）の実証試験の

結果，目視調査及び3D点群データによる点検診断への適用は高いことを確認した．一方，肉厚測定については，波浪や潮流の影響を受けやすい状況であったが，水中ロボを安定化させる治具等の対応を検討することで，適用性の向上が期待できることを確認した．

実証試験の結果を踏まえて，潜水士と水中ロボによる目視調査を概算比較（1日1200㎡当たり）したところ，水中ロボの場合，作業中のトラブル回避のための潜水士を待機させていたことから，わずかにコストが高い結果となった．今後，適用した機器の備えや点検マニュアルの整備を進めることで，点検診断の効率化やコスト縮減が期待される．令和7年度には，水中ロボを活用した点検マニュアル（案）の策定を予定しており，その結果の報告を行っていきたい．

**参考文献**

1) 川端ら：小型ドローンを活用した桟橋式岸壁における上部工下面の効率的な点検手法について，四国地方整備局管内技術・業務研究発表会論文集，Ⅱ.25-Ⅱ.28，2024

# 長大トンネルへの坑内Wi-Fi導入による費用対効果の検証と総括

渡辺　樹也

独立行政法人　水資源機構　水路事業本部　水路事業部　設計課

（〒441-1338　埼玉県さいたま市中央区新都心11番地2　ランド・アクシス・タワー内）

豊川用水二期事業では地震対策の一環として全長約120kmの併設水路を建設している。その内、大野導水併設水路工事及び東部幹線併設水路浅間風越工区工事は最長6.0kmに及ぶ長大トンネル工事である。長大トンネル工事への坑内Wi-Fiの導入は明かり工事への導入と比較し、コストが非常に大きく、十分な費用対効果が得られるかが課題であった。

本稿は、長大トンネル工事で坑内Wi-Fiを導入することによる費用対効果について検証し、十分な効果が得られたことを確認するとともに、これまでに得られた長大トンネル工事での遠隔臨場の実施にかかる知見について、総括を行うものである。

キーワード　建設DX、遠隔臨場、生産性向上、長大トンネル、費用対効果、SDGs

## 1. はじめに

豊川用水では、最長6.0kmの長大水路トンネルを施工しており、2021年度から、全ての長大水路トンネル工事において坑内Wi-Fiを導入し、遠隔臨場を実施している。

昨今では当たり前となりつつある工事現場での遠隔臨場であるが、長大トンネル工事においては、電波の通じる明かり工事と比較してWi-Fi環境の導入コストが数十倍から百倍程度になる傾向が見られることによって、その費用対効果が疑問視された。

よって、はじめに長大トンネル工事にWi-Fi環境を導入する際のコストについて検証する。




図-1　工事位置図

## 2. 工事の特徴と遠隔臨場費用

ここでは、豊川用水二期事業において実施した工事の内、愛知県新城市で施工している代表的な2件の長大トンネル工事について説明する（図-1）。

### (1) 工事の特徴

大野導水併設水路工事（以下「大野併設トンネル」という。）は全長約6.0kmの水路トンネル（TBM工法+一部NATM工法）工事であり、下流から上流に向けての掘削及び中間地点から上下流の2方向への12m毎、全498BLの覆工（約24ヶ月）を完了し、覆工の開始（2022.2）から覆工の完了（2024.2）までを遠隔臨場で実施している。

東部幹線併設水路浅間風越工区工事（以下「浅間風越併設トンネル」という。）は全長約4.0kmの水路トンネル（NATM工法）工事であり、上下流の2方向から中間へ向けての掘削（約15ヶ月）及び中間地点から上下流の2方向への9m毎、全435BLの覆工（約18ヶ月）を完了し、掘削1,900m（2021.7）から覆工完了（2024.3）までを遠隔臨場で実施している。

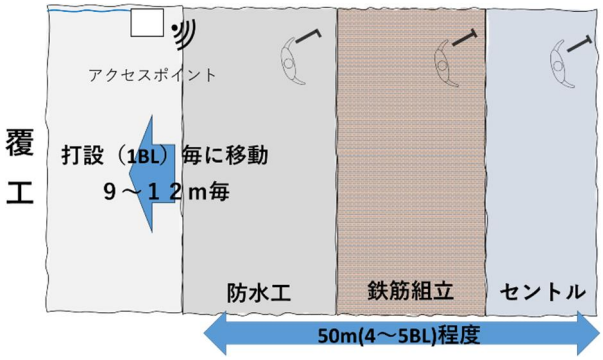



図-2　坑内Wi-Fi模式図

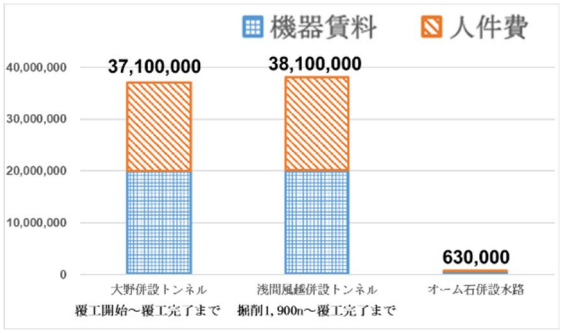



図-3　各工区の遠隔臨場費用(経費込み)

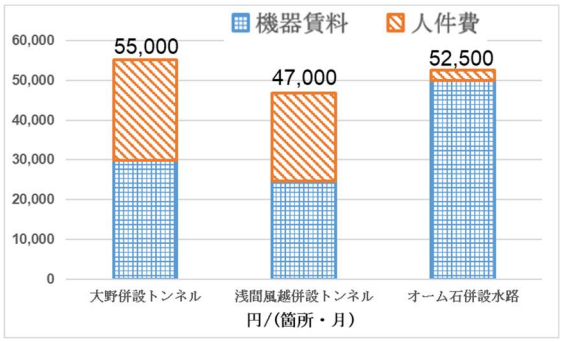



図-4　一月当たり１箇所(100m)毎の遠隔臨場費用

(2) 遠隔臨場

**a) 坑内Wi-Fi模式図**

坑内Wi-Fi模式図を図-2に示す。トンネル内には100m毎にアクセスポイント（以下「AP」という。）が設置され、現場事務所に設置されたWi-Fiルーターと各APをLANケーブルで接続することによって、切羽またはセントルでのWi-Fi環境を構築している。ただし、APは半径50m程度の電波しか拾えないため、掘削や覆工の進行とともに撤去・再設置が必要となる。

**b) 各工区の遠隔臨場費用の比較**

長大トンネル工事に係る遠隔臨場費用との比較のために東部幹線併設水路オーム石工区工事について記載する。東部幹線併設水路オーム石工区工事は全長約0.5kmの管水路工事（開削工法）であり、2024年7月に工事（約12ヶ月）を終えている。

各工区の遠隔臨場費用を図-3に示す。なお、機器賃料にはLANケーブル、AP、HUBBOX、カメラ機器等賃料（損料）等が含まれ、人件費には設定・保守・設置・撤去手間が含まれる。

また、各工区の一月当たり1箇所(100m)毎の遠隔臨場費用を図-4に示す。なお、APの受信半径が半径50mであることから、１箇所当たりの代用として100m毎の費用を算出した。なお、大野併設トンネル及び浅間風越併設トンネルでは施工途中から遠隔臨場を導入しているが、仮に大野併設トンネルで掘削開始から遠隔臨場を導入した場合の費用は約6千万円と試算される。

長大トンネル工事と明かり工事を比較すると、長大トンネル工事は人件費の割合が大きいが、これは電波の届く明かり工事と比べて、掘削や覆工の進捗によりAPなどの設置・撤去手間が必要なこと、遠隔臨場の実施期間が長いため、賃料（損料）が全損価格に達し、頭打ちとなったものが多いことが挙げられる。

以上より、長大トンネル工事では、直接電波が受送信可能な明かり工事と比較して、遠隔臨場に要するトータルコストは数十～百倍程度となっているものの、どの工事においてもおよそ一月当たりのWi-Fi設備の導入箇所数に比例するコストがかかっていることがわかる。

## 3.　遠隔臨場によるコスト縮減

(1) 労働時間の短縮によるコスト縮減

大野併設トンネルでは覆工に伴い、2022年2月から2024年2月までの24ヶ月間に約1,960回の立会・段階確認を実施した。浅間風越併設トンネルでは2021年7月から2024年3月までの33ヶ月間に約1,750回の立会・段階確認を実施した。このうち、大野併設トンネルでは約1,300回、浅間風越併設トンネルでは約1,100回の遠隔臨場を実施した。（図-5）




図-5　覆工の施工サイクル

『建設DXによる長大トンネルの施工管理と働き方改革への貢献』にて増田らが述べたように、1回当たりの立会につき、坑内移動に往復約1時間、車両運転に往復約1時間要するため、両併設トンネル合計で約4,800時間の労働時間及び約2,400時間の車両運転時間の短縮を達成した[1)]。

### (2)工期縮減によるコスト縮減

大型機械設備の繰り返し作業が工程の大部分を占めるトンネル掘削では、大型機械設備等の作業能力によって発破・ズリ搬出・吹付などの作業に要する時間を積み上げていくサイクルタイムに沿って工事が進行する。これはセントルによってコンクリートの打設を行う覆工についても同様である。

出来形確認には切羽判定や鉄筋被り、覆工妻部など施工断面の確認を伴う他、移動に構内電車を用いるため、立会中はサイクルタイムに沿った工事が制限される。

図-6に大野併設トンネル及び浅間風越併設トンネルでの設計と実績における覆工に要した期間を示す。大野併設トンネルでは、設計工程では覆工開始から完了までに上下流延べ1,384日かかるところ、実績では1,225日（減159日）で施工した。浅間風越併設トンネルでは、設計工程では覆工開始から完了までに上下流延べ960日かかるところ、実績では1,026日（増66日）で施工した。ただし、浅間風越併設トンネルは施工承諾で覆工間隔を1BL=12mから1BL=9mに変更しているため、これを加味すれば設計工程は上下流延べ1,254日となり、実績では228日短縮できたと推測される。

このように大幅な工程の短縮が可能となった理由の一つとして、遠隔臨場を実施することでサイクルタイムへ及ぼす影響を最小限に抑えたことが挙げられる。遠隔臨場１回につき、1.5時間（坑内移動0.5時間、坑内移動1時間）短縮し、大野併設トンネルでは155日（実働108日）、浅間風越併設トンネルでは131日(実働92日)程度の工期縮減ができたと考えられる（一日18時間施工）。なお、浅間風越併設トンネルでは遠隔臨場のほかに大野併設トンネルでのノウハウの転用（同一の施工業者）などが工期縮減に寄与した。

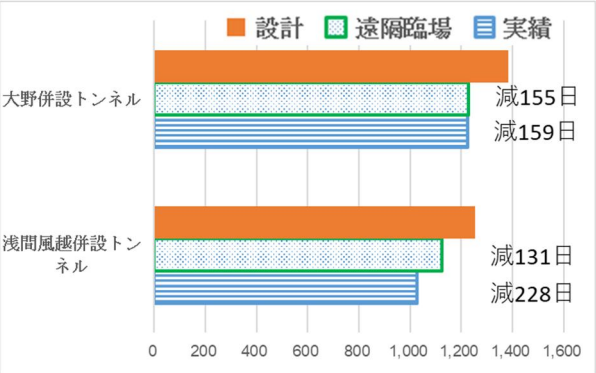



図-6　覆工期間

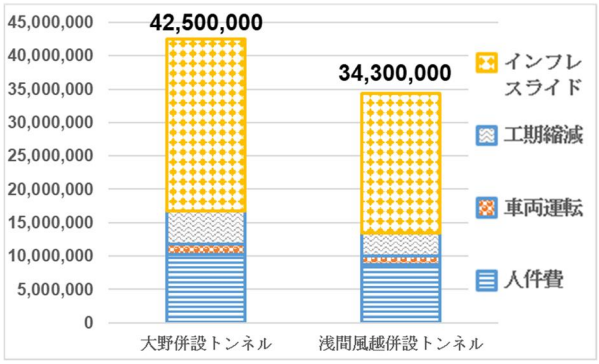



図-7　遠隔臨場によるコスト縮減（直接工事費）

上記の工期縮減の効果として、濁水処理に使用する薬品数量及びトンネル工事期間の地下水・流量観測期間についてコスト縮減を達成した（積算工程上の直接工事費（薬品費及び観測費）：7,000万円（両併設トンネル計）、工期縮減による精算予定額：6,160万円）。

また、設計工程以上に出来高が上がったことで、2023年度及び2024年度に実施するはずであったインフレスライドに伴う工事費の増額についてもコスト縮減を図ることができた（積算工程上の直接工事費増額分：6.40億円（両併設トンネル計）、実際のスライド直接工事費増額分：5.94億円）。

以上より、遠隔臨場の導入によるコスト縮減としては、労働時間の短縮及び工期縮減のどちらにおいてもおよそ遠隔臨場の実施回数に比例することがわかる。

## 4. 費用対効果と今後のトンネル設計

上記で述べた遠隔臨場によるコスト縮減についてまとめた図を図-7に示す。図より、両工区とも遠隔臨場費用に対して十分な費用対効果を得られている（経費込みで大野併設トンネルは約6,000万円、浅間風越併設トンネルは約4,800万円）が、掘削も含めたより長い期間遠隔臨場を実施し、単位箇所当たりの整備コストも小さい浅間風越併設トンネルでは、覆工だけ遠隔臨場を行った大野併設トンネルと比較して、コスト縮減額が小さい結果となった。

本章ではこれらの要因と今後のトンネル設計・積算について述べる。

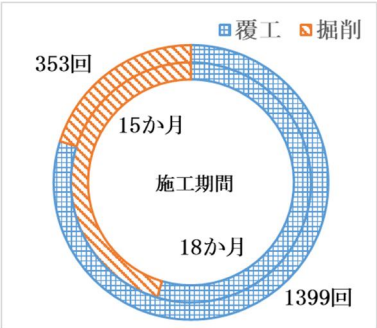



図-8　立会回数内訳

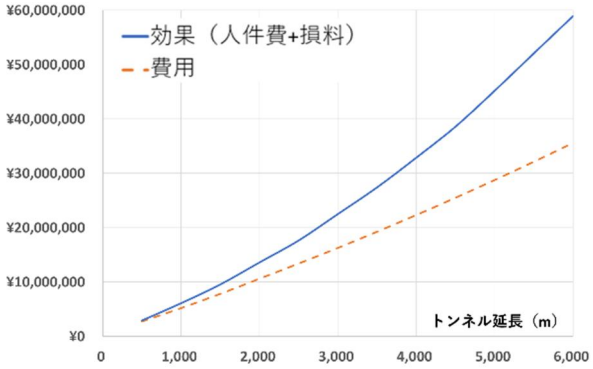



図-10　トンネル延長による費用と効果(経費込み)

### (1) 掘削と覆工の費用対効果

1BLの打設ごとに出来形を確認する覆工とは異なり、掘削では地質が変わる毎、または50m毎に出来形の確認を行う。図-8に3.1で述べた浅間風越併設トンネルで実施した計約1,750回の立会（段階確認）内訳を示す。図に示す通り、掘削期間中に実施した立会（段階確認）の回数は一月あたりに換算すると1/3程度となる。よって、本工事における施工条件において、掘削期間中は遠隔臨場によるコスト縮減効果が覆工期間と比較して低くなったため、浅間風越併設トンネルでのコスト縮減額が大野併設トンネルと比較して小さくなったと推測できる。

### (2) 遠隔臨場を前提とした設計

本工事においては遠隔臨場の実施を加味した設計を実施していないため、コスト縮減として計上していないが、今後の課題として、当初から遠隔臨場による工期縮減を前提として設計を実施した場合のコスト縮減額について記述する。

図-9に浅間風越併設トンネルで使用した大型機械設備の併用日当たり損料を示す(大野併設トンネルでは1併用日当たり約20万円)。なお、一部の機械（濁水処理設備等）については、全損価格として採用しているため、計上していない。

図に示す通り、トンネル工事においては大型機械設備や坑内環境の維持に高額な費用を有する。

これらの日当たり損料に遠隔臨場の実施による工期縮減を加味すれば、大野併設トンネルでは直接工事費で約3,140万円（経費込みで約4,400万円）、浅間風越併設トンネルでは直接工事費で約3,100万円（経費込みで約4,200万円）のコスト縮減を図ることができたと試算できる。

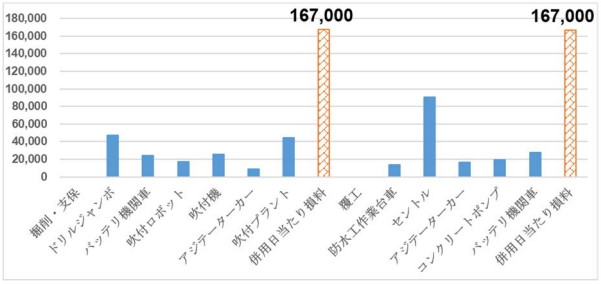



図-9　日当たり損料（賃料）

図-10に遠隔臨場に係るトンネル延長による費用と効果について、大野併設トンネルの施工条件（φ3400、立坑2箇所、セントル12m 遠隔臨場率65%）を元に示す。ただし、現場条件等に大きく左右される薬品費等の縮減及びインフレに係るコスト縮減は無視した。図より、トンネル延長が大きいほど、臨場時間が削減され、コスト縮減効果が費用に対して大きくなることがわかる。また、延長によらず遠隔臨場によるコスト縮減が費用を常に上回ることがわかる。ただし、費用・効果ともに現場条件に多分に左右されるため、実際の費用対効果は積上算出するほかないと考える。

### (3) CO2削減効果

工事費との直接の関係はないが、社会コストの一つとしてCO2排出量の削減効果についても述べる。なお、計算には環境省が作成した温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルを使用した。

削減したCO2排出量は大野併設トンネルで自動車運転30,550km、消費電力量758,524kwhで計422t-CO2。浅間風越併設トンネルは自動車運転25,850km、消費電力量689,480kwhで計383t-CO2となった。これはJ-クレジット換算(1,551円/t 2023年5月省エネ他入札販売価格)で計約125万円の削減効果となる。

以上より、今後のトンネル設計については、特に覆工のサイクルタイムについて遠隔臨場を前提とした設計・積算を実施し、CO2削減という観点も含めコスト比較をした上で、積極的に導入するべきと考える。

## 5. 総括

これまでに述べた結果から、明かり工事と比較して莫大な遠隔臨場の導入コストが発生するトンネル工事においても、特に立会（段階確認）項目の多い覆工においては十分な費用対効果を発揮することが示された。

掘削においては覆工と比較して費用対効果が低いが、岩判定や湧き水への対処、肌落ちの危険性など迅速に高度な判断が必要される場合においてもすぐに専門家の意見を仰ぐことができるという面を鑑みれば、安全面でも十分な効果を発揮していると思われる。

本工事においては幸いにも大きな事故や災害もなく無事に掘削を終えることができたという点が掘削期間中の費用対効果の低下につながっているものと考えられる。

## 6. おわりに

当初は受発注者の働き方改革という期待から始めた長大トンネル工事での遠隔臨場及びそのためのWi-Fi環境の整備であるが、3年間分析を行う中で、労働生産性向上、施工・品質管理、安全管理、SDGs、費用対効果と当初の期待を大きく上回る効果を得ることが出来た。

なお、水資源機構では2021年より建設現場における遠隔臨場の試行に取り組み、これらの工事を含めた試行工事等によって得られた知見から、2025年10月1日以降に入札契約手続きを開始する原則、全ての工事（営繕関係を除く）について、「発注者指定型（実施にかかる必要な費用の全額を発注者が負担する方式）」により遠隔臨場の実施をしている。（ただし、工事発注規模が１億円未満の工事は工事内容を踏まえ遠隔臨場の実施を判断することとしている。）

また、遠隔臨場の適用の範囲や使用する機器構成と仕様、段階確認等の実施及び記録と保管方法とともに、段階確認、材料確認、立ち会いにおける各工種、確認項目において、使用機器、品質確保、人財育成の観点から遠隔臨場の適応性（目安）等を整理した『建設現場における遠隔臨場に関する実施要領』を2025年9月よりホームページ上で公開している[2)]。

今後も受発注者及び利水者のためにも、水資源機構として建設DXの推進を行っていく所存である。

**参考文献**

1) 増田 浄,工藤 正憲,秋山 健,対馬 剛（2023）. DXによる長大トンネルの施工管理と働き方改革への貢献. 令和５年度中部地方整備局管内事業研究発表会

2)独立行政法人水資源機構(2025年９月)
『建設現場における遠隔臨場に関する実施要領』
https://www.water.go.jp/honsya/honsya/keiyaku/techinfo/tec-enkaku.html（2025年10月28日取得）