

行政情報

建設施工分野における取り組み

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室

「インフラ老朽化」「災害リスクの高まり」「少子高齢化・将来の技術者不足」など我が国の社会インフラを取り巻く課題解決や新型コロナウイルス感染症対策を契機とした非接触・リモート型の働き方への転換と抜本的な生産性や安全性向上を図るため、国土交通省総合政策局公共事業企画調整課施工安全企画室では「建設機械」や「ロボット技術」を「AI」「IoT」と連携し、早期に社会実装するため各種施策を推進している。

本稿では、近年取り組んでいる「建設施工分野のデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進」に関連する施策について紹介する。

キーワード：DX, 建設施工, 生産性向上, 社会実装, AI, IoT, ロボット技術, i-Construction, 除雪機械, 自動化, 自律化

1. はじめに

我が国の社会インフラは「老朽化の進行」, 「地震・台風・雪害等の災害リスクの高まり」, 「豪雨災害の激甚化」, 「人口減少・少子高齢化等による将来の技術者不足」等のさまざまな課題に直面している。特に我が国の総人口は、戦後から増加が続いていたが、2008年（平成20年）の1億2,808万人をピークに減少に転じ、2000年（平成12年）頃は欧州諸国と同水準であった高齢化率についても、2005年以降は世界で最も高い水準となっている。

これらの課題を解決するため、これまで以上に、人の判断の代替としての「AI」や機械・ロボット制御に「IoT」を連携させるなど「AI・ロボット等革新的技術のインフラ分野への導入」等が必要不可欠となる。また新型コロナウイルス感染症対策を契機とした非接触・リモート型の働き方への転換と抜本的な生産性や安全性向上を図るため、インフラ分野のデジタルトランスフォーメーション（DX）を強力に推進する必要がある。

政府では「経済財政運営と改革の基本方針2020」（令和2年7月17日閣議決定）を定め、以下のような建設施工分野における生産性向上等を目指しているところである。

- ・ 社会資本整備については、デジタル化・スマート化を原則とした、抜本的な生産性向上や予防保全の高度化・効率化による長寿命化、集約等を通じ

た公的ストックの適正化を図る。

- ・ 防災・減災、国土強靱化について、デジタル化・スマート化を図りつつ、国・地方自治体をはじめ関係者が一致団結し総力を挙げ、ハード・ソフト一体となった取組を強力に推進する。
- ・ 社会資本整備分野においてもデジタル化・スマート化を進め、今後策定する次期社会資本整備重点計画を貫く原則と位置付ける。特に、ICT施工や建設生産プロセス全体での3次元データ活用などのi-Constructionを推進し、中小建設業を含め、規模の経済観点からの広域連携も図りつつ、全国的な浸透を図るとともに、デジタル化も活用したきめ細やかな施工・執行管理や地方自治体の取組の「見える化」を通じた施工次期の平準化等により生産性向上等を図る。またインフラの老朽化が進展する中で、予防保全に基づくメンテナンスサイクルを徹底し、その際、新技術やデータ利活用による効率化・高度化を図る。

本稿では、これらの政府の基本方針における目標を実現するための建設施工分野における取り組みについて紹介する。

2. AI・ロボット等革新的技術のインフラ分野への導入

社会インフラの維持管理をめぐっては、老朽化の進行、現場の担い手不足等が喫緊の課題となっている。

国土交通省では、より効率的なインフラ点検を実施するための社会インフラ用ロボットの活用手法等を示すマニュアルを整備し、現場導入を推進している。

具体的には、平成25年度に重点導入5分野（橋梁、トンネル、水中（河川、ダム）、災害状況調査、災害応急復旧）を設定し、平成26年度より、重点5分野に関する民間企業のロボット技術を公募し、実際の現場等でその性能を検証した。平成30年度には、検証を行ったロボット技術を道路（橋梁、トンネル）及び河川（ダム）の実現場で活用するための環境を整備し、令和元年度より活用が始まっているところである。

一方、点検支援技術等から得られる膨大な写真の整理作業や、構造物の変状等を抽出する作業には時間を要するため、これら作業の効率化が求められている。効率化を実現する手法として、点検写真から構造物の3次元モデルを自動生成し、変状等を把握出来るビューアを用いて写真等を管理することや、AIを用いて変状等を自動抽出することが有効であると考えている。

(1) 3次元モデルの活用

点検業務においては、点検にて損傷が認められた箇所の写真や損傷情報等を帳票等によって記録を残せば、点検支援技術等によって撮影した写真の全てを納品する必要はない。

しかし、点検支援技術等によって撮影した高精細かつ膨大な画像から3次元モデルを生成し、正確な損傷位置を3次元的に記録・蓄積することが出来れば、損傷の経年変化を容易に比較することが可能となり、診断等を行う技術者の判断への貢献も期待される。

これを実現するため、国土交通省では3次元モデルの作成に必要なデータに関する共通のデータ項目や仕様を規定し、点検支援技術等により取得した点検写真から、3次元モデルを生成するアプリケーション等を介して成果品を作成し納品する方法（図—1）を示す

「点検支援技術（画像計測技術）を用いた3次元成果品納品マニュアル（トンネル編／橋梁編）（案）平成31年3月」を作成し、実現場にて取得した点検データから3次元モデルを作成する試行を行っている。

(2) AIの活用

現在は点検支援技術等を用いて取得した大量の写真から人手により損傷を判読しているが、将来的には人工知能（AI）を活用して損傷を自動判読することにより、点検記録作成に要する人の作業を支援することが出来ると考えている（図—2）。

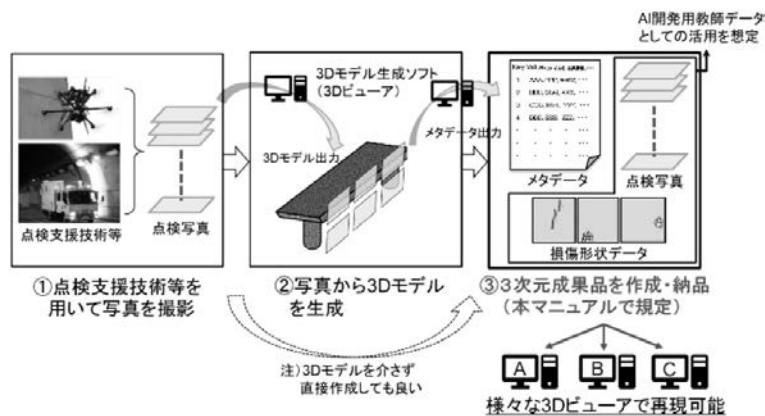
国土交通省では、民間との協調領域として教師データを作成し、これをAI開発者へ提供しAI開発を支援するとともに、開発されたAIの性能評価等を行うことを目的に「AI開発支援プラットフォーム」の設立を検討している。本プラットフォームの設立に先立ち、良質で効率的な教師データ整備のあり方や、点検に関するデータの取得・保存・分析・活用を円滑に行うデータ基盤のあり方の検討等を行うために「AI開発支援プラットフォームの開設準備ワーキンググループ」（以下 AI-PF 準備 WG）を設置し、提供する教師データの要件について検討を進めている。

AI-PF 準備 WGでは、これまで検討した要件に基づき教師データを試作してきたところ（図—3）、今後はAIの性能評価試行や、AIを実現場に導入した際の活用効果の検証を行うことで、公開する教師データの品質を確認するなど、AI開発支援プラットフォームの設立に向けた取組を進める。

3. ICT施工の対象工種拡大及び普及促進

(1) ICT施工の対象工種拡大

国土交通省では、調査・測量から設計、施工、検査等のあらゆる建設生産プロセスにおいてICT等を活



図—1 3次元成果品の納品までの流れ



図-2 点検フローの将来像

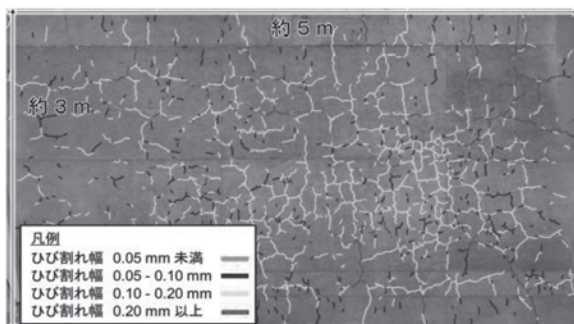


図-3 試作した教師データの例

用する i-Construction を推進し、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指している。

i-Construction のトップランナー施策のひとつである「ICT の全面的な活用」については、これまでに土工、舗装工、浚渫工、地盤改良工、法面工、付帯構造物設置工、舗装工（修繕工）について「出来形管理要領」や「監督検査要領」などを策定し、対象工種の拡大を行ってきた。令和 2 年度は、BIM/SIM の令和 5 年度原則適用を踏まえ、構造物工（図-4）への工種拡大を行うとともに、路盤工の加速度応答を用いた密度管理や、民間から提案を受けた、施工履歴データを用いた出来形管理の土工への適用、UAV 写真測量でカメラを斜面に正対させた状態での斜め撮影手法の適用等の拡大を図る。

また、建設現場のデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進するため、ICT 施工に係る各種データについて、施工者や発注者がクラウドシステム間でデータを連携し、様々なアプリケーションで利用（図-5）するために必要な API 連携について検討を進めている。

(2) ICT 施工の普及促進

ICT 施工の地方自治体発注工事に広く普及を図るため、平成 29 年度から令和元年度まで「現場支援型モデル事業」（25 自治体）を実施してきた。ICT 活用工事の発注件数は増えてきているが、中小建設業者に ICT 施工に対応した人材が不足しているなどの理由により、ICT 施工の実施件数は増えていないため、令和 2 年度からは、地方公共団体の ICT 施工担当者等に対し、中小建設業者へ現場条件に見合った ICT

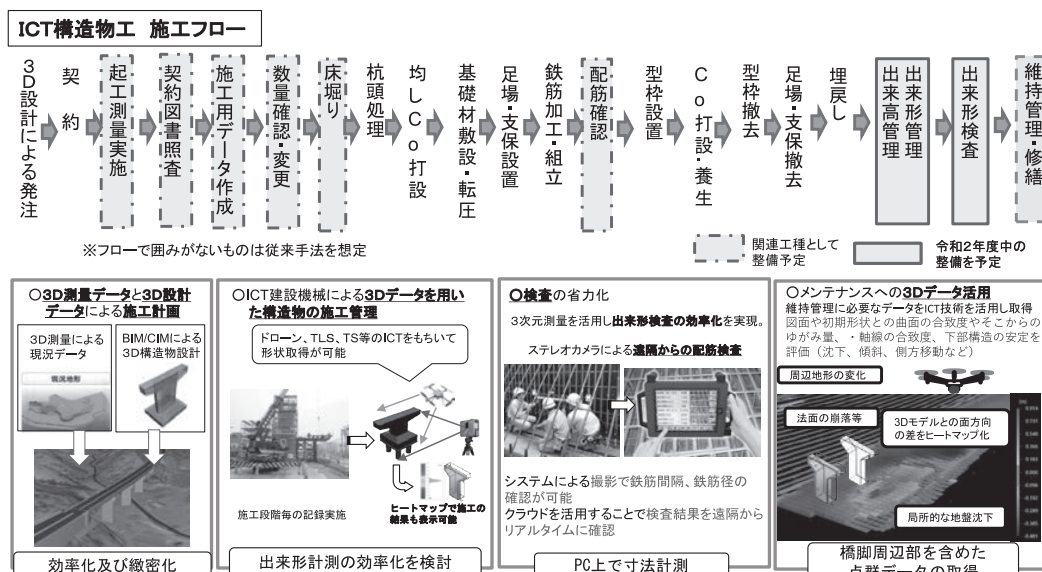


図-4 ICT 構造物工

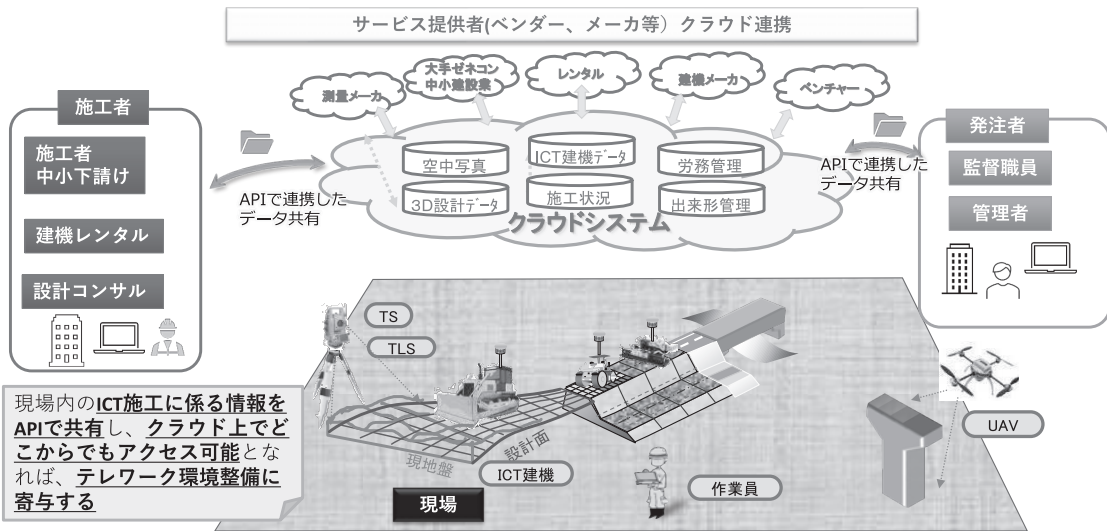


図-5 ICT 施工におけるデータ連携

活用方法等を適切にアドバイスができる人材・組織の育成を支援する。

4. 除雪機械の高度化

近年の除雪現場においては、担い手不足や作業の難易度が高いこと等からオペレータの高齢化及び技術者不足の問題が顕在化しており、今後も冬期道路の交通を確保していくために早急な対応が求められている。

労働力不足対策の1つとして、ロボット技術やAIを活用した省人化の試みが各業界で進められており、

自動車業界においては自動運転の開発が急速に進んでいる。

一方、国土交通省では、国道（国管理）の今後の維持管理のあり方について幅広く議論するための「国道（国管理）の維持管理等に関する検討会」が設置されており、その中間とりまとめにおいて、直轄国道の日常的な維持管理に新たな技術を活用するための「道路デジタルメンテナンス戦略」が策定され、道路の維持作業の分野（図-6）においても段階的に新技術の導入を目指している。

除雪作業の自動化に向けた検討については、過年度

ICT技術の導入により、維持作業の自動化を行い、作業の効率化・安全性の向上を図る。

<実現したいこと>

- ・ 機械の自動制御(作業装置のマシンコントロール化)による除雪作業等の効率化と安全性の向上
- ・ 熟練オペレータの技術の伝承

C-① 除雪機械による除雪作業の自動化

技術イメージ MMSを活用した高精度3次元地図とGPSにより路上障害物を自動検知し、除雪トラックなどの除雪作業(機械操作)を自動化する技術

① 当面の取り組み

自動化に必要な地図データ

作業装置の自動化に必要な道路施設の静的情報を抽出

- バス停・駐車帯・IC
- マンホール
- 緑地・中央分離帯等
- 橋梁・トンネル
- 境界
- 電柱・照明柱・標識柱
- 自衛
- 標識柱
- 防犯カメラ・防犯カメラ

【課題】除雪現場では、担い手不足のため熟練オペレータの機械操作技術が若手へ伝承されない

除雪トラックのコックピット

【取り組み】熟練オペレータの操作技術を自動制御

② 開発目標

除雪トラック作業装置の自動化を図る

除雪作業の安全性、施工性向上を目的として、除雪トラックの作業装置(フロントブラウ、グレーダ装置、サイドシャッタ)のマシンコントロール化を検討。最終開発目標は「完全自動運転(無人化)」

一次除雪機械(除雪トラック)のマシンコントロール化イメージ

各作業装置マシンコントロール化イメージ

- マシンガイダンス
- 凍天検知装置(位置情報)
- フロントブラウ
 - ・ 障害物回避
 - ・ 上下操作
 - ・ 左右操作
 - ・ 切角角操作
- グレーダ装置
 - ・ 障害物回避
 - ・ 上下操作
 - ・ 左右操作
 - ・ 切角角操作
- サイドシャッタ
 - ・ 開閉操作

C-② 除雪作業の安全確認支援

技術イメージ 作業場の死角の見え方や、悪天候時の視界不良時の映像鮮明化で作業の安全確認を支援する技術

除雪グレーダの運転支援

映像鮮明化技術

C-③ 維持作業(除草、清掃等)の機械操作の自動化

技術イメージ 路上障害物を検知し、除草・清掃等の維持作業(機械操作)を自動化する技術

C-④ 除雪車両等の完全自動化

技術イメージ 除雪作業等の完全無人化

図-6 道路維持作業分野の新技術導入イメージ

に行った除雪作業従事者の実態調査結果などを踏まえ、特に優先的に取り組むべき内容として、技能習得に時間を要する除雪機械（装置）の操作に関する省力化に向けた技術開発を行っている。

以下に、現在取り組んでいる除雪機械の高度化について紹介する。

(1) 除雪トラックの高度化

除雪トラックには、雪を路外にかき飛ばす車両前方にある「プラウ」、路面の圧雪を削り取る「トラックグレーダ（路面整正装置）」、一時的に雪を抱え込み交差点に雪を残さないようにする「サイドシャッタ」など各種除雪装置がある（図一7）。



図一7 除雪トラックの主な作業装置

従来、オペレータが手動で操作している装置を、道路の3次元地図データを基に、準天頂衛星「みちびき」等からの測位情報を利用した自車位置を確認し、あらかじめ設定された位置で各種除雪装置を自動操作する自動化に取り組んでいる。

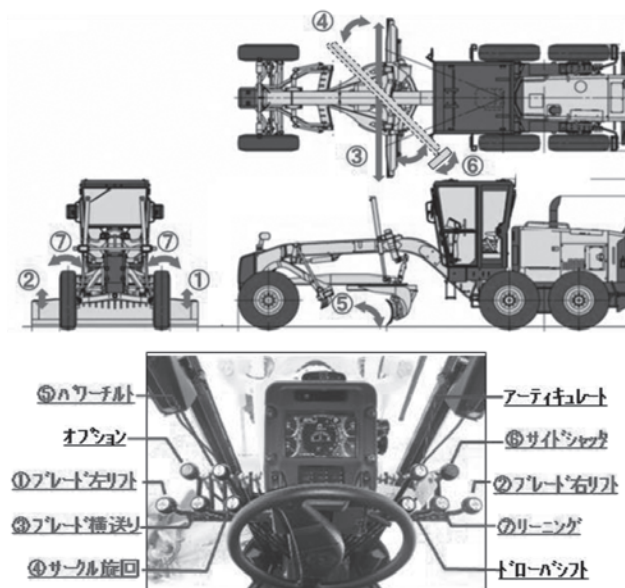
(2) 除雪グレーダの高度化

除雪グレーダは、路面状況、道路構造、沿道条件等に合わせた複雑で難易度が高い操作が必要であり、ブレード操作は走行しながら、6～7本のレバーによりブレードを操作しており、オペレータの習熟が必須の機械である。

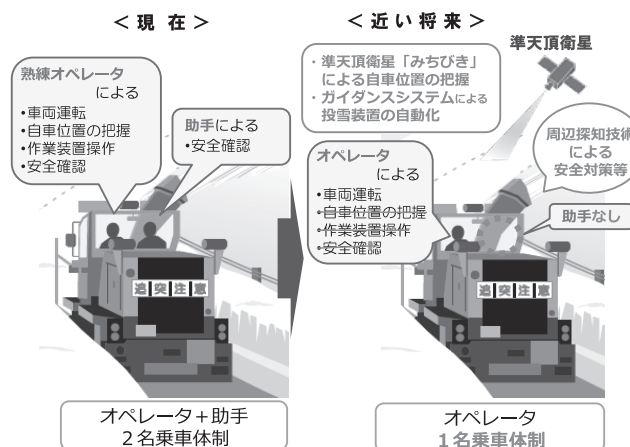
図一8に示す①から⑦までの動作を、除雪作業の負荷により除雪装置を自動化する高度化に取り組んでいる。

(3) ロータリ除雪車の高度化

ロータリ除雪車は、拡幅除雪や運搬排雪に使用され、車両前部の装置（オーガ、ブロウ）を回転させて雪をかき込み、シュートと呼ばれる装置で方向や距離を調整し雪を飛ばす機械である。これら作業装置の自



図一8 除雪グレーダのブレード装置概要図



図一9 ロータリ除雪車の高度化

動化においても、除雪トラック同様に測位データで自車位置を確認し、各種除雪装置を自動操作するものである。また、実際のオペレータによる投雪装置の操作実績（操作判断基準）をティーチングし、その基本データで自動施工を目指す。風向・雪堤高さ・道路附属物等の情報データも補完し、自動化に取り組んでいる（図一9）。

現在の除雪作業では、熟練オペレータによる車両運転、自車位置の把握、作業装置操作、助手による安全確認等の作業が必要となることから、2名体制で乗車をしているところである。近い将来には、準天頂衛星「みちびき」等を活用し、自動化レベルを段階的に上げていくことで、オペレータに求められる作業の見直しやそれら技術の習得に必要な期間短縮などにつながると想定している。

5. 建設施工における自動化、自律化の促進

日本が世界をリードしている分野として、建設機械の自動化・自律化技術があり、本技術の導入による飛躍的な省力化、生産性の向上が期待されている。

建設現場における無人化施工技術そのものは日本独自の技術であり、平成6年より実施していた雲仙普賢岳における試験フィールド事業をはじめ、災害現場等の二次災害のリスクが懸念される現場にて、作業の安全性を担保するために建設機械の遠隔操作技術や遠隔での施工・品質管理技術を適用する形で導入を進めてきた。一方、これまでの無人化施工技術は、通信能力の低さ等に伴う映像伝送、表示の遅延による判断の困難さや施工効率の低さが課題となっていた。

しかし、近年は5GやAI等の革新テクノロジーを用いた新たな無人化施工技術の開発が進んできている。これには、従来取組んできた遠隔操作技術を搭乗操作の感覚に近づける技術や、建設機械の操作を自動化する技術、人工知能等を活用し判断まで行う自律化技術を含んでおり、これらの技術開発競争は世界的にも激化しているところである。

このような技術は現在開発導入の緒に就いたところであり、5GやAI等を用いた自動化、自律化技術の開発導入を促進するため、国として建設機械の自動化、自律化技術の導入に関する長期的なビジョンを策定し、社会実装に向けた制度整備を行うこととしている（図－10）。



図－10 無人化施工のイメージ

6. 建設施工における人間拡張技術の導入促進

近年は製造業や物流等において作業員の身体能力、認知能力を拡張する「人間拡張（Human Augmentation）」技術の導入が進んできている。人間拡張技術には、作業員の身体負荷そのものを軽減するパワーアシストスーツや作業員の視覚や判断を補助するVR、AR等が代表される。これらの技術には、建設施工の分野に応

用可能なものも含まれると考えられるが、その活用効果が明確ではなく普及には至っていない。

そこで、人間拡張技術の開発導入を促進するため、国として導入に向けた長期的なビジョンを策定し、技術の活用効果等について定量的に評価可能な指標を示すとともに現場実証を行い、導入に必要な制度整備を行う。

国土交通省ではまずパワーアシストスーツに注目し、その早期社会実装に向けた環境整備を推進するため、産官学による「建設施工におけるパワーアシストスーツ導入に関するワーキンググループ」を設置した（写真－1）。令和2年度は、パワーアシストスーツの活用場面の整理や、その導入効果評価指標・手法案について本ワーキンググループを通じて整理し、模擬環境現場において検証を行うこととしている。



写真－1 パワーアシストスーツを装着した様子

7. おわりに

インフラの老朽化が進行している中で、近年の災害の頻発化・激甚化が懸念されているとともに、人口減少・少子高齢化等による技術者不足等の課題が我が国は存在する。また新型コロナウイルス感染症対策を契機とした非接触・リモート型の働き方への転換と抜本的な生産性や安全性向上を図る必要がある。

このような状況に対応するため、「AI・ロボット等革新的技術のインフラ分野への導入」「ICT施工の対象工種拡大及び普及促進」「除雪機械の高度化」等の施策に加え、「建設施工における自動化、自立化の促進」「建設施工における人間拡張技術」の導入促進に取り組んでいるところである。

今後とも、日本の建設施工分野が抱えるさまざまな課題に対し、迅速かつ効果的に対応するためには、更なる新技術等の導入や普及が求められるであろう。