

## 行政情報

# 【i-Snow】ロータリ除雪車の作業装置自動化に向けて 除雪現場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・柿崎俊裕

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，除雪現場の改善等に取り組むため，平成29年3月に「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。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名乗車体制を，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，熟練技術や経験が無くても1名乗車体制で作業が行えるよう検討を行っている。

本稿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，ICT

## 1. はじめに

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

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。

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。

## 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-1）。

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。

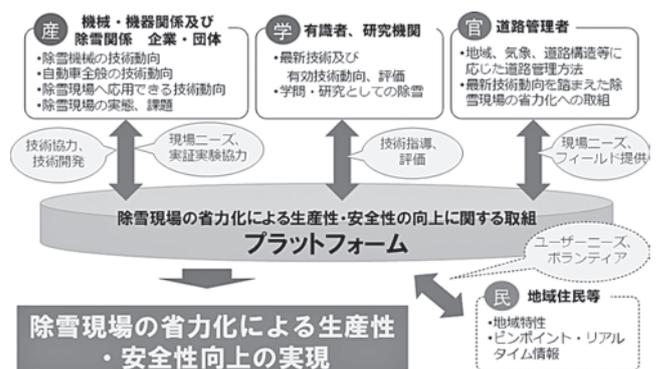


図-1 i-Snow の活動イメージ

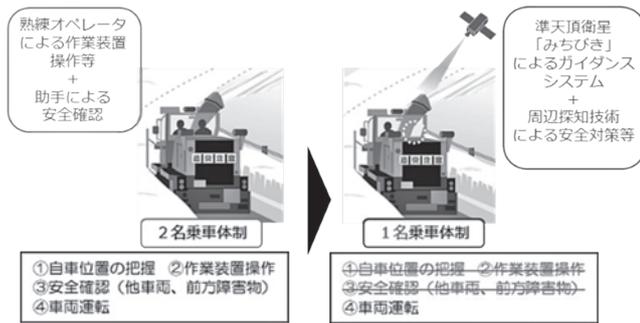
## 3. i-Snow の概要

### (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無くても，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-2）。

### (2) i-Snow 仕様ロータリ除雪車の概要

本ロータリ除雪車は「2.6 m 級，353 kW（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）。



図一 2 除雪作業省力化のイメージ



写真一 2 知床峠における現状の除雪作業



写真一 1 i-Snow 仕様ロータリ除雪車の外観と設置機器

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」(以降、「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。

#### 4. i-Snow の取組み (作業装置の自動化)

##### (1) 知床峠における自動化実験 (H30～R元年度)

###### (a) 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。

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、除雪後の後方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(写真一 2)。

##### (b) 自動制御用 3D マップデータ作成

作業装置の自動化にあたり、知床峠頂上を含む約 24 km 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 5 km を高精度地図データの作成区間とした。

ロータリ除雪車のガイダンス用に、MMS で得られた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)等を抽出することで 3D マップデータを作成した。

##### (c) ガイダンスシステム

ロータリ除雪車には 3D マップデータを使用したガイダンスシステムを搭載している。「みちびき」による位置情報と 3D マップデータを組み合わせることで、冬期通行止めにおける積雪で道路が見えない状況や、除雪作業で巻き上げられた雪煙によって視界不良が発生した際にも、道路における自車位置が把握でき、ガイダンスシステムの有効性が確認できた。

##### (d) ブロワ投雪の自動化実験

作成した 3D マップデータ内に、ブロワの投雪方向変化点を設定することで、ブロワ装置の自動化を図った。

実験の結果として、「みちびき」等の衛星信号から自車位置を判断し、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で行い、投雪方向を変更できることを確認した(図一 3)。

##### (2) 狩勝峠での実証実験 (R2～R3年度)

先述した一般国道 334 号知床峠での実証実験の結果をもとに、一般交通車両の影響を受けるという条件の一般国道 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。

雪堤の高さが日々変化することや、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、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、雪堤高さ検知シュート制御実験(3D-LiDAR 計測)を行った。

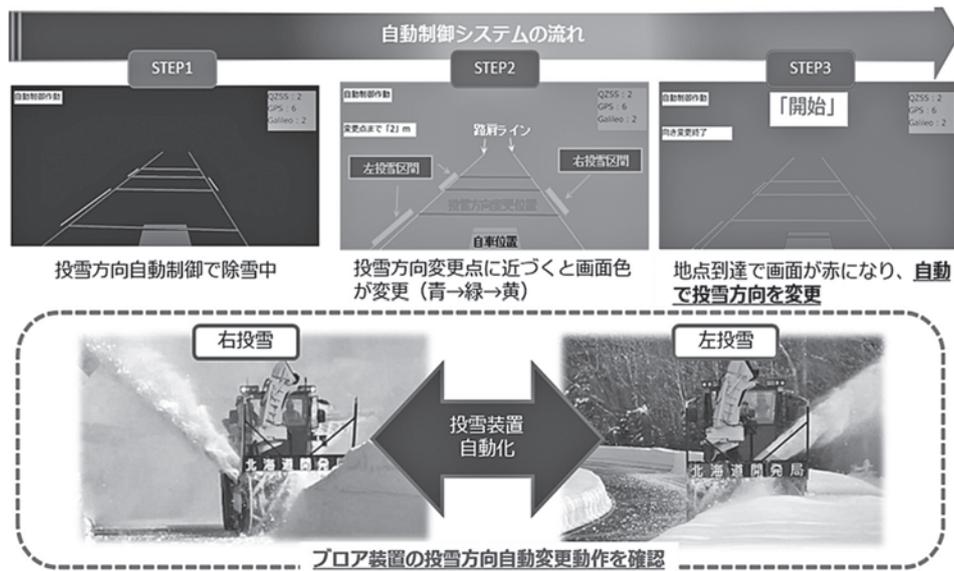


図-3 ブロワ装置の投雪方向自動制御

(a) 投雪自動制御安定性実験

道路附属物等の障害物を避けた投雪を、習い制御にて自動制御が可能か検証を行った。

結果として、予め3Dマップデータに登録したオペレータの操作どおりに、シュート方向、キャップ角度の自動制御(習い制御)が可能であることを確認できたが、自動制御にあたって課題も見つかったため、以下について、改良・検証を行った(写真-3)。

①自動制御とオペレータの連携向上

当初は、ガイダンスシステムの指示を把握する方法が画面表示のみであったため、オペレータが画面を注視しながら走行することはできず、見落としによって、システムの指示と実際の操作にタイムラグが生じた。

そのため、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ブザーによってオペレータに通知するよう、システムを改良し、その有効性が確認された(図-4)。

②機械操作の微調整機能の追加

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場合、設定上、自動制御が解除されるなど、改善が必要なことが判明した。



写真-3 道路附属物等の障害物を避けた自動投雪(狩勝峠)

この問題については、ガイダンスシステムの画面上に、自動制御中に手動操作しても自動制御が解除されない設定を加えたタッチキーを追加することで解決を図った(図-5)。

しかし、微調整タッチキーが判りづらい、押しづらいという意見があり、今後、色・大きさ・デザイン等を改善する予定である。

(b) 3D-LiDARによる雪堤高さ検知シュート制御機能  
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、雪堤造成の目標線上に投雪する

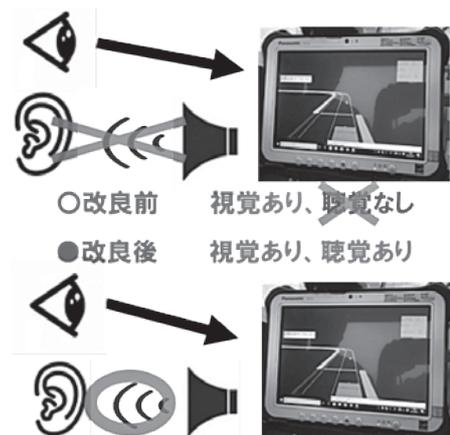


図-4 ガイダンスの改良イメージ



図-5 微調整機能追加後のガイダンス画面

「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た（図一6）。

試験では雪堤の起伏に合わせて、雪提造成目標線の目印に沿った投雪がされ、良好な結果が得られた（写真一4）。

しかし、車両の姿勢データから、1秒間に複数回制御動作が行われていることが確認された。これは、機械寿命に影響を及ぼす動作頻度であることが懸念されるため、3D-LiDARによる測定間隔を広げ、制御設定を変更することで、微少な制御を繰り返さないようシステムの改良を行い、問題は解消された。

(c) 不感地帯対策

除雪区間には樹木、トンネル等が影響し、様々な「みちびき」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)、磁気マーカシステム、3D-LiDARによる自己位置推定(LiDAR-SLAM)による実験を行い不感地帯対策の可能性を検証した。

① INS（車両慣性航法システム）

2台のGNSS受信機の片方1台の「みちびき」受信信号を走行中に遮断することで未測位状態を擬似的に発生させ、正常に測位している受信機と位置情報を比較し、精度の検証を行った。

位置情報の差が「みちびき」水平測位精度である12cmと同程度確保できる有効な走行距離は約40mであることを確認した。

②磁気マーカシステム

狩勝峠麓の落合駐車帯入り口付近に埋設した磁気マーカ上をロータリ除雪車が走行し、磁気マーカシステムによる自己位置推定の精度を検証した（図一7）。



図一6 シュート投雪角度（キャップ）の制御



写真一4 投雪作業実験状況



図一7 磁気マーカ埋設位置

計測誤差は最大68mmとなり、「みちびき」水平測位精度である12cm以内の十分な精度を確保できることを確認した。

今後は、磁気センサモジュールの形状・取付位置の検討、磁気マーカ設置間隔の検討を行う。

③ 3D-LiDAR

雪提高さ検知用3D-LiDARを用いて、道路構造物内を計測し自己位置推定の精度を検証した。

3D-LiDAR計測による点群データの取得は問題なかったが、取得した点群データから地図を生成して自己位置を推定するまでには至らなかった。

要因として、走行中の計測結果から、地図生成を行うまでに時間を要していることが挙げられる。

現時点では3D-LiDAR単独での高精度な位置を補完するのは難しいと判断される。

これらの結果から、今後はINS（車両慣性航法システム）・磁気マーカに手法を絞って検証を行う。

5. おわりに

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。

JICMA

[筆者紹介]



白瀬 和暁（しらせ かずあき）  
国土交通省 北海道開発局  
事業振興部 機械課  
機械施工第1係



柿崎 俊裕（かきざき としひろ）  
国土交通省 北海道開発局  
事業振興部 機械課  
機械施工第1係長