

ICT活用による除雪トラック作業装置の自動化の取り組みについて (初心者でも安全に運転操作ができるように)

武石 清一*1 前原 正之*1

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、経験と熟練した技術を必要とするが、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情報化施工技術の検討に取り組んでいる。

本稿では、除雪トラック作業装置自動化の検討における2020年度までの取り組みについて報告するものである。

2. 除雪トラック作業装置自動化の検討

2.1 作業装置自動化の検討方針

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)

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（フロントプラウ、グレーダ装置、サイドシャッタ）の操作（動作）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し、また、オペレータの負担軽減が図られることにより、担い手の確保に寄与するものと考えている。(表-1)

2.2 制御方法

作業装置を自動化するための制御方法は、モバイル・

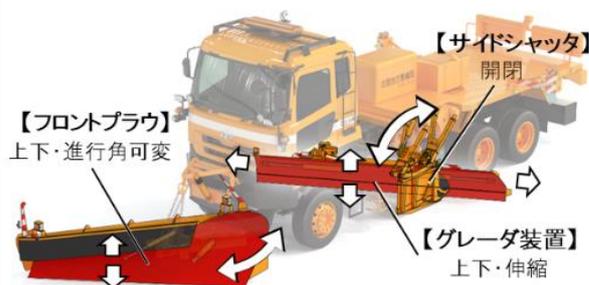


図-1 除雪トラック作業装置



写真-1 除雪トラック作業装置操作パネル

表-1 自動化開発計画

作業装置名	動作内容	実施／開発計画		
		2019年	2020年	2021年以降
フロントプラウ	進行角可変		○	○
	上 下			○
グレーダ装置	左右伸縮		○	○
	上 下			○
サイドシャッタ	開 閉	○	○	○

マッピング・システム（以下「MMS」という）で取得した3次元点群データから、自動化に必要な地物等の情報を抽出したベクタデータを生成し、これにオペレータの操作位置情報（実作業での操作記録）を反映させた①除雪作業用地図データを作成し、②GNSS受信機（準天頂衛星システムみちびき対応型）を組み合わせることにより、作業装置の動作を自動化することとした。

(図-2)

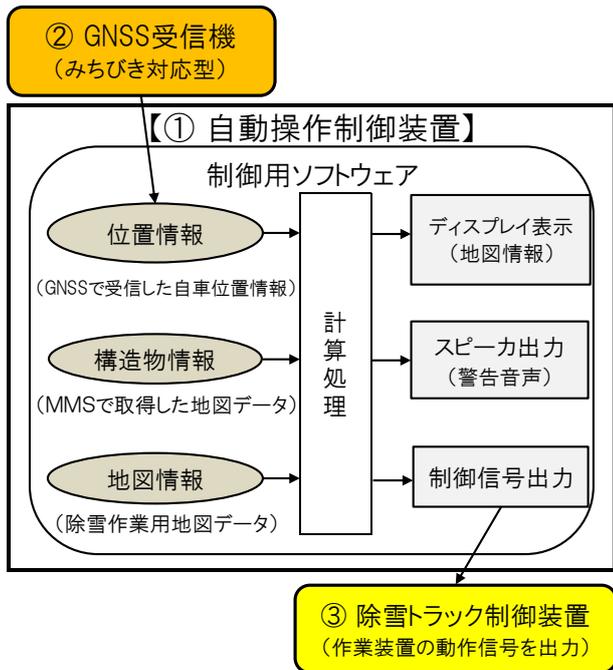


図-2 制御ユニット概念図

自動化に用いる機器としては、①作業用地図データをインストールした「自動操作制御装置」、②「GNSS 受信機（準天頂衛星システムみちびき対応型）」、③各作業装置へ動作信号を出力する「除雪トラック制御装置」で構成し、自車位置と地図上の動作位置情報が一致した際に動作信号を出力する。また、今回の試験機では自動操作制御装置の表示機能として、衛星信号の受信状態、作業装置自動制御のオン・オフ、作業装置の状態と、縁石等の地物情報と作業装置の動作位置を線画で模式化して表示し、作業装置の状態をオペレータが認識できるようにしたほか、作業装置の動作位置接近に合わせ、ブザー音で動作を予告する機能を搭載した。（写真-2）



写真-2 自動操作制御装置

なお、作業装置の状態表示としては、フロントプラウの進行角の角度、グレーダ装置の伸縮量とした。

2.3 除雪作業用地図データの作成

前述の除雪作業用地図データに反映させる作業装置の操作情報は、フロントプラウの進行角変更、グレーダ装置の伸縮、サイドシャッタ開閉のそれぞれについて登録を行った。（図-3）

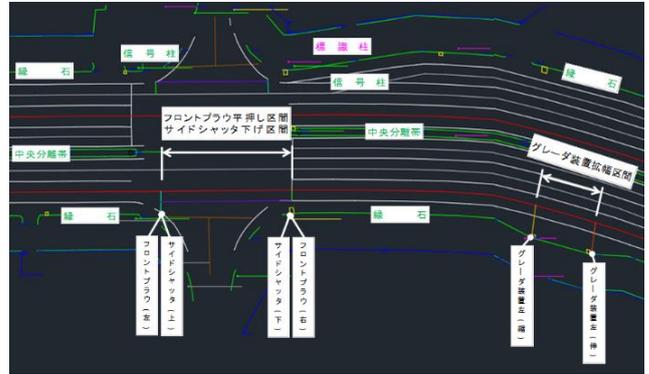


図-3 除雪作業用地図データの例

3. サイドシャッタの自動化検討

2019年度に着手したサイドシャッタの自動化は、降雪期前に現道上の駐車帯を利用して試験調整を行った。

試験の当初、除雪トラックの走行速度の変化や、動作信号発信後に作業装置が動作し始めるまでのタイムラグにより、あらかじめ設定した動作位置からずれる不具合が生じた。この不具合への対応として、走行速度の変化に追従させるための演算方法や、作業装置が動作を開始するまでの時間を見込んだプログラムへの改良を行った。その結果、不具合は改善され、改良後の試験に参加した除雪トラックのオペレータから、実操作と違和感が無い位置で開閉しているとの評価を得た 2020 年 2 月 7 日の降雪時には、一般国道 49 号において、サイドシャッタの自動制御を使用した除雪作業を実施し、現道試験においても、実際の除雪作業で使用できる技術レベルであることを確認した。（写真-3）

4. フロントプラウ・グレーダ装置の自動化検討

4.1 制御方法の検討

サイドシャッタに続き、2020 年度においてはフロントプラウの進行角を変化させる動作及びグレーダ装置を伸縮させる動作の自動制御に着手した。

フロントプラウ及びグレーダ装置の自動化に向けては、それぞれの作業装置について操作している場所や操作の目的を、ドライブレコーダーやデータロガーにより作業実態を記録し整理した。



写真-3 サイドシャッタの動作

フロントプラウの操作は、交差点、バス駐車帯、沿道施設への出入り口など、雪を残せない箇所でフロントプラウの向きをまっすぐにして、雪を前送りにする場合に行われている。

グレーダ装置では、車線数の増減や導流部（ゼブラゾーン）、バス停車帯など、道路の幅が変化する箇所で操作が多く行われていた。

これらの操作実態から、フロントプラウについては、雪を残せない箇所において、雪を前送りする一連の動作の自動化を、また、グレーダ装置については、部分的に道路幅が広がる箇所において、一時的にグレーダ装置を外側に張り出し、通過後には縮小させる一連の動作の自動化をそれぞれ取り組み合わせることとした。（図-4）

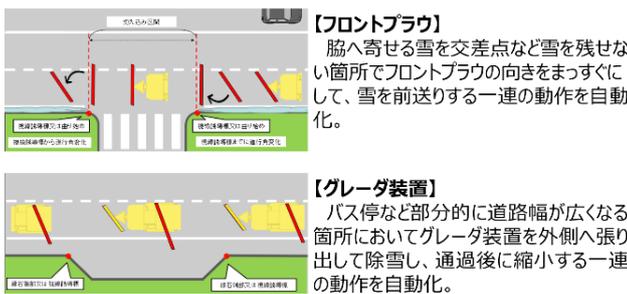


図-4 作業装置の動作イメージ

4.2 除雪トラック試験機の改良

フロントプラウ及びグレーダ装置の自動化を図るためには、それぞれの作業装置の状態を把握する必要があるため、作業装置を動作させる油圧シリンダの伸縮量を計測できるよう、ストロークセンサー付き油圧シリンダに改良を行った。これにより、フロントプラウでは、車両本体の進行方向に対しての角度、またグレーダ装置については、左右それぞれのブレードの伸縮量を把握できるようにした。なお、フロントプラウの進行角は、35°、

25°、15°、0°（水平）、-15°の5段階で設定、また、グレーダ装置は左右とも最大570mmの伸縮を把握できるものとした。（図-5）



図-5 除雪トラック試験機改良箇所

4.3 自動操作制御装置の改良

前年度までに試作した自動操作制御装置について、フロントプラウ及びグレーダ装置を自動化するための改良を行った。

基本的な制御方法はサイドシャッタの自動化と同様に、作業用地図データ上に設定した動作地点を目標として、作業装置に所定の動作を行わせるものとしている。また、除雪トラックの運転室に設置している自動操作制御装置のモニター表示についても改良を加え、フロントプラウ及びグレーダ装置の状態と動作状況をオペレータに知らせる内容を追加した。（図-6）



図-6 自動操作制御装置の表示画面例

4.4 構内での動作試験

改良した除雪トラック試験機及び自動操作制御装置が所定の動作となるかどうかを検証するため、降雪期前に除雪ステーション構内（新潟県南魚沼市塩沢地内）で動作試験を実施した。試験は、フロントプラウ及びグレーダ装置について、あらかじめ設定した角度や伸縮量となる動作が完了する位置を基準として、自動操作制御装置で動作させた時に、その基準位置とのずれを計測する方

法とした。作業（走行）速度を、25km/h、15km/hの2パターン設定し、それぞれの動作状況を確認した。除雪ステーション構内での試験結果は、それぞれ0.1m程度のずれが生じたが、概ね設定どおりに動作することを確認した。

4.5 現道上での動作試験

除雪ステーションでの構内試験に続き、降雪期における現道上での動作試験を実施した。現道上での試験は、一般国道17号及び一般国道49号に試験区間を設定し、動作確認を実施した。（写真-4）



写真-4 国道17号での現道試験の実施状況

動作試験の方法は、道路上にある目標物（交差点手前の停止線やデリニュータポールなど）と一致する位置までに、作業装置が所定の動作を完了させるよう設定し、その動作状況をドライブレコーダーに記録した画像から、設定どおりに動作しているかどうかを検証した。

目標とした動作完了位置に対し、概ね良好に動作することを確認できたが、積雪が無い時期に行った除雪ステーションでの構内試験では見られなかった目標地点とのずれが発生した。目標地点とのずれが生じた原因は、除雪トラックの走行（作業）速度の変化、作業装置の動力である油圧出力の変化によるものと推定された。油圧の変化はエンジンの回転数の変化に起因するもので、これらは除雪トラック特有の機構であり、作業装置の動作特性に応じた制御プログラムの改良を検討することとしている。

5. 除雪作業における課題への対応状況

フロントプラウ及びグレーダ装置についても、熟練オペレータが行っている作業装置の操作情報をGNSSにより取得した自車位置情報に基づき、道路上で再現できることが確認された。

自車位置に応じ作業装置の動作を制限することで、特に車体幅から突出するグレーダ装置の対向車線へのはみ

出し防止や、路側構造物への接触回避といった、安全性の向上につながり、除雪作業の新規入場者であっても一定レベルの安全作業が可能になると考えている。

6. 今後の計画

2020年度までに、フロントプラウの進行角可変動作、グレーダ装置の伸縮動作、サイドシャッタの開閉動作の自動化に取り組んできた。2021年度においては、フロントプラウ及びグレーダ装置の、路面の構造物（橋梁ジョイント、マンホール等）への接触を回避する上下動作や、トンネル、洞門、消融雪区間等、除雪の必要が無い区間で行われている、上下（一時格納）動作について自動化の検討を行う予定としている。また、上空遮蔽区間等のGNSS不感帯における、自車位置測位を補完する技術について検討を行い、作業装置自動化の取り組みを進めていく計画である。（図-7）

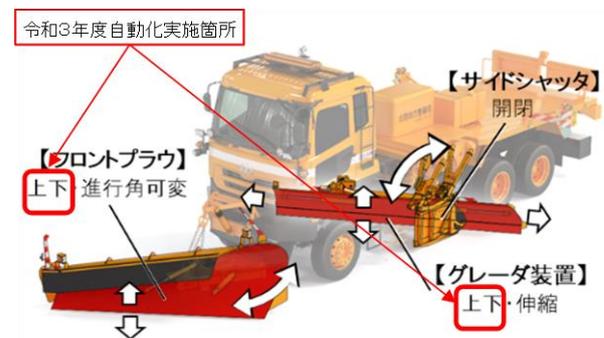


図-7 2021年度自動化検討箇所