

10. ICT活用により作業装置を自動化した除雪トラックの試行運用について

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
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、作業装置を自動化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。

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)



写真-1 作業装置の手動操作パネル

2. 作業装置の自動制御

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」、交差点や沿道施設の出入り口といった、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)

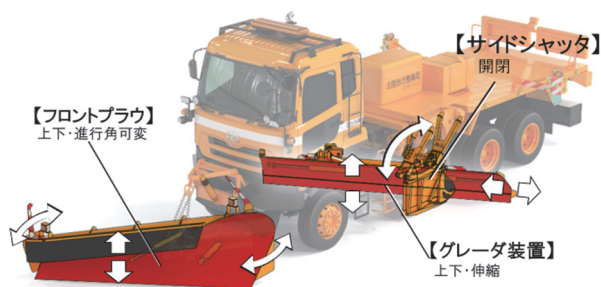


図-1 除雪トラック作業装置の概要

このため、除雪トラックの作業装置（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。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) 自動制御機能の概要

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操作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箇所、作業装置に所定の動作を行わせる仕組みとした。(図-2) (写真-2)

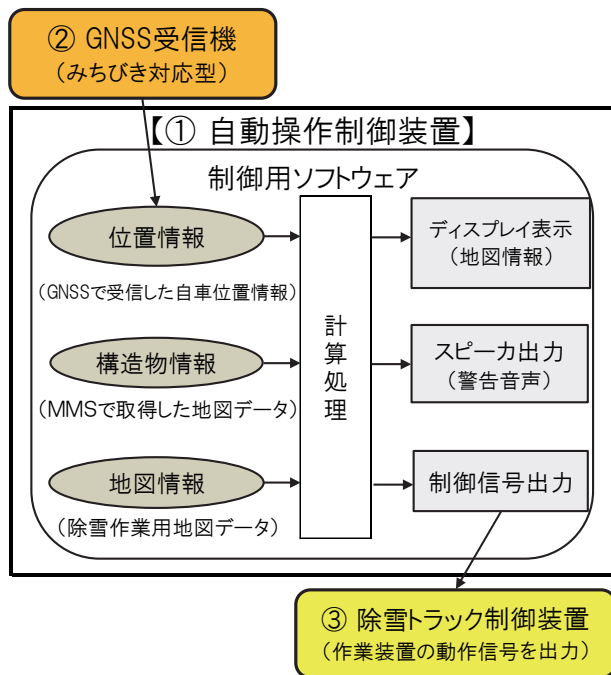


図-2 制御ユニット概念図



写真-2 自動制御装置

3. 各作業装置の自動制御

3-1) 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は、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)

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、駐車帯などで一時的に道路の幅が変化する箇所では、装置を伸縮させて装置の幅を変更する。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)

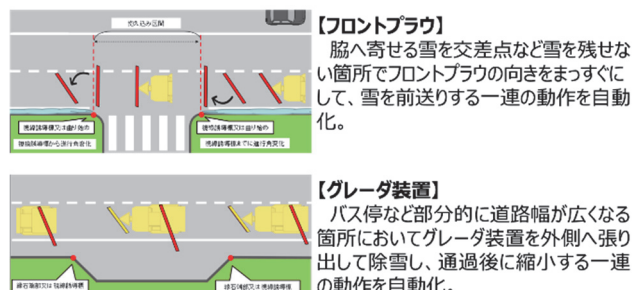


図-3 作業装置の動作イメージ

3-3) サイドシャッター

サイドシャッターは、グレーダ装置に付随し、交差点部や道路の接続部などの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 サイドシャッターの動作

4. 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（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25km/h程度のため、前提速度を30km/hとし、10km/h～30km/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0.15sが下限とされているため*その時間を指標とし、その時間に対する30km/hの場合の移動距離が1.25mなので、目標値を±1.25m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）



写真-4 自動制御動作精度の確認状況

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ることが確認され、目標値を満足している。（表-1）

表-1 自動制御動作精度の確認結果

	フロントブ라우		グレーダ装置		サイドシャッタ	
	進行角		伸	縮	閉 開	
	32°→0°	0°→32°	0cm→50cm	50cm→0cm		
目標値	±1.25m未満					
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. 試験車両での試行運用状況

5-1) 試行運用の概要

自動制御機能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の解析と、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。

試行運用では、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能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。

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。

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。（写真-5）



写真-5 降雪期前の現道試験実施状況（湯沢工区）

5-3) 試行運用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)

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%

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 出動1回あたりの平均操作回数		操作低減率
	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		操作低減率
	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-4)

表-4 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

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なってきているが、その後に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、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の動作角度や範囲を細かく調整して雪の量に対応しており、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。

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、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検討が必要と考えている。



写真-6 運用状況

7. 令和4年度の計画

令和3年度で、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)の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さらに検討および改良を行い、オペレータの負担が小さくなるように、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進めていく計画である。

※参考文献

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)