

32. ロータリ除雪車における投雪作業自動化の検討について 【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—

国土交通省 北海道開発局 事業振興部 機械課 ○白瀬 和暁
佐藤 信吾

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 小野寺 敬太

1. はじめに

積雪寒冷地に住む人々の生活にとって冬期の円滑な道路交通確保は必要不可欠であり、冬期の道路維持管理（除雪）については非常に高いニーズがある。

一方、除雪作業の現場においては、除雪機械オペレータの担い手が減少し、かつ高齢化が進んでいる。（図-1）

また、北海道は都市間距離が非常に長い、広域分散型の社会を形成しているため、特に冬期間の異常気象に伴う交通障害は住民生活、地域産業・経済活動への影響が非常に大きい。（図-2）

今後も継続的に冬期道路交通を確保するため、持続可能な道路除雪の取り組みを構築し、除雪作業の効率化を進める必要性が高まっている。

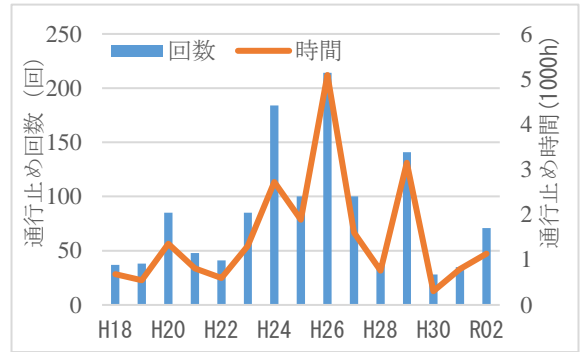


図-2 冬期通行止め回数、時間の変化



図-1 除雪オペレータの年齢構成推移

2. 「i-Snow」の発足

持続可能な道路除雪の実現に向けた取り組みを構築するにあたり、平成 29 年 3 月に除雪現場の課題、研究開発の動向、除雪技術等に関する情報の共有を図るほか、除雪現場の改善への取組について、産学官民が連携して取り組むプラットフォーム「i-Snow」を発足させた。（図-3）

i-Snow では、近年の除雪現場における課題に対応するための活動を展開し、生産性・安全性の向上に資する除雪現場の省力化を進めている。

3. 除雪装置自動化の取組

3.1 除雪作業省力化のイメージ

i-Snow における除雪作業省力化の当面の目標は、現在、2 人乗車体制で行っているロータリ除雪車での作業を、除雪車の運転以外の操作の自動

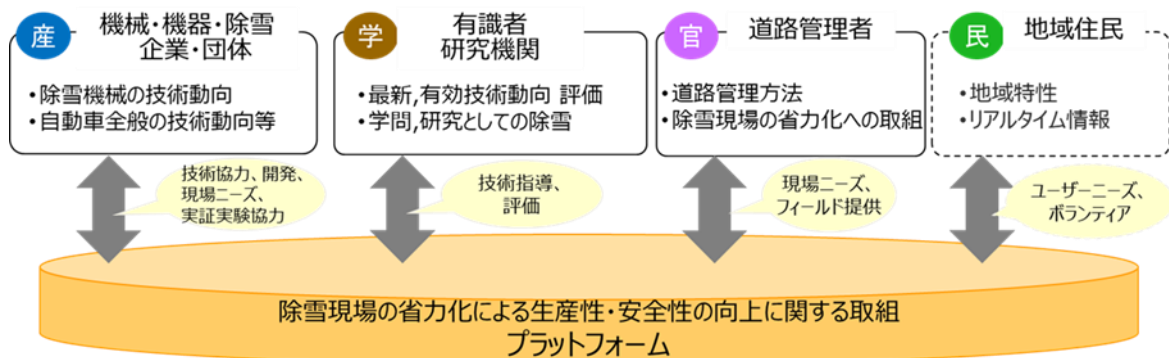


図-3 プラットフォームのイメージ

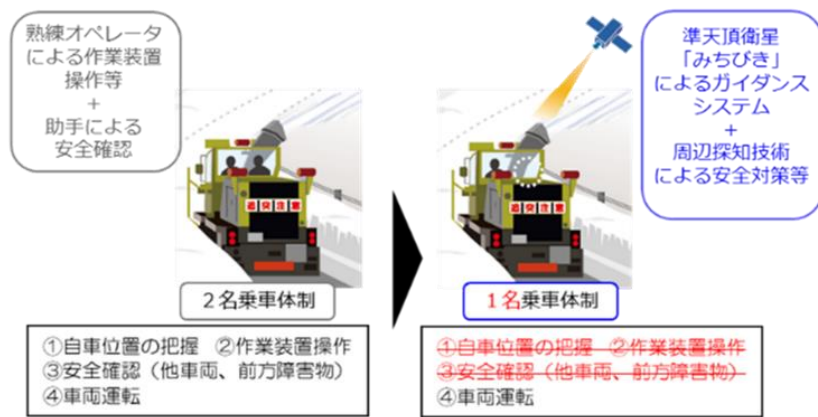


図-4 除雪作業省力化のイメージ

化、省力化により、熟練の技術や経験がなくても、1人乗車体制（ワンマン化）で作業できるようにすることのほか、暴風雪時など視界不良時においても安全で効率的な除雪作業を可能にすることである。（図-4）

効率化・省力化のイメージは、除雪作業に必要な①自車位置の把握、②作業装置の操作、③安全確認（障害物等）、④車両運転（操舵・加減速）を最新技術を活用することによる①②③の自動化である。

3.2 i-Snow仕様ロータリ除雪車の概要

導入した、i-Snow仕様ロータリ除雪車は【2.6m級（MS シュート）】をベースとし、外観は、北海道開発局の除雪機械で採用している塗装色の「フレッシュグリーン」と「ミッドナイトブルー」のツートン色で、i-Snowのロゴを強調したスタイリッシュなロータリ除雪車とした。（図-5）



図-5 i-Snow仕様ロータリ除雪車の外観

本ロータリ除雪車には視界不良時やセンターラインが見えない啓開除雪などでもオペレータが道路線形を把握できる様に、準天頂衛星「みちびき」と「高精度 3D マップデータ」を活用した運転支援ガイダンスと投雪装置を自動で制御する機能を合わせたシステムを搭載した。

また、オペレータの負担をより軽減させるため、運転席の操作レバーの集約化（11本→3本）や除

雪速度制御装置（除雪負荷に応じた除雪速度自動コントロール）など、操作の省力化を図ることができる装置を搭載している。（図-6）

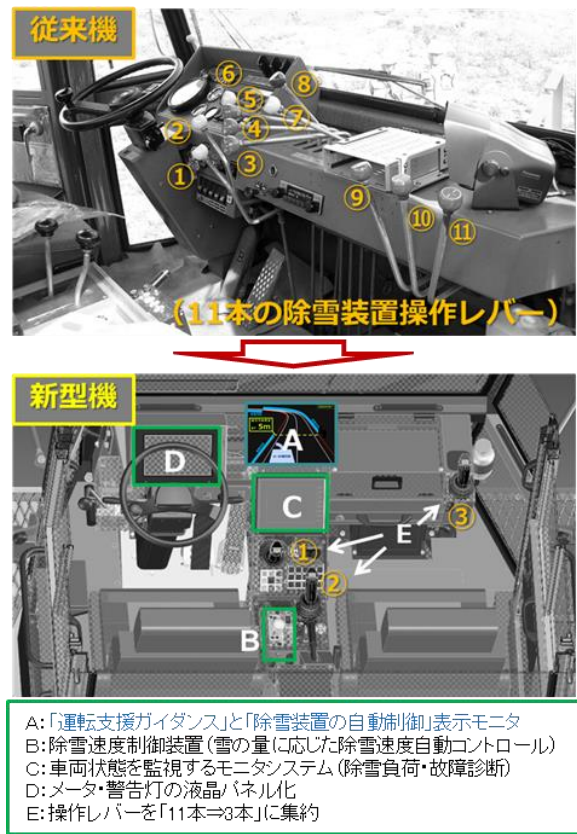


図-6 i-Snow仕様ロータリ除雪車従来機からの変更点

3.3 一般国道知床峠における実証実験（平成 30～令和元年度）

(1) 実験フィールドの選定

実験フィールドについて、令和元年度までは北海道で唯一、冬期間通行止めとなる区間で、一般通行車両に影響を与えずに実証実験ができる一般国道 334 号知床峠を選定した。（図-7）

知床峠では、場所によっては積雪深が 5m を超えることから、春先の啓開除雪では複数台のバツ

クホウとロータリ除雪車による除雪が行われ、後方のセンターラインを確認しながら前進して除雪作業を行うなど、熟練オペレータの感覚と経験が必要となっている。



図-7 知床峠実証実験箇所

(2)実証実験

自動化にあたり、知床峠頂上を含む約 24km の間を対象にMMS(モービルマッピングシステム) 測量し、このうち啓開除雪の際に人力で見出しポールを設置している 5km の区間について高精度 3D マップを作成した。(図-8)

ロータリ除雪車の運転支援用に点群データから、道路形状を表す中央線、外側線、導水縁石(内側)を抽出することで 3D 道路データを作成した。(図-9)

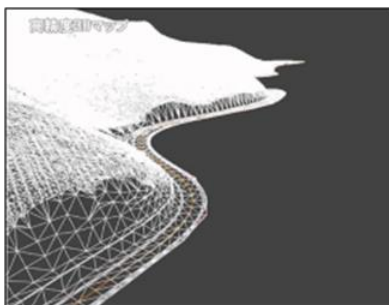


図-8 高精度 3D マップ例



図-9 3D 道路データ例

その道路データ内にブロー投雪方向変更点を設定することで、準天頂衛星みちびき等からの衛星信号から自車位置を判断し、ブロー装置の自動化を図った。

実証実験では「運転支援ガイダンスシステム」と「ブロー投雪の自動化」、「みちびきの受信状況調査」等を行った。

主要な実験結果として、運転支援ガイダンスシステムについては、視界を遮蔽してガイダンス機能のみでの走行試験を実施したが、システム上にリアルタイムの舵角が表示されず、必要以上にステアリング操作を行い、蛇行する結果となったため、さらなる改良が必要であることが確認された。

ブロー投雪の自動化においては、予め設定された投雪方向の変化点において、ブロー装置の旋回を自動制御し投雪方向を変更できることを確認した。(図-10)

みちびき受信状況調査について、平成 30 年 11 月から本格運用を開始した「みちびき」だが、一部不安定な状況があり、受信機のアップデートが複数回あったため、今後も継続調査を実施する。



図-10 ブロー装置の投雪方向自動制御

3.3 一般道での実証実験(令和2年度)

知床峠での実証実験の結果をもとに、準天頂衛星(みちびき)の受信状況が良好かつ一般交通の影響を受ける一般国道38号狩勝峠において、令和2年度から実証実験を開始した。

この実証実験では投雪距離、方向を変更するシュート装置についての検証を行った。(図-11)



図-11 シュート装置及びシュートキャップの開閉

(1) シュート自動制御安定性試験

雪堤の高さが日々変化中、一般車両や障害物を避けながら高度な自動制御が可能か検証を行った。(図-12)

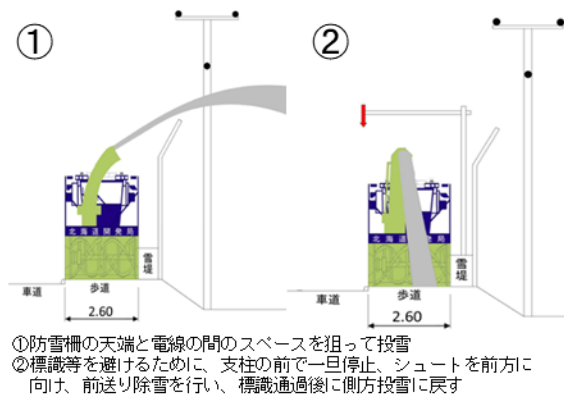


図-12 シュート自動制御動作概要図

結果として、予め3Dマップに登録した操作どおりに、シュート方向、キャップ角度の自動制御(習い制御)が可能ことが確認された。

しかし、自動制御と手動操作の切替におけるガイダンス装置からの指示が画面表示のみのため、オペレータが常時画面を注視出来ずシステムと連携した動作を取ることが出来ないことや、雪質や風の影響等で、投雪距離や方向が変わり、微調整のため手動操作を行った際、自動制御が解除されるため、改善が必要なことが判明した。

(2) 3D-LiDARによる雪堤高さ検知シュート制御実験

3D-LiDARにより雪堤高さを計測し、その雪堤

高さの変化に合わせて、造成の目標線上に投雪するに『シュート投雪角度(キャップ)』の制御機能を実際の雪堤にて検証し、雪堤の起伏に合わせて、雪堤造成目標線の目印に沿った投雪がされ良好な結果を得られた。(図-13)

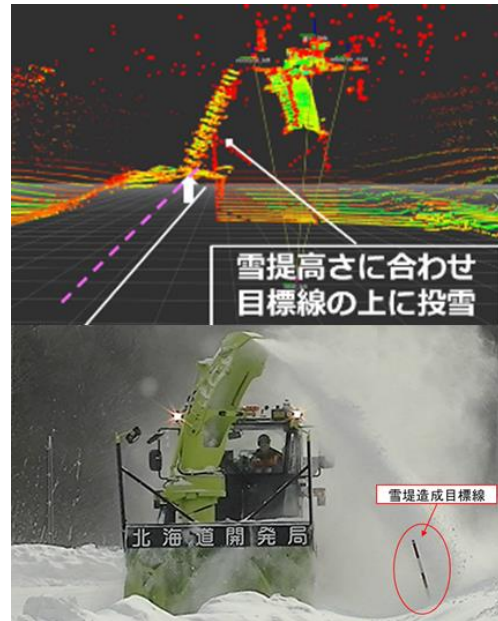


図-13 雪堤高さ検知シュート制御試験

しかし、車両の姿勢データから、キャップの制御動作が、1秒間に複数回行われていることが確認され、これは、機械寿命が短くなる程の頻度であるため、対応について検討を行う必要がある。

4. 今後の展開(令和3年度予定)

実証実験の重要課題の一つ、準天頂衛星「みちびき」の精度について、除雪区間には樹木、ビル、高架、トンネル等が影響し、様々な不感地帯が存在することから、加速度センサー等を用いた車両慣性航法システム(INS)、路車間通信、磁気マーカーなど、現場条件、施工性、コスト、メンテナンス性を考慮した不感地帯対策方法を検討し、自動制御装置安定性の向上を図る。

また、シュート自動制御時に雪質や風等の現場条件に合わせて、手動操作で微調整を行うことが出来るよう機能を追加する。

今後も、維持及び除雪作業の効率化・高度化に向け、様々な最新技術動向を調査し、各種自動化のセンサー類が苦手としている使用条件の厳しい積雪寒冷地での実証を行ったうえで、必要な仕様を見極め、積極的に活用を図るなど令和4年度の実働配備を目標に更なる技術向上を目指す。