

【i-Snow】ロータリ除雪車における投雪作業 自動化の検討

—一般道への実働配備拡大に向けて—

事業振興部 機械課 ○貫田 大輔
小野寺 敬太
諏訪 光星

北海道の除雪現場においては除雪機械オペレータの確保や高齢化が課題となっている。北海道開発局では、i-Constructionの取組として、産学官民が広く連携し除雪現場の省力化に関する活動を行う場として「i-Snow」を設立し、ロータリ除雪車の投雪作業自動化等の検討・実証実験を行っている。本論文では、令和4年度の実証実験の結果及び令和5年度の取組について紹介する。

キーワード：i-Snow、ICT、省力化、生産性向上、ロータリ除雪車

1. はじめに

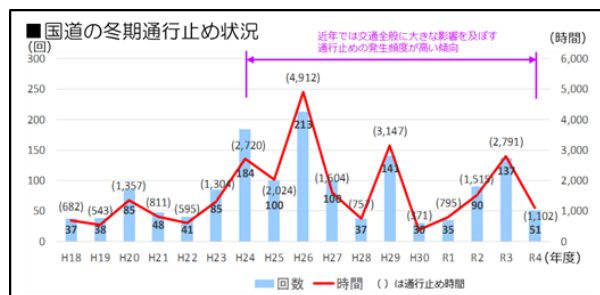
建設現場では、技能者不足や就業者の高齢化などによる担い手不足が課題となっている。北海道の除雪現場においても除雪機械オペレータの確保や高齢化が課題となっている。(図-1)

また、積雪寒冷地特有の冬期災害が発生する北海道では、近年、大雪や暴風雪などの影響による国道の冬期間の通行止めが多く発生している。(図-2)

北海道開発局では、担い手不足や積雪寒冷地特有の課題解決に向け、i-Constructionの取組として、ロータリ除雪車の投雪作業自動化に向けた実証実験を進めている。



(図-1 除雪機械オペレータの状況)



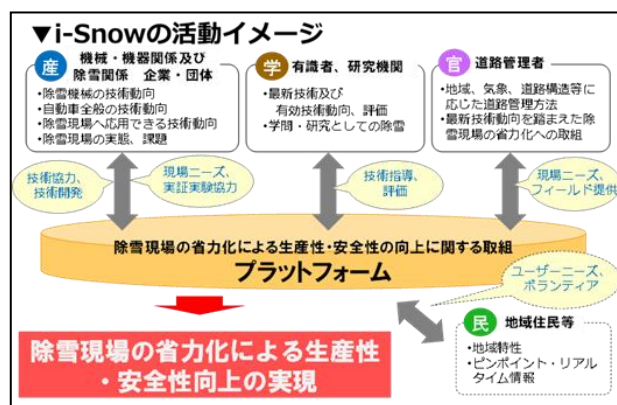
(図-2 国道の冬期通行止め状況)

2. i-Snowこれまでの取組

2.1 活動概要

北海道開発局では、平成28年度に北海道におけるi-Constructionの取組として産学官民が広く連携し、除雪現場の省力化に関する様々な活動を行う場として、「i-Snow (除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取組プラットフォーム)」を設立した。

i-Snowは、北海道における除雪関係者が除雪現場、除雪技術等に関する横断的な連携・情報共有・技術開発を図ることで除雪現場の省力化を進め、生産性・安全性を向上させると共に、人口減少下でもヒトとモノの交流・対流を活性化できる産業構造、経済活動を維持・発展させるものである。(図-3)



(図-3 i-Snowの活動イメージ)

2.2 ロータリ除雪車での実証実験

i-Snowの取組として、北海道開発局ではロータリ除雪車の投雪作業自動化等の検討を進めており、実証実験を行っている。(図-4)



(図-4 ロータリ除雪車投雪作業の自動化)

実証実験は、平成30年度から令和元年度までは、一般交通もなく道路付属物の設置も少ない冬期通行止め区間内（一般国道334号知床峠）で行い、令和2年度以降は一般交通があり道路付属物の種類や数も多く設置されている一般道（一般国道38号狩勝峠）にて行っている。

投雪作業の自動化については、ロータリ除雪車にセンサー内蔵油圧シリンダー・GNSSアンテナ・3D-LiDAR等の機器を設置し、ブロー・シュート・シュートキャップの各装置の自動制御（投雪方向や投雪距離）について検討を行っている。（図-5）



(図-5 自動化に関する設置機器)

2.3 令和4年度の実証実験

実証実験は、シュート投雪自動制御改良やみちびき不感地帯対策等について、前年度に引き続き南富良野町の一般国道38号狩勝峠で実施した。（図-6）



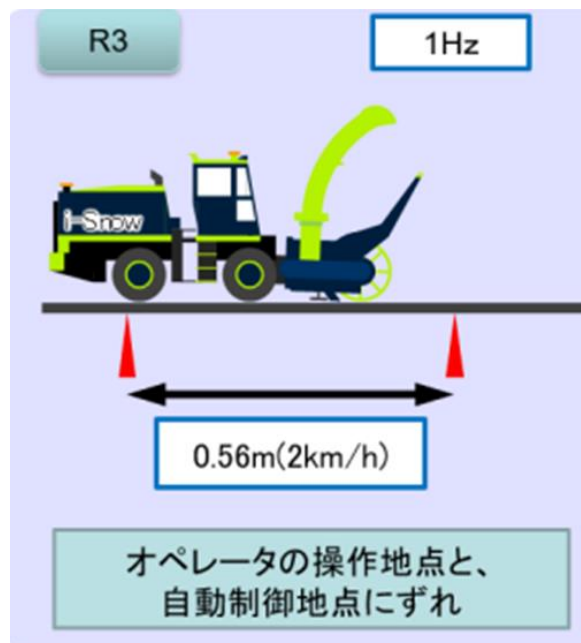
(図-6 実施箇所)

①シュート投雪自動制御改良（習い制御※）

前年度まで、データ取得間隔を1Hzとしていたが、ロータリ除雪車は作業速度が数km/hと極端に遅く、除雪オペレータの操作地点と自動制御地点にずれが見られたことから、データ取得間隔を1Hzから10Hzに改良し、習い制御データの取得とそのデータによる自動制御を行い、動作検証を行った。

データの取得が10Hzで記録されること、取得した習い制御データを用いた自動制御が問題なく動作することを確認した。（図-7）

※習い制御とは、オペレータの実際の作業データを取得し、そのデータを使って自動制御を行うもの。



(図-7 データ取得間隔の改良)

②シュート投雪自動制御改良（機械操作の微調整機能）

風向や雪質等の現地条件の変化により、自動制御中に投雪が道路付属物に接触する事例が見られたため、自動制御中においても、自動制御を解除せずに装置を微調整できる機能（ガイダンス装置にタッチキー機能を設置）を追加し、シュート等を微調整（補正）し投雪精度が向上することを確認した。（図-8）

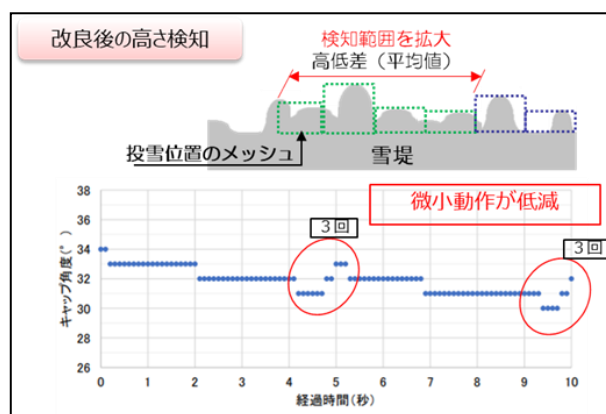
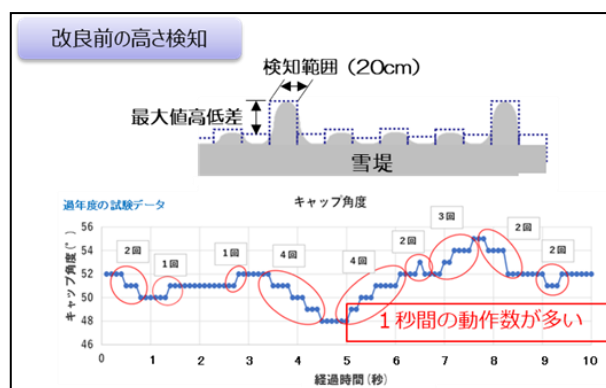


(図-8 微調整機能の追加)

③シュート投雪自動制御改良（雪堤高さ検知制御）

雪堤の頂上中央付近に自動制御で雪を積み上げるために、3D-LiDARで雪堤の高さを計測し投雪位置の制御を行う際に、シュートキャップが頻繁に動いてしまう事例が見られた。頻繁動作が長時間続くことにより、機械側に悪影響を及ぼす懸念があるため、計測メッシュと制御

間隔を拡大し制御回数を抑制する改良を行い、頻繁動作が少なくなった事を確認した。（図-9）



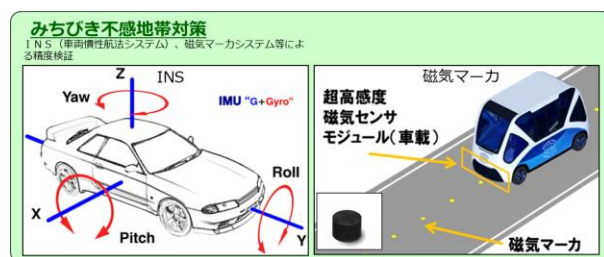
(図-9 雪堤高さ検知制御の改良)

④みちびき不感地帯対策

ロータリ除雪車の自動制御を行う際に、準天頂衛星システム『みちびき』より車両の位置情報を取得しているが、トンネルや覆道、南側の急斜面、道路に覆いかぶさる樹木などにより、位置情報の受信状況が悪くなる場合があるが、そのような場合でも車両の位置を把握できるよう検討を行った。

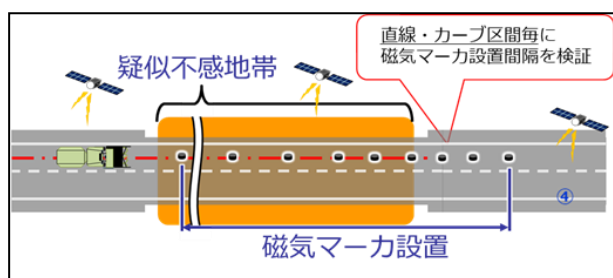
みちびきの受信状況が悪くなってもしばらくは、INS（車両慣性航行システム）により位置情報を補完することが可能であるが、さらに走行を続けると位置情報の精度が悪くなるため、磁気マーカとRFIDを組み合わせたシステムによる位置情報の補完方法を検討した。

(図-10)



(図-10 みちびき不感地帯対策)

試験は、一般国道38号狩勝峠の直線区間やカーブ区間に、磁気マーカ及びRFIDを設置し検知状況の検証を行った。車両側のアンテナは、除雪作業時の影響を考慮し設置高さを極力高い位置とし、路面から240mmの位置に取り付けることとした。（図-11）（写真-1）



（図-11 磁気マーカ及びRFID設置状況）



（写真-1 車両側のアンテナ設置状況）

磁気マーカについては9割ほど検知できていたが、RFIDの検知率は2割～4割と少なく、車両位置情報の補完作業には至らなかった。検知率が低かった原因は、アンテナの設置高さによるものと考えられるため、今後、適正な設置高さの検討が必要と考える。

3. 一般道への実働配備の拡大に向けて

令和4年度までの、知床峠や狩勝峠での実証実験で自動制御の改良等を進めてきた結果、一定の精度で除雪装置が動作することが確認できた。

令和5年度は、札幌開発建設部深川道路事務所及び釧路開発建設部中標津道路事務所に新たに除雪装置自動制御付ロータリ除雪車の実働配備を行い、様々な現場状況での適用性の検証や課題検討を行っていく。（図-12）



（図-12 実働配備の状況）

深川道路事務所では、高規格幹線道路である深川留萌自動車道の深川西ICから北竜ひまわりICの約24kmの区間に配備となる。

当該区間の特徴として、道内でも特に降雪量の多い地域であり、除雪作業は深夜や早朝の時間帯に通行規制を行い実施することが多い区間である。また、道路付属物や橋梁部が多いことから頻繁に除雪装置の操作を行うことが特徴として挙げられる。

投雪作業の自動化により、道路標識や防雪柵といった道路付属物や、橋梁下の交差道路や河川などへの投雪回避の活用が期待される。（図-13）（写真-2）



（図-13 深川道路事務所配備区間）



（写真-2 道路付属物等の設置状況）

中標津道路事務所では、国道334号知床峠（羅臼側）の約13kmの区間に配備となる。峠の反対側（斜里側）には、令和4年度に実働配備となっており峠の両側に配備されることとなった。

当該区間の特徴として、国道では北海道内唯一の冬期通行止め区間であり、通行止め期間内には道路の位置も分からなくなるほどの積雪がある地域である。

例年、3月以降に春山除雪を開始するが、道路の位置

等を確認しながら行う除雪作業には、道路形状や地形の熟知、或いは周辺状況をこまめに確認しながら除雪するといった長年の経験が必要とされており、3次元地図データやみちびきの位置情報を活用することにより効率的で安全性の高い除雪作業が期待される。（図-14）（写真-3）



（図-14 中標津道路事務所配備区間）



（写真-3 春山除雪の状況）

4. まとめ

今年度は2事務所への実働配備のほか、引き続きシュート投雪自動制御改良（車両停車時の挙動対策やブロワ装置の走行制御機能追加）、みちびき不感地帯対策についても検討するとともに、今後の自動操作対象機械拡大の検討（除雪トラック、小形除雪車）を行っていく。

また、実運用時に必要不可欠となるアフターサービス・メンテナンス体制の構築、除雪装置自動化導入マニュアルの策定等を進め、除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に向け、除雪装置自動化の取組を推進していく。