

# 34. 除雪機械の情報化施工技術の検討について

国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 施工調査・技術活用課 橋本 隆志  
 ○長谷川 崇

## 1. はじめに

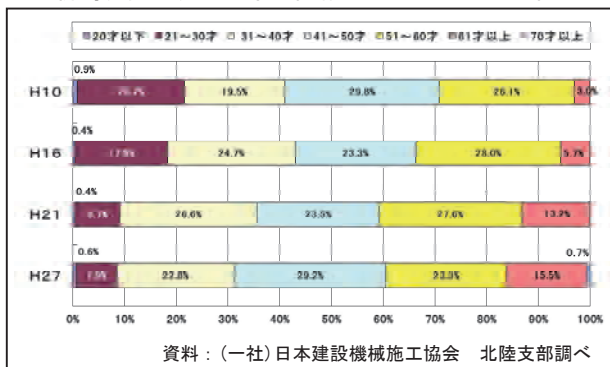
北陸地方整備局では、管内 3 県（新潟県・富山県・石川県）の直轄国道管理区間 14 路線、合計約 1,076km の冬期道路交通を確保するため、約 500 台の除雪機械を配備し除雪作業を実施している（写真-1）。



写真-1 北陸の除雪作業状況

除雪作業において、除雪機械の運転は作業装置を路面状況、道路構造、沿道状況等の変化に適応させた難しい操作が必要であり、経験と熟練した技術が必要である。昨今においては、除雪機械の熟練技能を持つオペレータの高齢化に伴う引退や新規入職者の減少により担い手の確保が重要な課題となっている（表-1）。

表-1 除雪機械オペレータ年齢構成の推移  
 （新潟、富山、石川県 直轄および地方公共団体）



このような背景のもと北陸技術事務所では、初心者でもベテラン並に安全で作業効率の良い除雪作業が可能となるよう、全国初の取り組みとして ICT（情報通信技術）を活用した「除雪機械の情報化施工技術」の検討に取り組んでいる。

除雪機械の情報化施工技術の検討は、平成 22 年度から「凍結防止剤散布車の作業ガイダンス装置（以下「散布ガイダンス」という）、「ロータリ除雪車の作業ガイダンス装置（以下「ロータリ除雪ガイダンス」という）、「歩道除雪車の作業ガイダンス装置（以下「歩道除雪ガイダンス」という）を開発し、順次現場への導入を進めてきた（表-2）。

現在は、先行開発してきた作業ガイダンス装置の改良と、将来目標の除雪機械自動運転化に向けたマシンコントロール化の検討を進めているところである。

表-2 除雪機械情報化施工技術の検討経過

	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	将来
凍結防止剤散布車	作業ガイダンス開発						作業ガイダンス改良			自動 運 転 化
ロータリ除雪車			作業ガイダンス開発			作業ガイダンス改良				
歩道除雪車						作業ガイダンス開発				
一次除雪機械 (除雪トラック)							作業ガイダンス検討 マシンコントロール検討			

本稿では、先行開発した散布ガイダンス、ロータリ除雪ガイダンスの運用コスト低減、現場での操作性向上を目的とした改良及び、将来目標の除雪機械自動運転化に向けた、一次除雪機械（除雪トラック）のマシンコントロール化（作業装置の運転操作の自動化）の検討について報告するものである。

## 2. 作業ガイダンス装置の概要と課題

### 2.1 作業ガイダンス装置の概要

#### (1) 散布ガイダンス

凍結防止剤散布作業は、あらかじめ散布計画区間を設定し、凍結防止剤を必要な箇所に必要量散布する。散布ガイダンスは交差点や橋梁部等の散布計画区間の開始・終了地点と、散布量、散布幅を警告音と画面表示にてガイダンスするものである(図-1)。



図-1 散布ガイダンスの概要

#### (2) ロータリ除雪ガイダンス

拡幅除雪作業は、次の除雪に必要な堆雪帯を確保するため、道路の路肩端まで装置を寄せて作業を行う必要がある。現場ではあらかじめ道路に設置したスノーポールなどを目標に除雪するが、設置間隔には限りがありポールからポールの間は、先のポールを目的にして感覚的に操作を行う必要があることから、操作に熟練度が求められる。また、家屋、交差道路等、除雪した雪の投雪を禁止している区間があり事前に把握しておく必要がある。ロータリ除雪ガイダンスは除雪装置の路肩への接近と、投雪を禁止している区間への接近を警告音と画面表示にてガイダンスするものである(図-2)。



図-2 ロータリ除雪ガイダンスの概要

#### (3) 歩道除雪ガイダンス

歩道除雪作業は、雪に覆われた歩道の除雪を行うため、マンホールや段差等の障害物の有無と、バス停、家屋等除雪した雪の投雪を禁止している区間を事前に把握しておく必要がある。歩道除雪ガイダンスは歩道除雪における障害物への接近と、投雪を禁止している区間への接近を警告音と画面表示にてガイダンスするものである(図-3)。

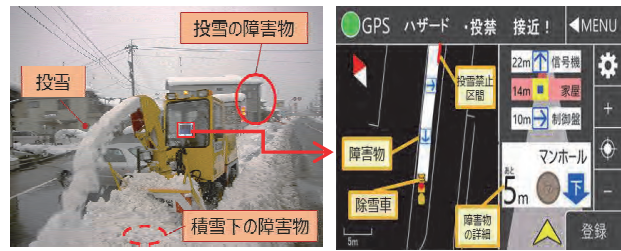


図-3 歩道除雪ガイダンスの概要

### 2.2 課題

開発した除雪機械の作業ガイダンス装置の性能比較を下記に示す(表-3)。

作業ガイダンス装置は、各々開発当時の最新技術を組み合わせてきたが、近年開発を進めて行く中で、導入費用や技術の進展により、歩道除雪ガイダンスで実現した機能が、先行開発した「凍結防止剤散布車」、「ロータリ除雪車」のガイダンスには導入できていない課題が2点あった。

#### (1) 背景地図表示機能

降雪や積雪が多く視界不良の場合や、工区間応援で土地勘のない工区を除雪する場合に、どこを走行しているのかを把握できる「背景地図の表示機能」が備わっていなかった。

#### (2) ガイダンス情報作成

ガイダンスを行うためにはガイダンス情報(路肩端線形データ、障害物・投雪禁止区間・散布計画区間データ等)の作成が必要であるが、ガイダンス情報の作成には現地測量や、パソコンでデータを編集し、装置に登録することが必要であり、作成費用が高額かつ複雑で、現場での作成が困難であった。

この課題から「凍結防止剤散布車」、「ロータリ除雪車」のガイダンス装置の改良を実施した。

表-3 作業ガイダンス装置の性能比較

項目	作業ガイダンス装置の仕様		
	凍結防止剤散布車	ロータリ除雪車	歩道除雪車
開発年度	H22~H24	H25~H26	H27~H28
ガイダンス内容	背景地図表示機能	×	△(緑石位置のみ表示) ○(電子国土地図)
	散布区間の開始・終了	○	-
	散布設定(量・幅)	○	-
	路肩端への接近警告	-	○
	投雪禁止箇所の警告	-	○
データ登録・編集機能	△データ編集が必要	△現地測量が必要	○
	障害物等への接近警告	-	×
測位装置	方式	D-GPS	RTK-GNSS (VRS)
	公称精度	1m	2~3cm
装置価格(取付費・消費税等含まず)	200万円	200~250万円	50万円程度
データ作成費用(1工区当たり)	100万円程度	150万円程度	20~30万円
データ作成期間(1工区当たり)	5日間程度	5日間程度	半日程度

### 3. 作業ガイダンス装置の改良

#### 3.1 背景地図表示機能搭載の検討

降雪や積雪が多く視界不良の場合や、広域的な工区間応援時に除雪作業を安全に実施するための対応として、背景地図表示機能の搭載を検討した。使用する地図は、ある程度の精度があり、定期的な更新がなされて、入手が無料である「電子国土地図(基盤地図情報)」を背景として表示する機能を検討した。電子国土地図の精度・利点を下記に示す(表-4)。

表-4 電子国土地図の精度・利点

要求項目	電子国土地図の精度・利点
一定の精度が保証されていること	1/2,500 水平偏差 1.75m以内 標高偏差 0.66m以内
定期的に更新がなされる 継続的な入手が確実なこと 発行元が国であること	地理空間情報活用推進基本法に基づき整備 更新が定期的に行われている 作成元が国土院である
入手が無料であること	国土院のHPより無料でダウンロードできる

#### (1) 散布ガイダンス画面レイアウト

散布ガイダンスは、散布車の位置から最も近い散布計画区間の位置情報と、散布仕様(散布量、散布幅)を、散布開始または散布終了位置の手前で文字表示と音声でガイダンスしていた(図-4)。今回、背景地図表示機能を搭載することで、現場(路線)状況の把握と、カーナビゲーションのように先にある散布計画区間の情報を表示できるように改良した(図-5)。



図-4 改良前 散布ガイダンス画面

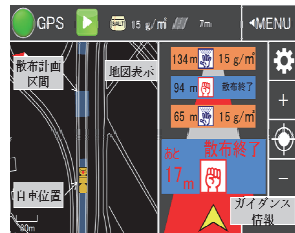


図-5 改良後 散布ガイダンス画面

#### (2) ロータリ除雪ガイダンス画面レイアウト

ロータリ除雪ガイダンスは、路肩端の平面線形、投雪禁止区間までの距離を画面表示と音声でガイダンスしていた(図-6)。今回、背景地図表示機能を搭載することで、沿道(従道路や家屋など)状況を把握しやすい画面とした(図-7)。また、障害物(マンホールや橋梁ジョイント等)への接近警告の機能を追加した。

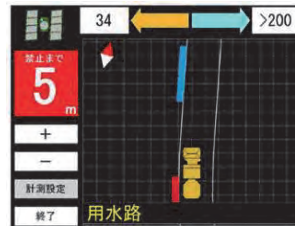


図-6 改良前 ロータリ除雪ガイダンス画面

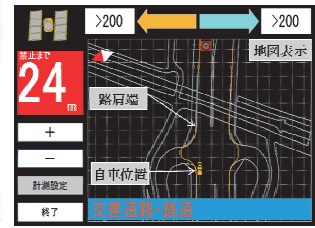


図-7 改良後 ロータリ除雪ガイダンス画面

#### 3.2 ガイダンス情報登録・編集機能搭載の検討

ガイダンス情報の登録を簡素化かつ安価とするための対応として、ガイダンス情報の登録・編集機能の搭載を検討した。

##### (1) 散布ガイダンス 地図登録機能の搭載

散布ガイダンスでガイダンス情報(散布計画区間)を登録するためには、パソコンにより複雑なデータ作成、登録が必要であった。今回、背景地図表示機能を搭載したことにより、ガイダンス画面で表示される背景地図上をタッチすることでガイダンス情報を簡易に登録・編集できる「地図登録機能」を搭載した(図-8)。



図-8 改良後 ガイダンス情報登録・編集機能

##### (2) ロータリ除雪ガイダンス お手本ライン登録機能の搭載

ロータリ除雪ガイダンスでガイダンス情報(路肩端線形)を登録するためには、仮想基準点測量方式(VRS)で詳細な現地測量を実施する必要があった(写真-2)。今回、ロータリ除雪車自体や計測車両で現地を走行することで作業軌跡から路肩端を設定する「お手本ライン登録機能」を搭載することにより、詳細な現地測量がなくてもガイダンス情報の登録が可能となった(図-9)。



写真-2 改良前 ガイダンス情報登録・編集機能



図-9 改良後 ガイダンス情報登録・編集機能(お手本ライン登録機能)

### 3.3 現地適応性の検証

今回改良した、作業ガイダンス装置を現地にて試運転して性能、視認性、使いやすさ等の確認のためオペレータへのヒアリングを実施した。

- 検証実施時期 平成30年2月16日～3月14日
- 検証実施区 (表-5)

表-5 検証実施区

ガイダンス装置種類	試験実施区
凍結防止剤散布車	新潟国道事務所 安田工区
ロータリ除雪車	長岡国道事務所 宮本工区
	長岡国道事務所 堀之内工区

オペレータへのヒアリングで得られた評価・意見を下記に示す(表-6)。今回改良した「背景地図表示機能」や「障害物接近警告機能」、現地作業を省力化できる「ガイダンス情報登録・編集機能」については概ね良好であるという評価を得た。しかし、ガイダンス装置全般の意見として、「作業中は頻りに画面を確認できない」、「凍結防止剤は自動散布となれば有効」との意見もあった。このことから今後は、画面を注視する形式の作業ガイダンス装置だけでなく音声主体のガイダンスの検討や、これまでも要望があった作業補助となる作業装置操作のマシンコントロール化(自動化)等を検討する方針とした。表-2に示した検討のスケジュールに基づき、平成29年度からは、一次除雪機械の作業ガイダンス装置およびマシンコントロール化を検討している。

表-6 オペレータの評価・意見

	散布ガイダンス	ロータリ除雪車ガイダンス
改良機能の評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>■背景地図表示機能                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・概ね良好な評価</li> <li>・工区広接や、散布区間等の情報を熟知していない場合には有効</li> </ul> </li> <li>■ガイダンス情報登録・編集機能                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・現地作業を省けるため有効</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■背景地図表示機能                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・概ね良好な評価</li> </ul> </li> <li>■障害物接近警告機能                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・概ね良好な評価</li> </ul> </li> </ul>
ガイダンス装置全般に対する意見	<ul style="list-style-type: none"> <li>■使い勝手に関する意見                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・散布計画区間を熟知していない若手や新人には有効</li> <li>・作業中は頻りに画面を確認できない</li> <li>・自工区で熟練オペレータが多い場合には、登録作業の負担があるため、ガイダンスはなくてもよい。</li> </ul> </li> <li>■今後の展開への意見                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ガイダンス装置は中間段階。自動散布(運転)になると、非常に有効な装置</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■使い勝手に関する意見                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・路肩までの距離の目安を若手に教えるのに有効</li> <li>・周囲の安全確認が最も重要。投雪先の状況を注視する必要があるため、頻りにガイダンス画面を見ることができない</li> </ul> </li> </ul>

### 3.4 作業ガイダンス装置改良の効果

背景地図表示機能を追加したことで路線状況の把握が容易になり、ガイダンス情報の登録・編集機能を改良したことで、登録にかかる労力・費用の低減に繋がった。除雪作業のオペレータからは若手や新人の教育に有効と評価され、除雪作業現場からもガイダンス装置歓迎の声があがっている。今回改良に伴い改善された項目を下記に示す(表-7)。

表-7 改良に伴い改善された項目

改良項目	凍結防止剤散布車		ロータリ除雪車	
	改良前	改良後	改良前	改良後
ガイダンス内容	背景地図表示機能	x	○電子国土地図 △(線石位置のみ表示)	○電子国土地図
	障害物等への接近警告	-	x	○(機能追加)
データ登録・編集機能	△PCでのデータ編集が必要	○地図登録機能	△現地測量が必要	○お手本ライン登録機能
データ作成費用(1工区当たり)	100万円程度	30~40万円程度	150万円程度	100万円程度
データ作成期間(1工区当たり)	5日間程度	1日程度	5日間程度	2~3日間程度

### 4. 一次除雪機械作業ガイダンス装置の試作

平成29年度は、これまでに開発した各ガイダンス機能を装備した作業ガイダンス装置を試作。平成30年度は、必要機能の追加・改良を行い、機能の要求仕様をとりまとめる予定である(写真-3)。装備するガイダンス機能を下記に示す(表-8)。



写真-3 一次除雪機械の作業ガイダンス装置

表-8 装備するガイダンス機能

装備する機能	ガイダンス方式
障害物への接近警告機能	画面表示、ブザー音
路肩端・道路中心線への接近警告機能	画面表示、ブザー音
除雪速度(30km/h)に対応したガイダンス	音声・ブザー音等

### 5. 一次除雪機械マシンコントロール化への検討

除雪作業における安全性・施工性・生産性の向上を目的に、一次除雪機械(除雪トラック)の作業装置の「マシンコントロール化」へ向けての検討を平成29年度から実施している。マシンコントロール化のイメージを下記に示す(図-10)。

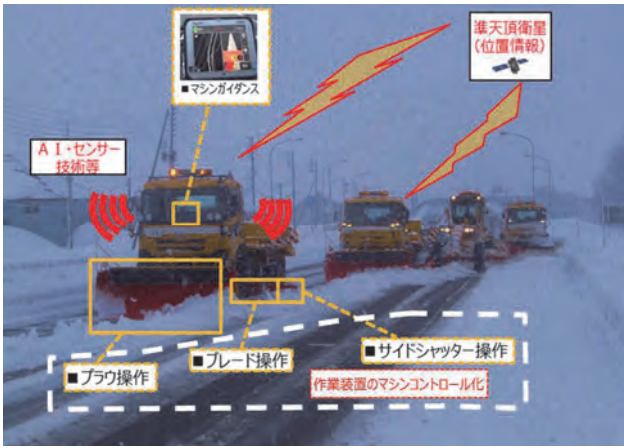


図-10 一次除雪機械マシンコントロール化イメージ

### 5.1 要素技術の検討

作業装置のマシンコントロール化に必要な「要素技術」をについて市場を調査し、結果をまとめた(表-9)。

表-9 要素技術のとりまとめ

No.	要素技術	候補技術	要素技術から得られる情報	要素技術による操作制御
1	精度の高い衛星受信機	・VRS受信機 ・進天頂衛星システム「みちびき」 ・慣性計測装置 等	自車、作業装置の位置情報の把握	車両位置情報での作業装置動作制御(誤差は数cm)
	精度の高い地図データ	・MMSデータ ・ダイナミックマップ 等		
2	センサー技術	・傾斜計 ・ストローク計 等	路面積雪量、雪抱え込み量、作業装置の状況 等 把握	雪の量に合わせた作業装置の角度、押付圧等の動作制御
3	AI技術	・画像認識技術 ・車線、障害物等認識技術	積雪の有無、障害物・人間等の感知 車線の把握 オペレータ作業履歴の蓄積 等	作業装置動作タイミングの自動化制御 障害物・歩行者等の回避制御

要素技術は大きく3つに分類される。

#### (1) 精度の高い衛星受信機・地図データ

精度の高い衛星受信機と地図データ組み合わせることによって自車位置、作業装置の位置が把握でき、精度の高い位置情報での作業装置の動作制御が可能となる。

#### (2) センサー技術

様々なセンサー技術を組み合わせることで、路面積雪量、雪抱え込み量、作業装置の状況等の把握ができ、雪の量に合わせた作業装置の角度、押付圧等の動作制御が可能となる。

#### (3) AI技術

今後発展が期待される AI 技術を活用することで、積雪の有無や障害物・歩行者等の感知や、オペレータ作業履歴の蓄積等ができ、作業装置動作タイミングの自動化制御や、障害物・歩行者等の回避制御等が可能となると推測される。

### 5.2 今後の検討スケジュール

今後のマシンコントロール化検討スケジュールを下記に示す(表-10)。マシンコントロール化を各作業装置毎に進めて行くが、まずは、現段階で

実用可能な位置情報によるマシンコントロール化を進めて行く。その後、技術開発の状況を踏まえセンサー技術と併せたマシンコントロール化の検討、AI技術などをどのように活用して行けるのかを検討する。

表-10 検討スケジュール

検討年度	H29	H30	H31	H32	将来
①位置情報と合わせたマシンコントロール化	マシンガイダンス(障害物、中央線検知等)				自動 運 転 化
	サイドシャッター操作				
	ブレード操作				
	ブラウ操作				
②センサー技術と合わせたマシンコントロール化	数年後に実用化の可能性あり				
③AI技術等によるマシンコントロール化	市場の技術開発に応じて実用化を検討				

### 5.3 熟練オペレータの運転技術データ収集

除雪機械(作業装置)のマシンコントロール化を検討するにあたり、実際の現場での熟練オペレータの運転技術データを収集するために、ドライブレコーダで除雪作業状況と運転室内のレバー操作状況の録画を行い、作業装置の制御データを収集するセンサーを設置し、データロガーに記録した(表-11)。

表-11 除雪トラック運転技術データ収集内容

データ収集工区	国道49号 29.6km 新潟国道事務所 安田工区
データ収集期間	平成29年12月6日～平成30年1月16日
ドライブレコーダ設置数	7箇所(前後路面状況、除雪機械作業装置周辺、運転室内レバー操作状況)
データロガーによるデータ収集数	作業装置(ブレード、ブラウ、サイドシャッター等)操作制御データ、ブレード押付圧、振動データ等 5.5点のデータ



写真-4 ドライブレコーダ撮影画面(7箇所)

## 5.4 運転技術データ分析・整理

収集した運転技術データの分析・整理を行い、結果についてとりまとめた。

### (1) 運転技術「データの見える化」整理

除雪トラックの位置情報データと合わせて、ドライブレコーダによる撮影画像及び、データロガーで取得した制御データを地図上にプロットし、運転技術「データの見える化」を実施した。これによりどの箇所で、どのように除雪作業(作業装置の操作)が行われているかを分析した(図-11, 写真-5)。



図-11 作業装置操作の軌跡(電子国土地図)



写真-5 作業装置操作状況録画

### (2) 位置情報データと作業装置操作データの関連付け

見える化したデータから、路面に積雪がある場合には、ほぼ確実に作業装置(サイドシャッター等)を操作する箇所を把握することができた(図-12)。

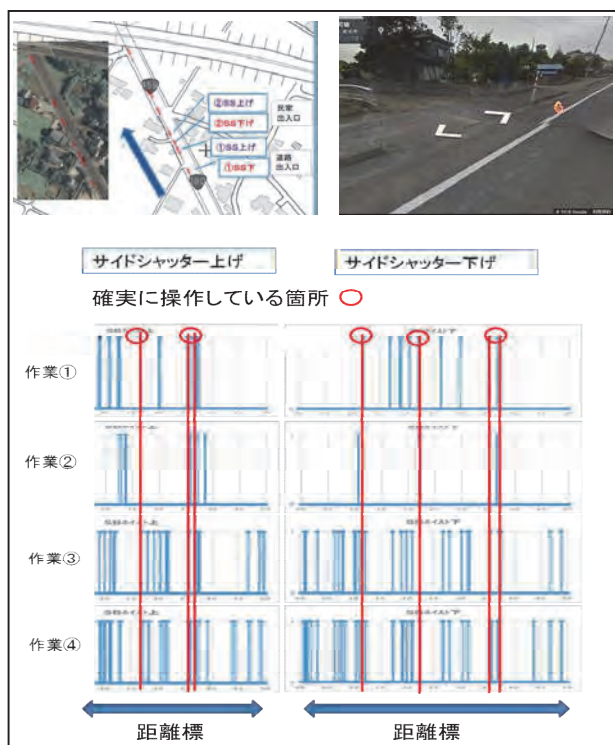


図-12 作業装置操作箇所の把握(サイドシャッター操作)

## 5.5 サイドシャッターのマシンコントロール化

平成30年度は、運転技術データの分析結果を基に、交差点に除雪した雪を残さないようにするために操作が頻繁な、サイドシャッターのマシンコントロール化を検討する。準天頂衛星「みちびき(センチメートル級測位)」を衛星受信機として使用し、高精度の地図データと組み合わせた制御ユニットを製作し、操作を行う箇所において自動でサイドシャッターの開閉操作が行えるようにする(写真-6)。



写真-6 サイドシャッターの動作状況

## 5. おわりに

開発した作業ガイダンス装置により、初心者でも障害物や投雪禁止箇所の見落としがなくなり、安全かつ効率的な除雪作業が行えるようになった。

ICT(情報通信技術)は日進月歩であることから、今後は市場の技術開発動向を踏まえ、作業装置のマシンコントロール化の技術開発を行い、除雪作業における安全性・施工性・生産性の向上に努めていきたい。