

【i-Snow】ロータリ除雪車投雪作業自動化に向けた実証実験 —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—

白瀬 和暁* 1、佐藤 信吾* 1

1. はじめに

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。

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。

2. i-Snow 実証試験の取り組み

2.1 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作業を、作業装置車の自動化、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-1）

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）のうち①②③を最新技術の活用によって自動化するものである。

2.2 i-Snow仕様ロータリ除雪車の概要

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-2）

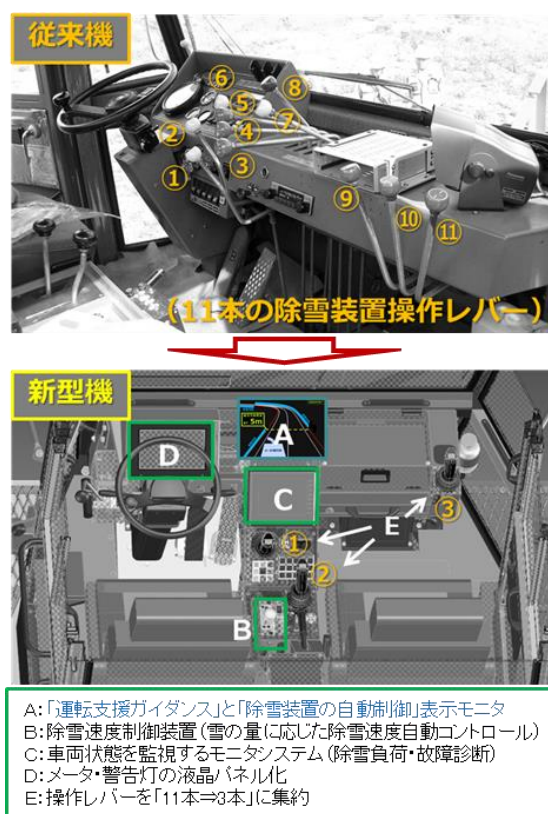


図-2 i-Snow仕様ロータリ除雪車従来機からの変更点

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

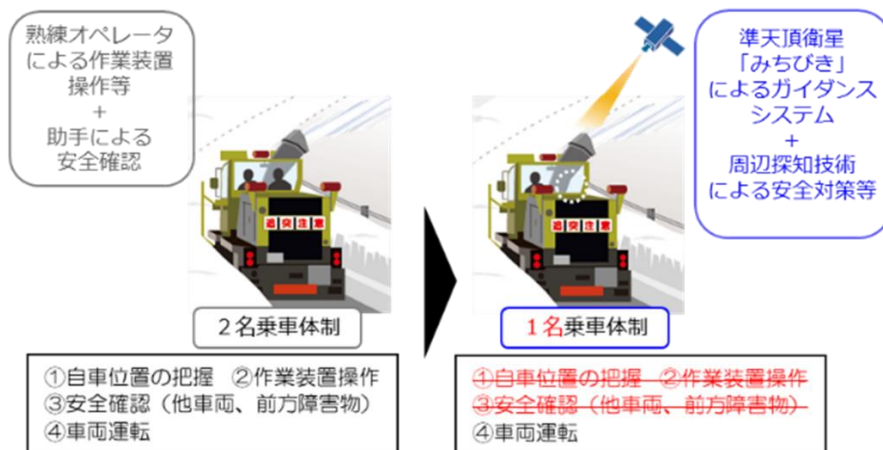


図-1 除雪作業省力化のイメージ

* 1 北海道開発局 事業振興部 機械課

「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。(写真-1)



写真-1 i-Snow仕様ロータリ除雪車の外観

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ッ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。

(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。

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-4)

2.3 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-3)



図-3 知床峠実証実験箇所

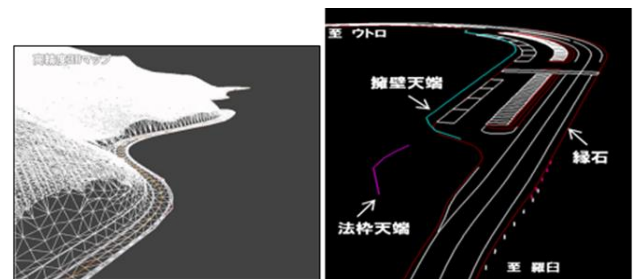


図-4 高精度3Dマップ及び3D道路データ例

その道路データ内にブロウ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、ブロウ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「ブロウ投雪の自動化」、「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

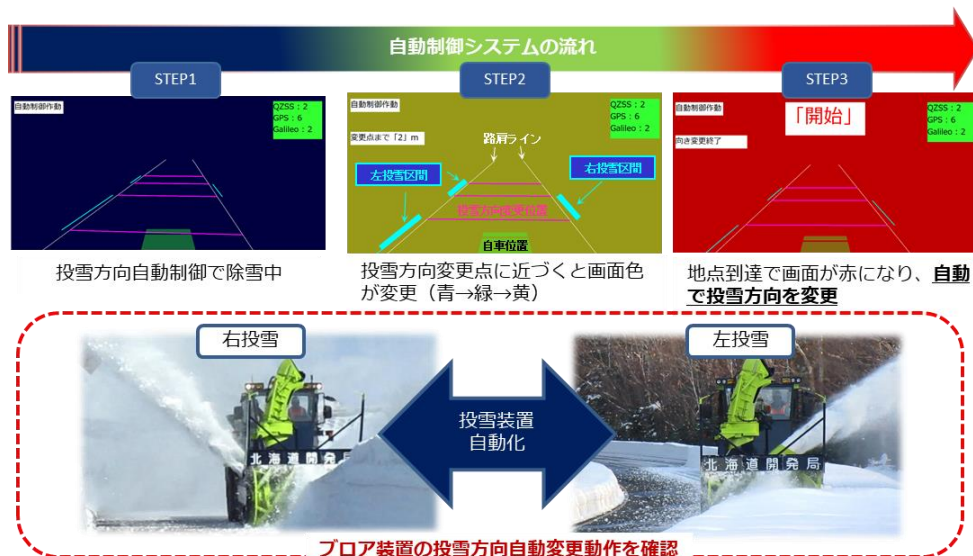


図-5 ブロウ装置の投雪方向自動制御

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-5)

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、令和2年度以降も継続調査を実施する。

2.4 一般道での実証実験(令和2年度)

国道334号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。(図-6)



図-6 シュート装置及びシュートキャップの開閉



写真-2 道路附属物等の障害物を避けた投雪作業

日々変化する雪堤の高さや、道路附属物等の障害物が多い中での複雑な動作確認のため①道路附属物等の障害物を避けた投雪(シュート操作)自動制御安定性試験、②雪堤高さ検知シュート制御試験(3D-LiDAR計測)③周辺探知技術による安全対策試験(前・後方ミリ波レーダによ

る車両探知試験、後方AI物体認証機能を有した接触防止システムの試行)について確認を行った。(写真-2)

(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-7)

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。(写真-3)

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、改善が必要なが判明した。

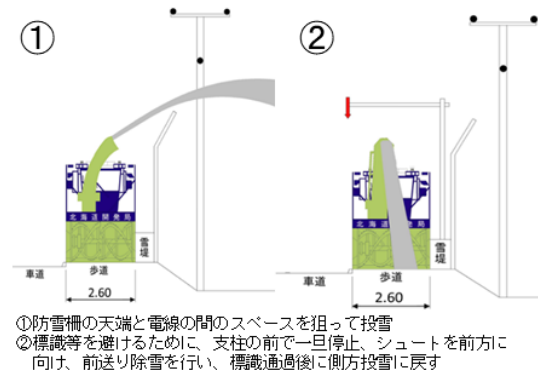


図-7 シュート自動制御動作概要図

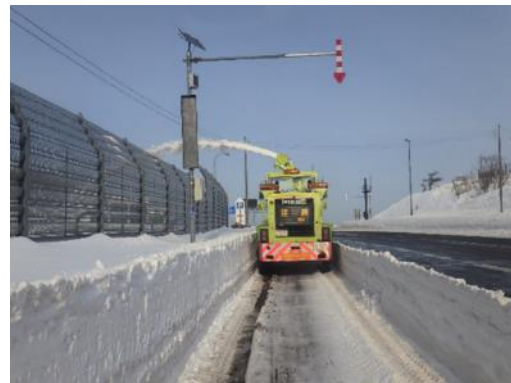


写真-3 シュート自動制御安定性試験

(2) 3D-LiDARによる雪堤高さ検知シュート制御実験

3D-LiDARによる雪堤高さ検知シュート制御機能の検証を狩勝峠に位置する国道駐車帯で行った。(図-8)

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、実際の雪堤の起伏に合わせ、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-9)

また、巻き上げた雪煙による自動制御への影響がないことが確認された。(写真-4)

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た。(図-10)

これは、機械寿命が短くなる程の頻度であるため、制御について検討を行う必要がある。

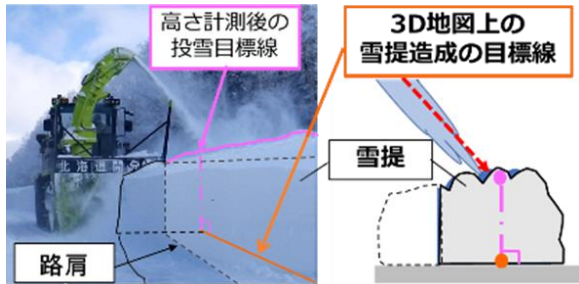


図-8 雪堤高さ検知制御概念図

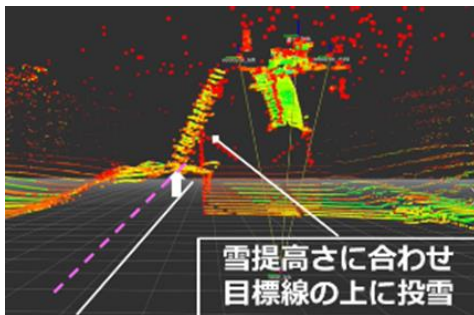


図-9 3D-LiDAR 計測による点群画像



写真-4 雪堤高さ検知シュート制御試験

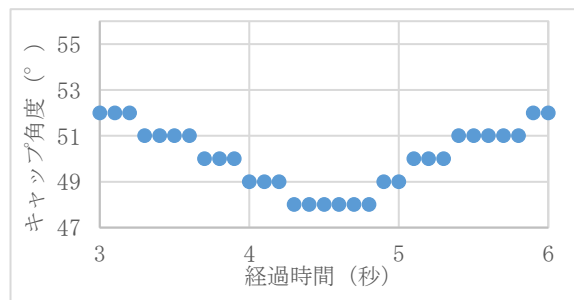


図-10 キャップ制御動作の状況

2.5 映像鮮明化試験(令和2年度)

札幌市近郊で吹雪による視界不良が発生する頻度が高い国道231号、337号で12月～3月にかけて実運用イメージの実機搭載試験を行った。

除雪トラック、凍結防止剤散布車、パトロールカーの各1台(計3台)に搭載し、「耐久性」「使用感」等について検証を行った。(写真-5)

厳冬期の除雪現場での耐久性(使用環境)、夜間・吹雪時の使用感に問題はなく、良好な結果であることが確認された。(写真-6)



写真-5 映像鮮明化装置取付状況

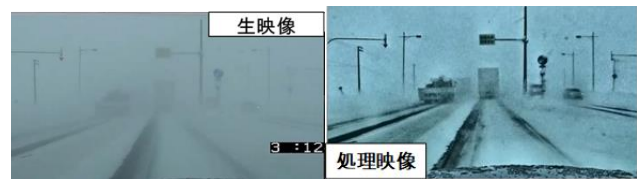


写真-6 映像鮮明化処理画像

3. 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、シュートの自動制御時に、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。

加えて、映像鮮明化処理についても、全道の開発建設部において、除雪トラックに設置し、現場適合性試験を実施する予定である。

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、除雪装置自動化の実働配備に向けた準備を進めていく。