

ICT活用による除雪トラックの試行運用の概要報告

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
同

○ 福島 徹
前原 正之

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、新規入場者の減少により、担い手の確保及び技能の継承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情報化施工技術の検討に取り組んでいる。

本稿では、作業装置の自動制御機能を装備した除雪トラックを実際の除雪作業で試行的に運用した概要を報告するものである。

2. 除雪トラック作業装置自動制御機能

2-1) 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「フロントプラウ」、圧雪などの路面を整形する「グレーダ装置」、交差点などの雪を置くと通行に支障のある箇所において、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）

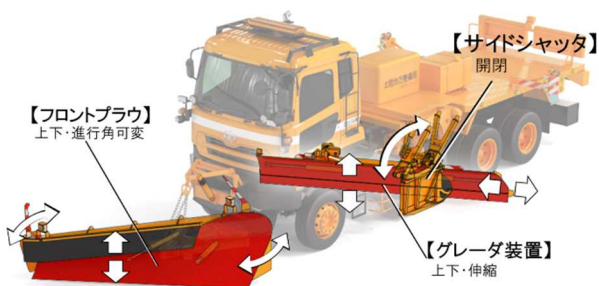


図-1 除雪トラック作業装置の概要

除雪トラックのオペレータは、車両本体の運転操作と同時に8本のレバー、20個のスイッチにより作業装置の操作を的確に行わなければならない、（写真-1）また対応する降雪・積雪の状況は常に変化していくため、熟練した技能が求められる。

このため、除雪トラックの「3つの作業装置」（フロントプラウ、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、オペレータが車両の運転に専念できるようになり、作業の安全性が向上する。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。

2-2) 作業装置自動制御機能の概要



写真-1 除雪トラック作業装置操作パネル

作業装置を自動化するための制御方法は、オペレータが作業装置を動作させた操作位置情報（座標）を、事前に作成した除雪作業用の地図データに記録し、作業時に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照合し、所定の設定した位置（座標）で、作業装置に所定の動作を行わせる仕組みとした。（写真-2）（図-2）

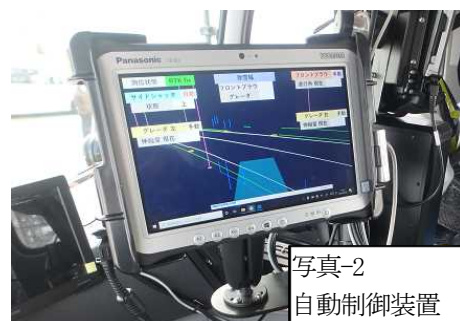


写真-2
自動制御装置

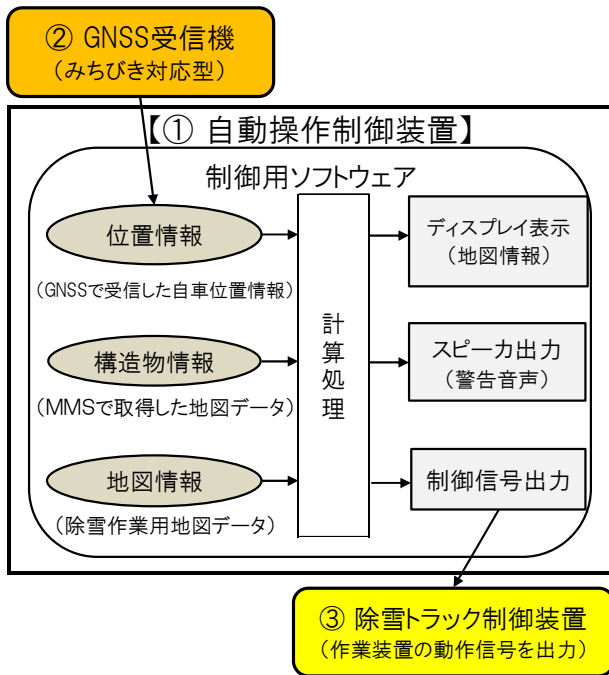


図-2 制御装置概念図

3-3) サイドシャッタの自動制御

サイドシャッタは、グレーダ装置に付随し、交差点部や道路の接続部において、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の開閉操作を自動で行う。

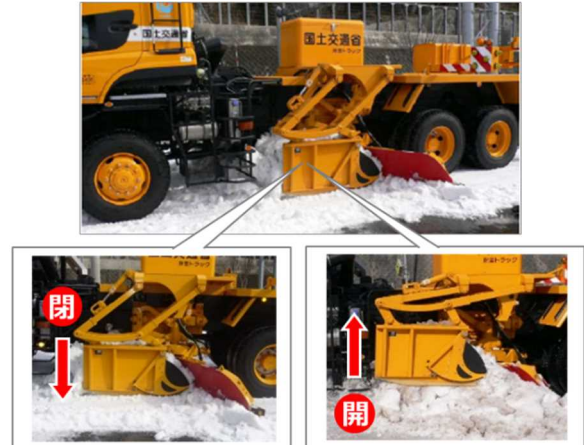


写真-3 サイドシャッタの動作

3. 各作業装置の自動制御概要「3つの装置・5つの動作」

3-1) フロントプラウの自動制御

フロントプラウは、交差点等の道路構造が変化する箇所、進行角の変更や上下の操作を行う必要がある。

進行角の操作は、交差点部や道路の接続部などの、雪を路肩部分に置いてはいけない箇所において除雪車の前方に前送りするために、進行角を真っ直ぐ(0°)にする操作を自動で行う。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、一時的に上下の回避操作を自動で行う。(図-3)

3-2) グレーダ装置の自動制御

グレーダ装置は、道路幅等が変化する箇所箇所装置幅の変更や上下の操作を行う必要がある。

装置幅の変更は、駐車帯等の一時的に道路幅が変化する箇所、装置幅の変更を自動で操作する。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の、上下の回避操作を自動で行う。(図-3)

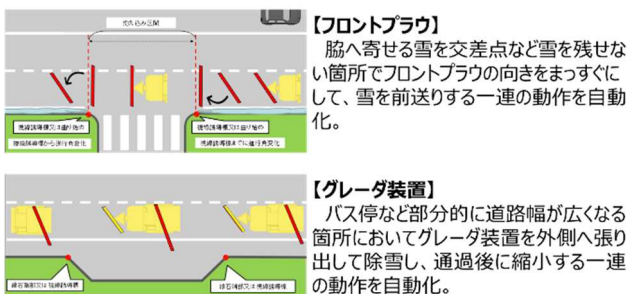


図-3 作業装置の動作イメージ

4. 装置自動制御機能の精度確認

自動制御機能を装備した除雪トラックの作業装置の動作精度の確認を行った。

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・確認し、プログラムにより可能な限り対応する必要がある。

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走行速度が25km/h程度のため、前提速度を30km/hとした。

手動操作の場合と同等以上の動作を目指すものとして、人間の単純な反応時間(0.15s~0.30s)に対する30km/hの場合の移動距離は1.25mから2.5mの範囲である。そのため目標値を1.25m未満として、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、試験コース上での試験用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、±0.8m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ことから、除雪作業での使用が可能であると判断した。(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

	フロントプラウ		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°	0cm → 50cm	50cm → 0cm		
平均	0.2m	0.5m	-0.8m	-0.4m	-0.2m	-0.2m
誤差幅	0.3m	0.4m	0.2m	0.7m	0.5m	0.7m

5. 自動制御機能を搭載した試験車両での試行運用状況

5-1) 試行運用の概要

作業装置自動制御機能の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。



写真-5 運転室内の映像

試行運用では、安全に作業を実施する観点から、全ての除雪作業には使用することとはせず、安全に実施できる場合に自動制御機能を使用して除雪作業を行った。

なお、自動制御機能の使用・不使用の判断はオペレータに委ねた。（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なっている）

試行運用は、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13km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20kmで、各除雪工区の協力のもと実施した。

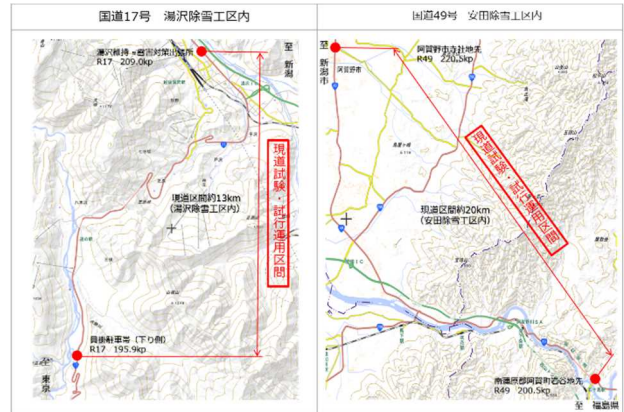


図-4 試行運用実施区間

5-2) 降雪期前の現道試験

降雪期前に試行運用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-6 降雪期前の現道試験実施状況（湯沢工区）

現道試験では、試行運用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、試行運用区間内での自動制御による無負荷で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、無負荷の動作試験を繰り返して調整した。

5-3) 試行運用時の自動制御実施状況

実作業での試行運用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。

また、自動制御を使用した作業での各作業装置の出動1回あたりの平均操作回数の比較では、自動制御の使用により、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-2 自動制御による除雪作業の実施状況

工区名	全除雪出動回数	うち自動制御を使用した出動回数	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%

工区名	フロントプラウ 出動1回あたりの平均操作回数		低減率
	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 出動1回あたりの平均操作回数		低減率
	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%

5-4) 試行運用で確認された課題

試行運用では、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-3)

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。

表-3 試行運用で確認された課題

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に手間取る
その他	積雪量に応じた調整が容易にはできない

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自動から手動への切り替えを行えるようになっているが、その操作性についても課題として挙げられており、あらためてオペレータの要望をヒアリングし、操作手順をより安全かつ簡便なものとするための検討を進めていく。さらに、手動操作では、降積雪量が多い場合に作業装置を細かく調整して対応しており、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。



写真-7 試行運用中の状況

6. まとめ

当初の目標としていた、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の「3つの装置における、5つの動作」について自動化を図ることができた。ただし、実際の除雪作業の中で使用する試行運用では、初めての試みであったことや、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、試行運用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、自動制御機能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さらなる検討・改良が必要である。

7. 今後の計画

令和3年度で、当初の目標としていた「3つの装置における、5つの動作」について自動化を図ることができた。同時に自動制御機能の問題点や、降積雪量に応じた対応など、あらたな課題が確認された。

今回、確認された課題について検討を行い、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、引き続き除雪作業装置自動化の取り組みを進めていく計画である。