

AI/IoT を活用した除雪作業の生産性向上

(株)堀口組 正会員 ○湯浅 勝典
 (株)堀口組 正会員 漆館 直
 (株)環境風土テクノ 正会員 須田 清隆
 (株)建設 IoT 研究所 正会員 柳瀬ひろし

1. 目的

国土交通省では、建設現場の生産性向上を目指す **i-Construction** と統合イノベーション戦略 (H30. 6. 15 閣議決定) を受け、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」が展開されている。令和4年度の上記プロジェクト、技術 I : 「AI・IoT を始めとした新技術等を活用して土木または建築工事における施工の労働生産性の向上を図る技術」に採択された堀口組コンソーシアムの取組み、「AI/IoT を活用した除雪作業の生産性向上」を「深川留萌自動車道 留萌市 留萌道路維持除雪外一連工事」において試行した。

本編は取組みの内容と生産性改善効果について説明するものである。

2. 現状分析

北海道留萌地方は全国でも有数の豪雪地域で、地域の物流や医療搬送機能維持のための除雪作業は、深夜の見回りから早朝にかけての除雪(写真1)、昼夜の排雪作業と常態的な長時間作業にあり、高齢の作業者にとっては肉体的、精神的負担が非常に大きい。その中、2024 年度からの時間外労働上限規制の建設業適用により、とりわけ若手職員の入職難に苦しむ地方の中小建設業では、働き方改革による除雪作業者の確保が喫緊の課題となっている。



写真1 早朝の除雪作業

3. 課題抽出と施策

現状分析と除雪作業へのヒアリングから、①深夜の見回り負担と除雪出動判断のストレス、②熟練者と未熟練者の技能差による作業効率低下や安全面のストレス、③排雪量把握の人力測量の手間と危険性の課題が抽出され、これに対し AI/IoT を活用した次の4項目の試行を行うこととした。

- (1) 遠隔臨場による雪見巡回 (2) デジタルツインと除雪シミュレーション
- (3) 写真計測による排雪量の把握 (4) メンタルヘルス調査によるレジリエンス能力(適応力、回復力)向上

4. 取組み施策

(1) 遠隔臨場による雪見巡回

遠隔臨場での見回りを可能とするため、市街地と郊外の除雪路線にそれぞれ12台のネットワークカメラと3台の積雪深計で路面映像を取得するとともに、定期運行している都市間バスに搭載した車載カメラからのリアルタイムな天候・道路情報、さらに、ウェザーニュースからの気象予測、現在・過去の気象データを統合した「除雪出動判断支援システム」(写真2)を構築、堀口組本社 DX 推進室に情報を集約し、可視化・共有化した。今後、取得したデータの収集・確認と積雪路面画像解析結果、実際の除雪出動判断データを集積し、深層学習を踏まえた除雪出動判断モデルを構築する。

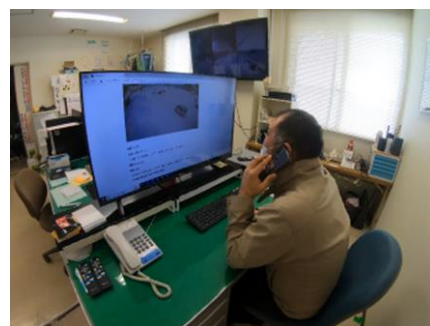


写真2 遠隔臨場での除雪出動

(2) デジタルツインと除雪シミュレーション

熟練除雪運転者と未熟練者との技能差を解消するために、夏場の道路走行映像から3次元モデルを再構築し、冬

キーワード 除雪出動判断, デジタルツイン, 写真計測, 心拍センサー, 新ヒヤリハット報告
 連絡先 〒077-0021 留萌市高砂町1丁目4番15号 (株)堀口組 DX 推進室 tel 0164-42-1162

場の現実空間とのデジタルツイン(写真3)により除雪作業の疑似体験ができる環境を形成した。3次元モデルの再構築は、車両に4台のアクションカメラと2台のレーザーセンサーを搭載して撮影した動画(連続撮影速度/秒速120フレームの4Kビデオ)から、静止画と位置情報を抽出する写真計測手法を採用した。写真計測で3次元再構築した夏場の仮想空間とレーザーセンサーによる路面性状をRTKGNSSの位置情報と整合させて、グーグルマップ上に表示した。3次元再構築による夏場の仮想空間では積雪下の道路構造物などの除雪障害物が確認でき、冬場の現実空間とのデジタルツインにより、除雪作業の疑似体験による技能向上が図られる。



写真3 仮想空間と現実空間のデジタルツイン

写真計測で3次元再構築した夏場の仮想空間とレーザーセンサーによる路面性状をRTKGNSSの位置情報と整合させて、グーグルマップ上に表示した。3次元再構築による夏場の仮想空間では積雪下の道路構造物などの除雪障害物が確認でき、冬場の現実空間とのデジタルツインにより、除雪作業の疑似体験による技能向上が図られる。

(3) 写真計測による排雪量の把握

排雪作業における排雪量測定は、(2)の車載カメラ映像から再構築した夏場と冬場の3次元モデルを重ね合わせ(写真4)その高さの差分を拾い出すことで、また、排雪ダンプトラックの積載量測定には、写真計測による実車と空車の3次元モデルの高さの差分を求めることで可能となった。冬場においては、従来困難とされていた白色の雪の特徴点を捉えるために、コントラスト強調を試行し3次元化を可能とした。これにより現地での人力測量の手間と雪山上やダンプトラック荷台での危険作業を解消した。

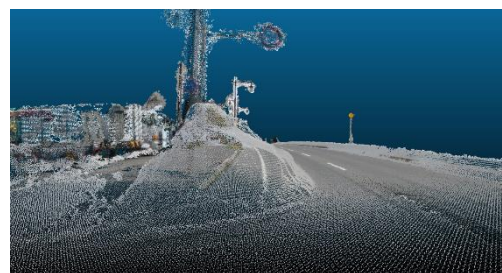


写真4 夏冬3Dモデルの重ね合わせ

(4) メンタルヘルス調査によるレジリエンス能力向上

心拍センサー(写真5)により除雪運転者の熟練度の違いによる動作変化やバイタル変化を測定し、動作特性を数値化した。加えて建災防が開発した新ヒヤリハット報告(写真5)により、直接運転者に感覚を問い分析した。除雪運転の熟練者は、動作変化(加速度変化)は比較的小さく心拍数や心拍変動も小さいが、未熟練者は動作の変化量が顕著で心拍数や心拍変動が大きいなどの生体的差異が生じていた。技能面では、熟練者と未熟練者には操作精度・時間において有意な差が生じており、生理的な安定性が技能的な習熟性に関係があることが考察された。建災防方式の新ヒヤリハット報告の分析からは、未熟練者は精度を求める仕事に対する負担が大きいこと、熟練者も未熟練者も事故回避には警報などの外的要因よりも、先の予測や周囲の声かけなど仲間へのサポート意識が高いことが確認された。このように、熟練運転者と未熟練運転者の強み弱みが具体的に数値化されたことで、技術の伝承・安全性の向上につなげていくことができると考える。



写真5 生体センサーと新ヒヤリハット報告

5. 生産性改善効果

(1)～(4)の試行による生産性向上効果を、項目ごとに現行に比べてひと冬当りの削減人工、削減率で示す。

表1 試行によるひと冬当り生産性向上効果

※期待値

試行項目		削減人工	削減率
(1)	遠隔臨場による雪見巡回	7.9	72%
(2)	デジタルツインと除雪シミュレーション	87.3	60%
(3)	写真計測による排雪量の把握	7.8	94%
	写真計測による積載量の把握	18.8	95%
(4)	メンタルヘルス調査によるレジリエンス能力向上	※171.2	※42%

6. まとめ

本取組みの成果は、気象災害との認識のもと長時間労働があたり前の除雪作業において、AI/IoTを活用することで、今までの働き方を変革する可能性が確認できたことであり、この成果を実効性あるものとするために継続して実績を積み重ね、広く展開されて行くことを期待する。