

行政情報

ICT 活用により作業装置を自動化した
除雪トラックの概要報告

福島 徹・前原 正之

北陸地方整備局では、除雪機械の操作に求められる熟練技能を持つオペレータ不足に対応するため、作業装置を自動化した除雪トラックを開発している。令和3年度の冬に実際の除雪作業の中で運用した実証実験の概要について報告する。

キーワード：ICT、みちびき、除雪機械、自動化、除雪トラック、作業装置、マシンコントロール

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14路線、管理区間延長約1,073km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。

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した操作が必要であり、経験と熟練した技能を必要とするが、昨今は、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、担い手の確保及び技能の維持が課題となっている。

このような背景のもと、北陸技術事務所では、オペレータの負担軽減、経験の浅いオペレータの作業支援を目的として、ICT（情報通信技術）を活用した除雪機械の開発に取り組んでいる。

本稿では、作業装置の自動制御機構を装備した除雪トラックを実際の除雪作業で運用した実証実験の概要を報告するものである。

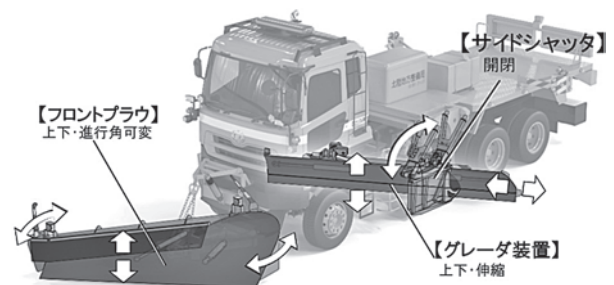


図-1 除雪トラック作業装置の概要



写真-1 除雪トラック作業装置操作パネル

2. 除雪トラック作業装置の自動制御機構

(1) 除雪トラック作業装置の概要

除雪トラックによる新雪除雪は、路面に降り積もった雪を路側にかき寄せせるもので、作業装置としては、新雪などを除雪する「フロントブラウ」、圧雪などの路面を整正する「グレーダ装置」、交差点などの雪を置いてはいけない区間において一時的に雪を抱え込む「サイドシャッタ」で構成されている（図-1）。

除雪トラックのオペレータは、車両本体の運転と同時に8本のレバー、20個のスイッチにより作業装置の操作を行わなければならない熟練した技能が求められ

る（写真-1）。

このため、除雪トラックの作業装置（フロントブラウ、グレーダ装置、サイドシャッタ）の操作を自動化することにより、オペレータは車両の運転に専念できるため、作業の安全性が向上するものと考えている。また、オペレータの負担軽減が図られることにより、担い手の確保にも寄与するものと考えている。

(2) 自動制御機構の概要

作業装置を自動化するための制御は、オペレータが各装置を操作したログデータから抽出した位置情報を反映させた“除雪作業用地図データ”を作成し、GNSS

受信機（準天頂衛星システムみちびき対応型）で取得した自車位置情報とを照合し、地図データに設定した座標で、作業装置に所定の動作を行わせる仕組みとしている（図-2、写真-2）。

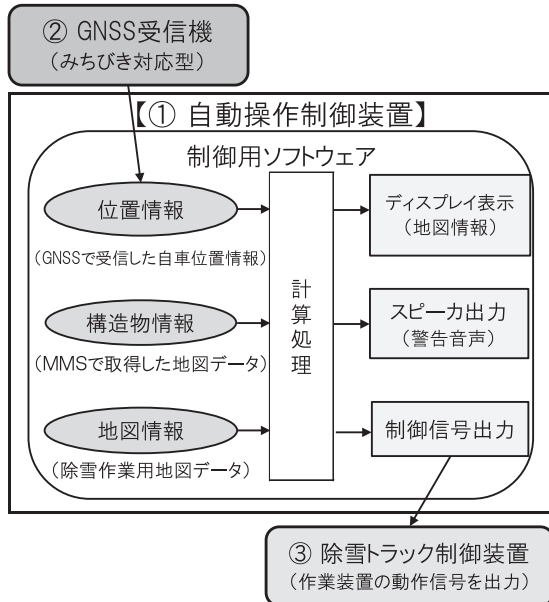


図-2 制御ユニット概念図



写真-2 自動制御装置

3. 各作業装置の自動制御

(1) フロントプラウ

フロントプラウは、交差点等の道路構造が変化する箇所での進行角の変更や、障害物を回避するため上下の動作を行う必要がある。

進行角の変更動作は、交差点部など雪を置いてはいけない箇所では、除雪車の前方にまっすぐ前送りするために行う。また、上下の操作は、橋梁ジョイント等にフロントプラウが接触するのを防ぐため、当該箇所を除雪作業を実施しながら通過する際、一時的に上下の操作を行う（図-3）。

(2) グレーダ装置

グレーダ装置は、装置幅の変更や上下の操作を行う。

装置幅の変更は、駐車帯など一時的に道路の幅が変化する箇所では、装置を伸縮させて除雪する幅を変更する。また、フロントプラウと同様に、橋梁ジョイント等との接触を避けるため、一時的な上下の操作を行う（図-3）。

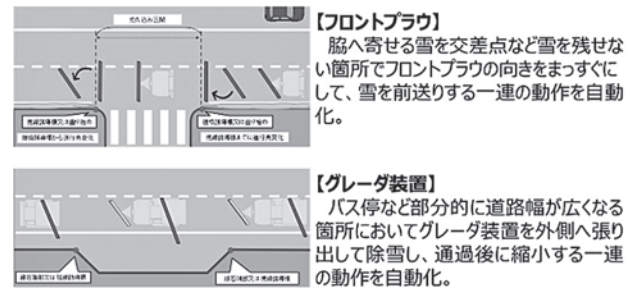


図-3 作業装置の動作イメージ

(3) サイドシャッタ

サイドシャッタは、グレーダ装置に付随し、交差点部など雪を置いてはいけない箇所において、グレーダ装置から左側に押し出される雪の流れを止めるため閉操作を行い、通過後に開操作を行う（写真-3）。



写真-3 サイドシャッタの動作

4. 自動制御機構の精度確認

自動制御機構を装備した除雪トラックの作業装置の動作精度（縦断方向）の確認を行った。自動制御システムで設定された動作完了位置に対し、実際の動作完了位置は様々な外的要因により動作遅れが発生することから、許容できる精度と安定性を評価する必要がある。

過去の試験結果から、除雪トラックの走行速度やエンジン回転数の変動が自動制御の精度・安定性に大き

な影響があることが判明している。除雪トラックの作業時の走行速度が 25 km/h 程度のため、前提速度を 30 km/h とし、10 km/h ~ 30 km/h で評価した。

手動操作の場合と同等以上の動作を目指すものとして、人間の単純なボタン操作等の単純反応時間は 0.15 s が下限とされているため¹⁾ その時間を指標とし、その時間に対する 30 km/h の場合の移動距離が 1.25 m なので、目標値を ±1.25 m 未満と定めて、改良した自動制御装置の精度・安定性を検証した。

動作精度の確認は、試験コース上での作業データを作成し、作業装置の実際の動作地点を計測し、動作完了目標地点との差を比較した(写真-4)。

動作精度の試験結果からは、装置毎に動作完了目標地点に対するずれ量にばらつきは見られるものの、±0.8 m 以下で制御ができていたことが確認され、目標値を満足している(表-1)。

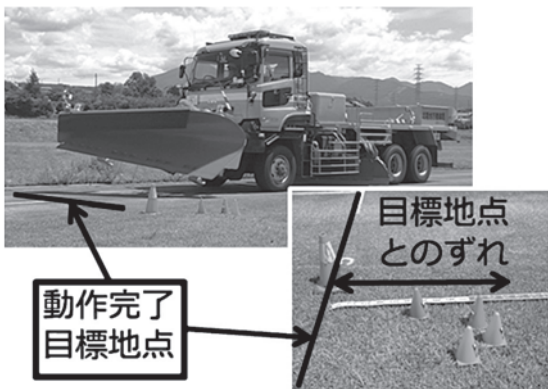


写真-4 自動制御動作精度の確認状況

表-1 自動制御動作精度の確認結果

	フロントブラウ		グレーダ装置		サイドシャッター	
	進行角		伸	縮	閉	開
	32°→0°	0°→32°	0 cm→50 cm	50 cm→0 cm		
目標値	± 1.25 m 未満					
平均	0.2 m	0.5 m	-0.8 m	-0.4 m	-0.2 m	-0.2 m
誤差幅	0.3 m	0.4 m	0.2 m	0.7 m	0.5 m	0.7 m

5. 試験車両での実証実験状況

(1) 実証実験の概要

作業装置自動制御について所定の精度が確認できたことから、試験車両を実際の除雪作業に使用し、除雪の負荷を受けても、動作試験と同様の精度で、各作業装置が所定の動作を行うか確認を行った。

確認方法は、試験車両に搭載したカメラの記録映像、作業装置の動作状況を記録したロガーデータによ

る解析と、試験車両に搭乗し除雪作業に従事した除雪機械オペレータへの意見聴取により行った。

実証実験では、安全に作業を実施する観点から、オペレータが安全に実施できると判断した場合に自動制御機構を使用して除雪作業を行うこととした。また自動制御中であってもすぐに手動に切り替えることも可能としている。

実証実験は、国道 17 号湯沢除雪工区(長岡国道事務所湯沢維持・雪害対策出張所)内の約 13 km 及び国道 49 号安田除雪工区(新潟国道事務所水原維持出張所)内の約 20 km で、各除雪工区の協力のもと実施した。

(2) 降雪期前の現道試験

降雪期前に実証実験を行う除雪担当区間において、試験車両を使用して現道試験を実施した(写真-5)。

現道試験では、実証実験区間の除雪作業を実際に行うオペレータの協力を得て、作業装置動作位置の設定及び確認、実証実験区間内での自動制御による無負荷の動作試験を行った。作業装置動作の位置設定では、オペレータの意見を取り入れながら、動作試験を繰り返して調整した。

(3) 実証実験時の自動制御実施状況

作業装置の自動化で自動制御による除雪作業の実施状況は表-2のとおりである。自動制御の使用頻度は、湯沢工区で 14.5%、安田工区で 41.0%であった(表-2)。



写真-5 降雪期前の現道試験実施状況(湯沢工区)

表-2 自動制御による除雪作業の実施状況①

工区名	全除雪 出勤回数	うち自動制御を 使用した出勤回数	自動制御を 使用した割合
湯沢工区	138	20	14.5%
安田工区	61	25	41.0%

また、各作業装置の出動1回あたりの平均操作回数の比較では、自動制御を使用した場合は、フロントプラウの操作が30%程度低減し、サイドシャッタの操作は85%以上の低減となった(表—3)。

表—3 自動制御による除雪作業の実施状況②

工区名	フロントプラウ		操作低減率
	出動1回あたりの平均操作回数 自動操作なし	自動操作あり	
湯沢工区	100回	70回	30.0%
安田工区	20回	13回	35.0%

工区名	サイドシャッタ		操作低減率
	出動1回あたりの平均操作回数 自動操作なし	自動操作あり	
湯沢工区	44回	6回	86.4%
安田工区	74回	9回	87.8%

(4) 実証実験で確認された課題

実証実験では、自動制御により作業装置が所定の位置で所定の動作を行うことができるかの確認を目的に実施したところであるが、一部作業装置が所定の動作とならなかったなどの課題が確認された(表—4)。

確認された課題のうち、制御装置の機器構成や制御プログラムに要因があるものについては、構成機器の見直しやプログラムの改良を行い、課題の解消を図っていく。また、所定の動作とならない場合にも確実に除雪作業を行うために、オペレータの操作により手動へ切り替えることが出来るようにしているが、手動から自動制御に復帰させる操作についても、操作手順が多く自動制御に復帰しにくいことが課題として挙げられており、操作手順をより安全かつ簡便なものとするため改良を進めていく。さらに、手動操作では降積雪量が多い場合に作業装置の動作角度や範囲を細かく調整することで対応しており、同じ対応が自動制御でも可能か、適用条件を整理し必要性も含め検討する必要がある。

表—4 実証実験で確認された課題

対象箇所	確認した課題
制御装置の構成 制御プログラム	低速走行時に進行方向の判別が不能となる 連続動作区間で動作の遅れ又は停止する
制御装置操作	手動から自動への復帰するための操作手順が多い
その他	積雪量に応じた調整が容易にはできない

6. 令和3年度成果のまとめ

当初の目標としていた、3つの装置・5つの動作(フロントプラウの進行角可変及び上下動作、グレーダ装置の伸縮及び上下動作、サイドシャッタの開閉動作)について自動化を図ることができた。しかしながら実際の除雪作業の中で使用する実証実験では、初めての試みであったことや、当該年度は過去5ヶ年平均の約1.5倍もの降雪量があったことも要因となり、自動制御の使用頻度が少ない結果となった。

自動制御の使用頻度を上げるために、令和3年度の実証実験で確認された課題解消のほか、降積雪量が多い場合に作業装置の動作を調整する機能や、オペレータに装置の作動状況をよりわかりやすく伝える機能など、自動制御機構を搭載した除雪トラックを安心して使用してもらうための改良が必要と考えている(写真—6)。



写真—6 運用状況

7. 令和4年度の計画

令和3年度で確認された課題について検討および改良を行い、令和4年度の冬に改良した車両で実証実験を行う。改良した車両では、手動から自動へワンタッチで復帰できるボタン、装置の作動量を事前に設定できる機能や、その設定を複数記憶できる機能、装置の作動状況をオペレータに色の変化でわかりやすく伝える機能などを改良した。

また、自動制御機能を装備した除雪トラックの実働配備を行いながら実証実験を拡大していく計画となっており、令和4年度から新規に導入する地区を対象として、オペレータの体験試乗会をマスコミ公開で行った。自動化した除雪トラックを初めて体験した方々からは「除雪操作はスイッチを入れるだけで済むので、運転に集中できる」など好意的な感想を数多くいただいた。その結果、マスコミ6社(テレビ3社, 新聞3社)



写真一七 オペレータ体験試乗会の様子

から報道されるなど大きな反響があった(写真一七)。

今後もさらなる改良を加えオペレータの負担を軽減し、また経験の浅いオペレータであっても、安心して安全な除雪作業を行えるように、引き続き除雪作業装置自動化の取り組みを推進していく。

JCMA

《参考文献》

- 1) 新美 亮輔, 横澤 一彦 反応時間 脳科学辞典
<https://bsd.neuroinf.jp/wiki/反応時間> (2013)

【筆者紹介】

福島 徹 (ふくしま とおる)
 国土交通省 北陸地方整備局
 北陸技術事務所
 専門調査官



前原 正之 (まえはら まさゆき)
 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
 課長

