

ICT活用による除雪機械の情報化施工技術開発

キーワード：除雪、情報化施工、除雪トラック、マシンガイダンス、マシンコントロール

橋本隆志 ※1 小浦方 一彦 ※1 山田 拓 ※1

1. はじめに

北陸地方整備局では、管内（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）

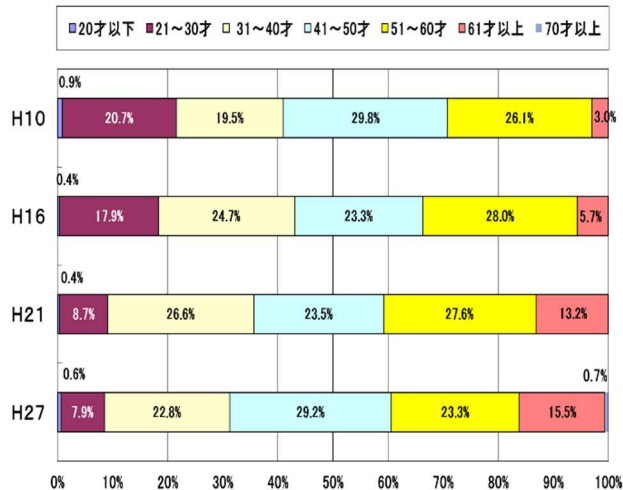


写真-1 除雪作業状況

各除雪機械の運転は、路面状況、道路構造、沿道状況等の変化に適応させた操作が必要であり、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
（新潟、富山、石川県）直轄および地方公共団体



資料：（一社）日本建設機械施工協会 北陸支部調べ

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、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。

2010年度から検討を行っており、これまでに凍結防止剤散布車、ロータリ除雪車、歩道除雪車、一次除雪機械（除雪トラック）の4機種の作業ガイダンス装置を開発し、順次現場への導入を進めてきた。

現在は、将来目標の除雪機械マシンコントロール化（以

下MC化という）に向け、一次除雪機械（除雪トラック）のMC化を検討中である。（表-2）

本稿では、2017～2018年に実施した、一次除雪機械（除雪トラック）の作業ガイダンス装置開発及びMC化の検討について報告するものである。

表-2 検討の経緯

年度	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	将来
除雪機械										
凍結防止剤散布車	ガイダンス開発						ガイダンス改良			MC 化
ロータリ除雪車				ガイダンス開発			ガイダンス改良			
歩道除雪車						ガイダンス開発				
一次除雪機械 (除雪トラック)							ガイダンス開発 MC化検討			

2. 作業ガイダンス装置の開発

2-1 機能の検討

除雪トラックの作業ガイダンス装置は、過去に開発したロータリ除雪車の作業ガイダンス装置をベースとし、除雪トラックの作業補助に必要な機能を追加、及び改良することで開発した。

① 接近警告機能

基本的なガイダンス機能は、障害物、道路構造物との接触事故防止、及び作業注意区間への接近警告機能とした。（写真-2、3）



写真-2 障害物



写真-3 構造物、作業注意区間

② 作業速度

除雪トラックの作業速度は約30km/hであり、作業中にオペレータが画面を注視することが難しい。

そのため、容易に確認が可能となるよう画面表示（文字＋矢印）と音声により接近警告を行う仕様とした。（図-1）



図-1 画面全体での接近表示

③測位方式

測位方式は、一般的なICT建機で使用実績があり、cm単位で正確な測位が可能となる、VRS方式を採用した。（表-3）

表-3 測位方式概要

測位方式	概要	測位誤差
VRS方式	①サービス事業者より、リアルタイムで自車位置の補正データを受信。 ②基準局を必要とせず、GPS受信機1台で高精度の測位が可能であるが、通信料が必要	水平 2～3cm 標高3～4cm

④地図データ

地図データは、計測した路肩端、道路中心線データと、国土地理院の背景地図データを組み合わせ作成し、計測精度は10cm以内となるよう設定した。

また、視界不良時の位置確認、土地勘のないオペレータの作業補助のため、国土地理院の地図データをベースに距離標、交差点名を表示可能となるよう改良した。（図-2）



図-2 地図データ

2-2 機器・画面構成

完成した作業ガイダンス装置の車載状況（写真-4）、機器構成・画面構成（図-3）は、次のとおりである。



写真-4 ガイダンス装置車載状況



図-3 機器・画面構成

2-3 実用性の検証

①進行方向解析

通常の ICT 建機は位置測位を行うアンテナが2基で構成されているが、本ガイダンス装置はコスト削減のため1基で構成している。

この場合、アンテナの移動軌跡から車両の進行方向を解析する必要があり、解析完了まで正確なガイダンスを行うことが出来ない。

この解析時間が実作業への程度影響を与えるか検証するため、停車状態から方向解析完了までに必要な時間と距離を計測した。

結果、平均して6秒、距離については5m～15mという結果であった。（図-4）

停車、方向転換を頻繁に繰り返す場合は、追加でセンサー又はアンテナを設置する必要もあるが、一次除雪作業は直進が主である。

よって、6秒程度の解析時間であれば影響は少ないと判断し、追加設置は行わないこととした。



図-4 進行方向解析完了前のガイダンス画面

②測位精度

今回採用した機器・地図データは、ロータリ除雪車の作業ガイダンス装置で使用実績があり、基本的な性能は確認済みである。

ただし、過去に開発したロータリ除雪車（5km/h 以下）

と今回開発した除雪トラック(約 30km/h)では、作業速度に大きな違いがあるため、一次除雪作業の速度下でも、正確な測位を行うことが可能か、試験コースを平均速度 30km で走行し検証した。

結果、水平誤差は平均して 10cm 以内と各機器の公称精度内に収まっており、正常に動作することが確認できた。

2-4 導入効果

①安全性・施工性向上

除雪作業に直接的な障害となる障害物をガイダンスすることにより、接触事故防止の安全性向上が見込まれる。この他、作業注意区間(ランプ・パーキングエリア)を登録し事前ガイダンスすることにより、ミス防止による施工性向上も期待できる。

②除雪作業支援効果

背景地図機能により自車位置を確認できるため、工区間応援で土地勘のない地域で作業を行う場合や、吹雪による視界不良時に有効である。

3. 一次除雪機械 MC 化の検討

3-1 検討方針

除雪トラックは、フロントプラウ、グレーダ装置、サイドシャッタ操作のため、多様なレバー操作が必要である。この作業装置類を完全自動化することを目標に、2017 年度より MC 化の検討に取り組んでいる。(写真-5)今回は、2018 年度に実施したサイドシャッタ装置の MC 化の検討結果について報告する。



写真-5 簡素化イメージ、操作レバー

3-2 検討スケジュール

除雪機械の作業装置 MC 化を行うためには、次の 3 点の技術を組み合わせたシステムを構築していく必要がある。(表-4)

表-4 MC 化に必要な技術

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 ・準天頂衛星システム「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

このうち、高精度の自車位置情報、センサー技術については、既存技術の組み合わせで対応可能と想定される。上記2点の技術を基に、状況を判断し作業装置を自動制御するAI技術が必要となるが、既存技術では対応が難しい。当面は作業装置毎に段階的に自動化の検討を進めていき、技術開発の動向を踏まえ、各技術を組み合わせた MC 化の検討を行う予定である。(表-5)

表-5 検討スケジュール

検討年度	H29	H30	H31	R2	将来
①位置情報と合わせたマシンコントロール化					自動化
マシンガイダンス					
サイドシャッタ操作					
プラウ操作					
グレーダ操作					
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				自動化
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				

3-3 サイドシャッタ装置のMC化検討

サイドシャッタは、路面整正装置で除雪した雪を、交差点や乗入部に残さないよう、シャッタを閉めることで一時的に雪を抱え込む装置である。(写真-6)このサイドシャッタの自動制御は、開閉操作を行う位置情報のみによる制御が可能なことから、前項で述べた3技術のうち、高精度の自車位置情報を使用したMC化に取り組んだ。



写真-6 サイドシャッタ動作状況

①衛星測位システム

MC化の検討では、2018年11月より正式運用された、準天頂衛星システム(みちびき)のセンチメートル級測位補強サービス(CLAS)を採用した。移動体の公称精度は水平誤差12cm、標高誤差24cmであるが、今回新潟市内から福島県境にかけて片道68kmを試験走行した結果、誤差30cm以下が6割程度という結果であった。

平野部では公称精度内に収まるが、トンネル等の上空遮蔽物、樹木の影響がある衛星不感地帯で大きな誤差が生じていた。2019年度は、慣性測定装置(IMU)等を使用し、衛星測位の不感地帯での測位を補うシステムを検討中である。

②地図データ

MMS(モービルマッピングシステム)で取得したレーザー一点群データから、除雪装置の制御に必要な道路中心線、縁石、障害物等を抽出した地図データを作成した。(写真-7)

MMS の公称精度は、水平・標高誤差ともに±25cm であるが、今回作成した地図データは、水平誤差 5cm、標高誤差 6cm であった。



写真-7 MMS 搭載車両、地図データ

③運転技術データ

サイドシャッタの自動制御を行うため、ドライブレコーダー、データロガーによりオペレータの運転データを取得し、整理、解析を行った。（図-5）

解析したデータは、MMS で作成した地図に落とし込み除雪作業用地図データを作成した。（図-6）

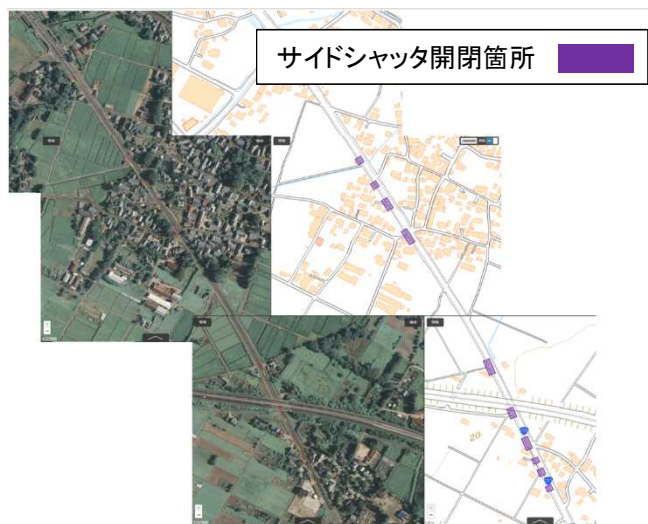


図-5 サイドシャッタ運転データ

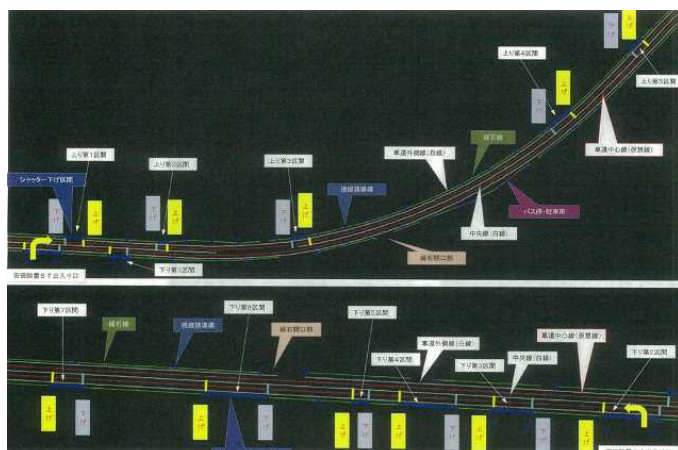


図-6 除雪作業用地図データ

④制御ユニット

サイドシャッタ MC 化の制御ユニットは、除雪作業用地図データをインストールしたタブレット PC、衛星測位シ

ステム、制御装置（サイドシャッタへ信号を出力する機器）で構成した。

各機器を LAN 通信で交信させて制御を行い、自車位置と地図の基準点が一致した際に制御信号出力を行う仕様とした。（図-7）

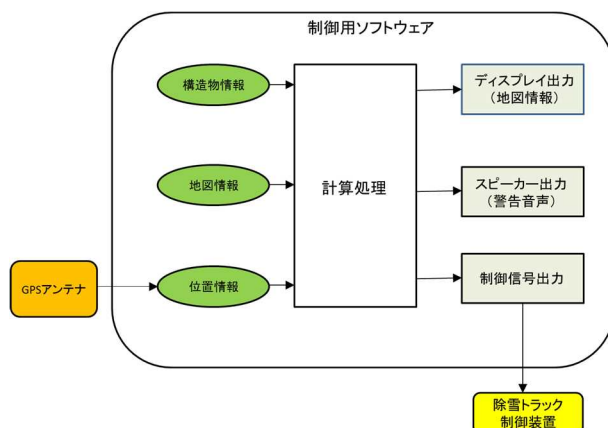


図-7 制御ユニットイメージ

⑤動作確認試験

作成した制御ユニットにて動作確認試験を行った。

作業条件は実際の除雪作業と同等の 25～30km/h とし、1km の試験区間に設定した、14 箇所の基準点通過時の動作タイミングを計測した。

なお、基準点は確認が容易となるよう、乗り入れ等に設置されている視線誘導標とした（写真-8）

結果、始動誤差は平均して 0.42 秒、距離にして約 1m であり、実用レベルであることを確認した。



写真-8 基準点

4. 終わりに

2010 年度から行ってきた作業ガイダンス装置の開発は、今回一次除雪機械（除雪トラック）の開発が完了したことにより一通り完了した。

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、開発した各除雪機械ガイダンス装置のフォローアップを行っていききたい。

また、将来目標の除雪機械自動運転化に向け、各除雪機械の作業装置の操作自動化（マシンコントロール）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。