

# 【i-Snow】ロータリ除雪車における投雪作業自動化の検討 —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—

事業振興部 機械課 ○白瀬 和暁  
佐藤 信吾

除雪現場の改善取組等のため平成 29 年 3 月(平成 28 年度)に「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(i-Snow)」が発足した。具体的な取組の一つとして、ロータリ除雪車における除雪作業において、従来の 2 名体制を、準天頂衛星「みちびき」による走行位置の把握や作業装置操作の自動化等により、1 名体制で作業が行えるよう検討を行っている。

本発表では、ロータリ除雪車の投雪作業自動化に向けた取組、実証実験の状況を紹介するものである。

キーワード：i-Snow、ロータリ除雪車、省力化、DX(デジタルトランスフォーメーション)

## 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 実証実験の取り組み

### (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の作業を、作業装置の自動化、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(ワンマンオペレータ化)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 ICT 等最新技術の活用によって自動化するものである。

### (2) i-Snow 仕様ロータリ除雪車の概要

本ロータリ除雪車は「2.6m 級、353kW 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 のロゴを強調したロータリ除雪車とした。(写真-1)

導入した i-Snow 仕様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

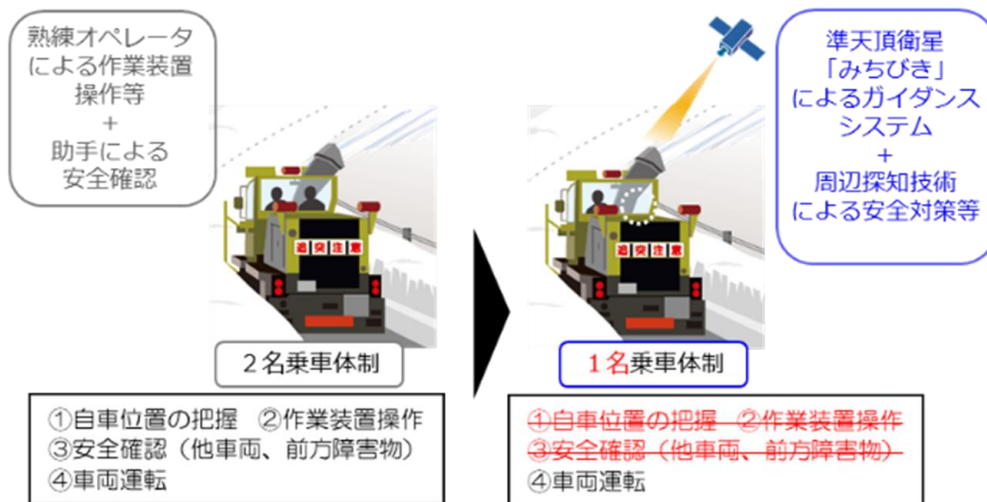


図-1 除雪作業省力化のイメージ

速度を除雪負荷に応じて自動コントロールする除雪速度制御装置など、操作の省力化を図る装置を搭載している。

など、熟練オペレータの感覚と経験が必要となっている。(写真-2)



写真-1 i-Snow仕様ロータリ除雪車の外観



写真-2 知床峠における除雪作業

(3)一般国道334号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内の国道で唯一、冬期間通行止めとなり、一般通行車両に影響を与えずに実証実験が可能な一般国道334号知床峠を選定した。(図-3)



図-3 知床峠実証実験箇所

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

2)実証実験

作業装置の自動化にあたり、知床峠頂上を含む約24kmの間を対象にMMS(モバイ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)

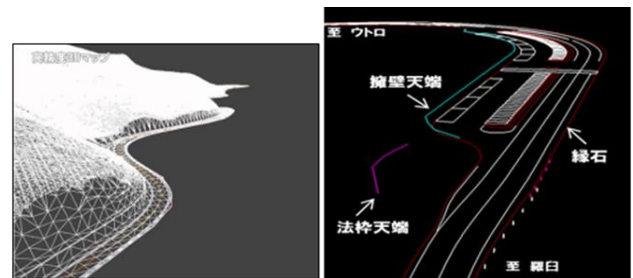


図-4 高精度3Dマップ及び3D道路データ例

その3D道路データ内にブロワ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

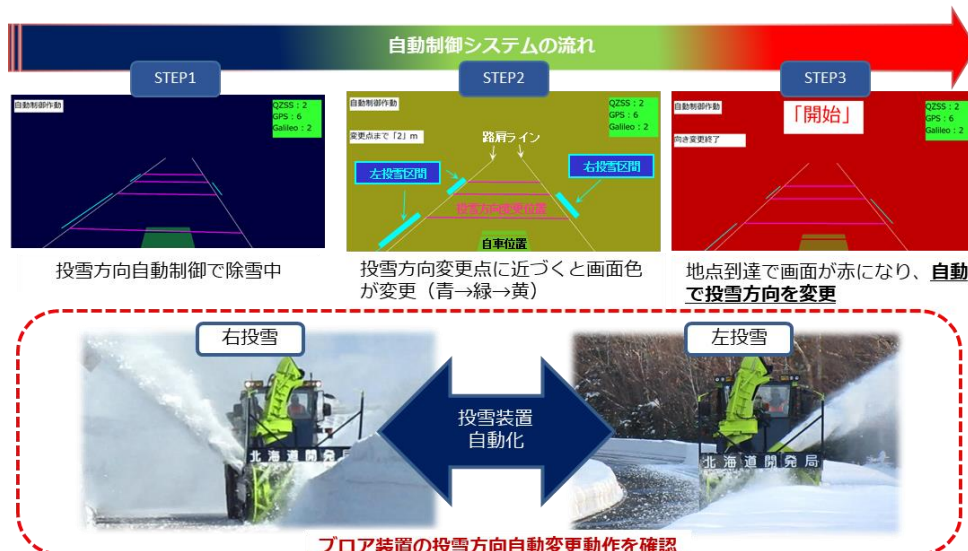


図-5 ブロワ装置の投雪方向自動制御

号から自車位置を判断し、ブロワ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「ブロワ投雪の自動化」等の検証を行った。

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実験を実施したが、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、蛇行してしまうという結果となった。

ブロワ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、ブロワ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)

#### (4) 一般国道 38 号狩勝峠での実証実験(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)

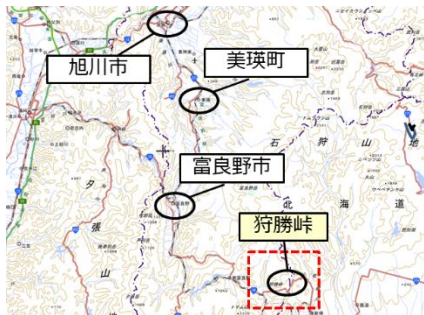


図-6 狩勝峠実証実験箇所

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実験(3D-LiDAR 計測)を行った。(図-7)(写真-3)

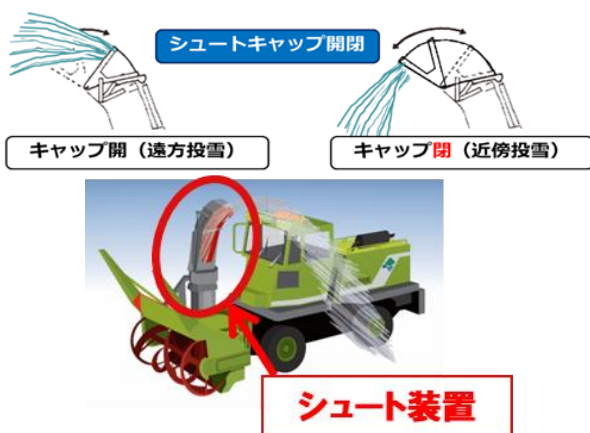


図-7 シュート装置及びシュートキャップの開閉



写真-3 道路附属物等の障害物を避けた投雪作業

#### 1) シュート自動制御安定性実験

雪堤の高さが日々変化中、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。

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-4)

しかし、自動制御におけるガイダンス装置からの指示が画面表示のみであったため、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など、改善が必要ことが判明した。

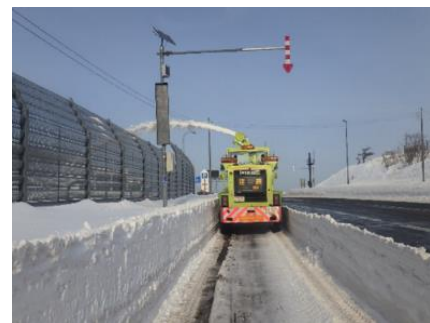


写真-4 シュート自動制御安定性試験

#### 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、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、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判明した。

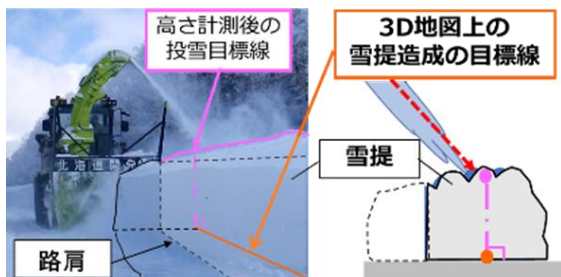


図-8 雪堤高さ検知制御概念図

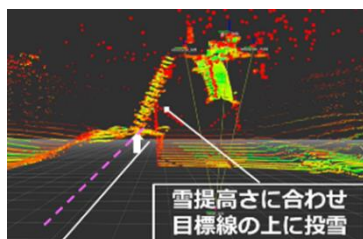


図-9 3D-LiDAR 計測による点群画像

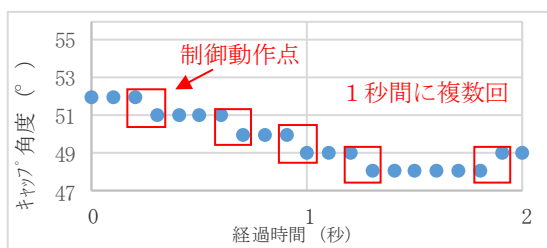


図-10 キャップ制御動作の状況

#### (5) 映像鮮明化実験(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車載式映像鮮明化装置搭載実験を行った。

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

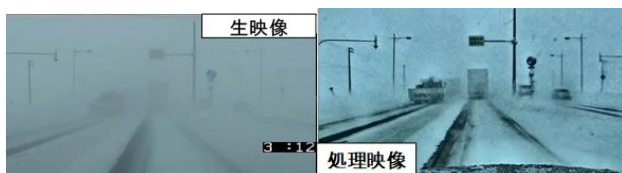


写真-6 映像鮮明化処理画像

### 3. 令和3年度の実証実験概要

これまでの実証実験結果をもとに、今年度以下の検討及び実験を行う。

#### (1) みちびき不感地帯対策検討

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、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。

1) INS(車両慣性航法システム)について不感地帯の補完技術としての有効性を検証する。

2) 磁気マーカシステムについて不感地帯の補完技術としての有効性を検証する。(図-11)

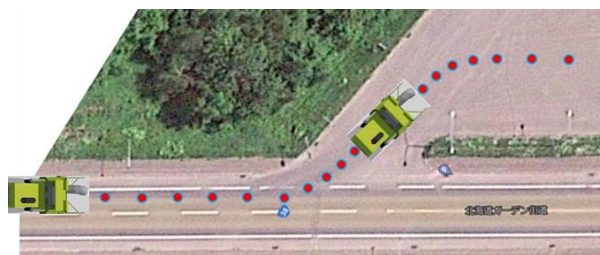


図-11 磁気マーカの計測実験図

3) 雪堤高さ制御用の3D-LiDARを用いて、覆道等を計測することで自己位置推定が可能か検証する。

#### (2) シュート投雪自動制御改良

習い制御における課題についての対策を検証する。

1) 自動制御ガイダンスシステムからの車両停止指示などを画面注視せず認識できるように、システムを改良し、作業時に有効か検証を行う。

2) 自動制御中に手動操作を行った際、自動制御が解除されてしまうので、特定の操作においては、自動制御が解除されないよう微調整機能を追加する。

3) 3D-LiDARにより計測した雪堤高さに合わせた投雪を自動で行った際、シュートキャップ制御が高頻度で行われてしまうため、システムの改良を行う。

#### (3) 安全対策機能改良(周辺探知技術)

ミリ波レーダを搭載し、検出結果を前方障害物の警報情報としてオペレータに提供するためのガイダンス試作機を作製、検出実験を実施、ガイダンス試作機の性能を検証、ガイダンス試作機の改良を行う。

### 4. 最後に

今後も、i-Snowプラットフォームでは除雪作業の効率化・高度化に向け、様々な最新技術動向を調査し、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、除雪機械の自動化、実働配備を進めていく。