

14. ICT 除雪機械の現場導入に向けた取組状況と今後の展望について

国土交通省大臣官房参事官（イノベーション）グループ施工企画室
国土交通省大臣官房参事官（イノベーション）グループ施工企画室

小池 喬
○ 細川 太暉

1. はじめに

近年、除雪機械の熟練オペレータの減少および担い手不足が深刻化している。

令和4年度に国土交通省の除雪作業を受注した会社に対して行ったアンケート調査の結果では、全国の除雪作業従事者の年齢構成は、20代以下が7%にとどまる一方で、50代以上が49%を占めており、高齢化の進行が顕著である（図-1）。また、従事者の経験年数に関しては、10年末満が45%を占めている（図-2）。この傾向は今後の除雪作業体制の維持に深刻な影響を及ぼすことが懸念される。



図-1 除雪作業従事者の年齢構成



図-2 除雪作業従事者の経験年数

さらに除雪機械の操作は、複数のレバーやジョイスティック等を用いて作業装置を制御する必要があるほか、作業中には周囲の安全を確認しながら操作を行わなければならず、熟練した高度な運転技術が求められる。

そのため国土交通省では、熟練オペレータの減少や担い手不足といった課題の解決に資する取り組みとして、熟練した技術や経験が無くても一定精度で除雪作業が行えるよう、作業装置を自動化した除雪機械（以下、「ICT 除雪機械」という）の開発を進めている。

2. 除雪機械の作業装置自動化の概要

現在開発中の作業装置を自動化するシステムは、高精度の3次元地図上（図-3）に作業装置の動きをあらかじめ記録し、除雪作業時にはGNSSから得られる高精度な位置情報を用いて、各作

業装置の動作を自動的に再現するものである。

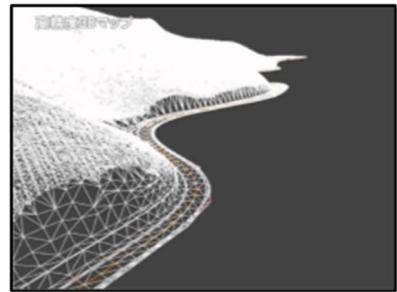


図-3 高精度3次元地図

自動化に対応する除雪機械本体には、油圧系統に電子制御可能なセンシングシリンダーや油圧バルブを採用している。さらに運転席にはタブレット型のガイダンス装置を設置し、オペレータは表示されるガイダンス画面上で、道路線形や作業装置の自動動作タイミングなどを確認することができる（図-4）。

これにより、作業装置を操作するオペレータの負担が軽減され、車両の運転や周囲の安全確認に注力できるようになる。また経験の浅いオペレータでも一定の精度で除雪作業が可能になることが期待される。

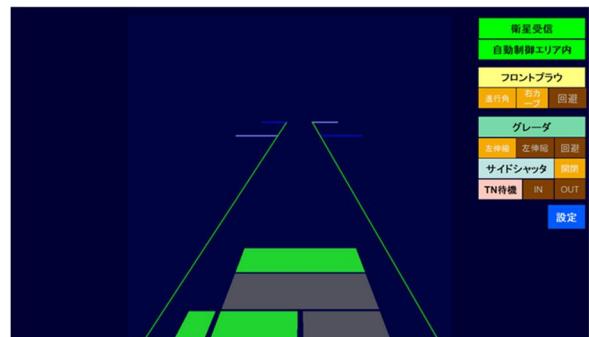


図-4 ガイダンスシステム（除雪トラック）

令和4年度から、北海道開発局、東北地方整備局、および北陸地方整備局にて、ICT 除雪機械を実現場に配備し、実証試験により課題の抽出と解決に取り組んでいる。次章では、各機械に適用されている自動化技術について紹介する。

3. 各機械における自動化技術

3.1 除雪トラック

除雪トラックの作業装置は、新雪などを除去する「フロントプラウ」、圧雪や凍結路面を整正する「グレーダ装置」、交差点など雪を堆積させることができない区間で一時的に雪を抱え込む「サイドシャッタ」で構成されており、これら作業装置を自動的に制御する技術開発を進めている。

フロントプラウについては、交差点等で雪を前方に送る進行角の制御動作や、マンホールや橋梁ジョイントなどの障害物を回避するための上下動作を自動化している。

グレーダ装置では、道路幅が広い区間等におけるブレードの伸縮量調整、および障害物回避のための上下動作を自動化している(図-5)。

サイドシャッタについては、交差点等における雪の残留を防ぐため、作業装置の開閉動作を自動化している。

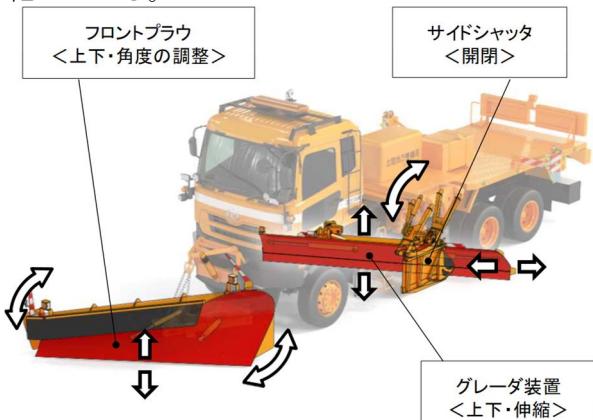


図-5 除雪トラックの作業装置自動化

また、上記の基本的な動作の自動化技術を応用し、現在は、郊外部において路外へ雪を排出する装置である「サイドワイング」についても、作業装置の自動化に着手している。具体的には、「昇降動作」「推進角動作」「チルト動作」を自動化している(図-6)。

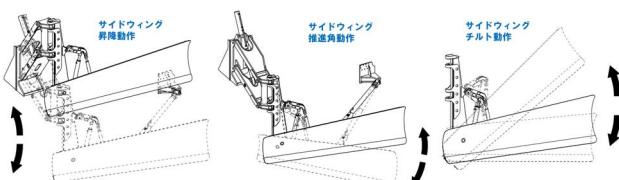


図-6 サイドワイングの自動化

3.2 除雪グレーダ

除雪グレーダの作業装置は、新雪除去や路面整正を行う「グレーダ装置（ブレード）」、交差点など雪を堆積させることができない区間で一時的に雪を抱え込む「シャッターブレード」、およびブレードの推進角を調整する「サークル」で構成され

ており、これら作業装置を自動的に制御する技術開発を進めている。

ブレードについては、マンホールや橋梁ジョイントなどの障害物を回避するための上下動作を自動化しており、シャッターブレードは交差点等における雪の残留を防ぐため、開閉動作を自動化している(図-7)。



図-7 除雪グレーダの作業装置自動化

また、実証試験の結果を受けて新たなニーズとして挙げられた、「バックアシスト制御」および「回送アシスト制御」の2つの自動制御を検討している。「バックアシスト制御」は、駐車帯除雪時の後退動作においてブレードを自動で上昇させ、前進時には自動で降下させる制御である。また、「回送アシスト制御」は、回送走行開始時にブレードの推進角を自動で調整し、車幅を最小限に抑えることで、通行性の向上を図るものである(図-8)。

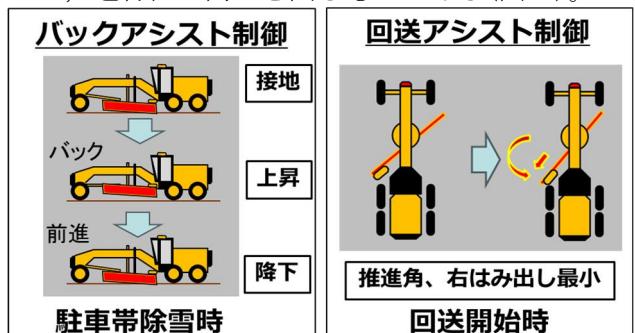


図-8 バックアシスト制御・回送アシスト制御

3.3 ロータリ除雪車

ロータリ除雪車の作業装置は、雪堤を崩して装置内に掻き込む「オーガ」、碎いた雪を投雪する「プロア」、および投雪方向を調整する「シュート」「シュートキャップ」で構成されており、これら作業装置を自動的に制御する技術開発を進めている。

これらの装置は、車両の位置情報に基づき、プロワ旋回、シュート旋回・伸縮、シュートキャップ開閉を自動制御することで、投雪位置の自動変更が可能となっている(図-9)。



図-9 ロータリ除雪車の作業装置自動化

また、雪堤頂部への的確な投雪を実現するため、3D-LiDARを用いて雪堤の高さを検知し、シートキャップの開閉を自動制御し、投雪角度を調整する機能も開発している（図-10）。

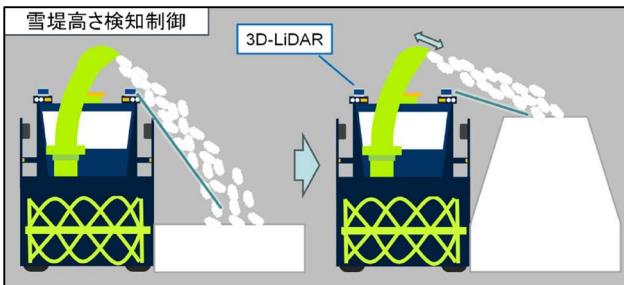


図-10 3D-LiDARによる投雪高さ制御

ロータリ除雪車では、これまで熟練オペレーターが手動で行ってきた複雑な操作を再現するため、「ならい制御」と呼ばれる制御方式を採用している。この方式は、実際のオペレータによる操作を各作業装置に設置されたセンサにより計測・記録し、自動制御用のデータを自動で作成、記録し、同様の動作を自動で再現するものである。

3.4 小形除雪車

小形除雪車はロータリ除雪車と同様に「オーガ」「プロア」「シート」「シートキャップ」で構成されており、これら作業装置を自動的に制御する技術開発を進めている。（図-11）。

これらの装置については、位置情報に基づいてオーガおよびシートを自動で動作させる機能のほか、オーガが歩道の不陸に自動的に追従できる機構を開発している。

さらに、オペレータがあらかじめ設定した投雪高さに応じて、シートキャップの開閉を自動制御し、投雪角度を調整する機能についても現在開発中である（図-12）。

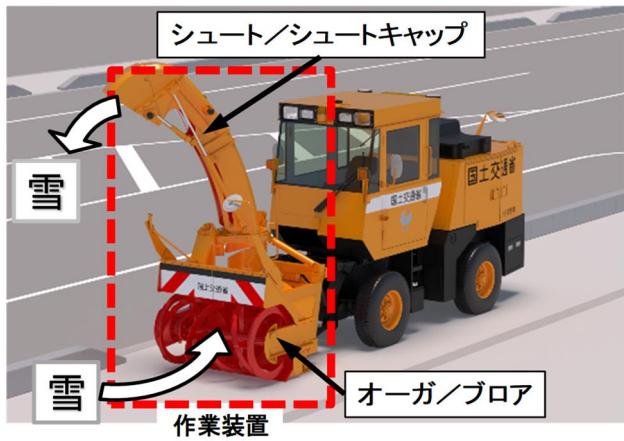


図-11 小形除雪車の作業装置

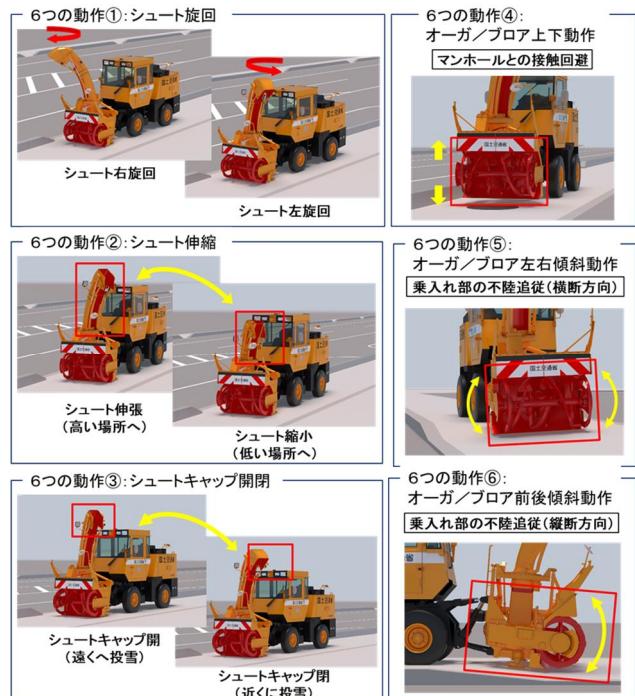


図-12 小形除雪車の作業装置自動化

3.5 不感地帯対策

ICT除雪機械の位置情報は、準天頂衛星「みちびき」により測位しているが、樹木、高架橋、トンネル等の遮蔽物の影響により、自車位置の把握が困難となる場合がある。

これに対処するため、ネットワーク型RTKによる補完的な測位機能を追加している。みちびきによる測位が不安定な間はRTKによる位置情報を暫定的に用いて自動制御を継続し、測位が安定次第、みちびきによる位置把握へと切り替えるものである。（図-13）

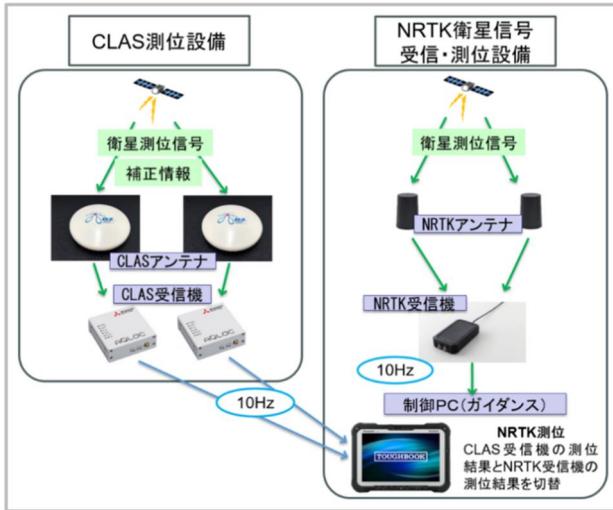


図-13 ネットワーク RTK の補正信号の受け方

4. 運用面の課題とその克服に向けた取り組み

これまでさまざまな条件下で ICT 除雪機械の実働配備を実施し、機械本体に関する技術的課題の抽出と解決に取り組んできた。現在は、さらなる配備拡大を見据え、運用面での課題に対しても検討を進めている。主要な課題とその克服に向けた現在の取り組みについて紹介する。

4.1 ICT 除雪機械へのイメージ

実働配備にあたり除雪作業従事者への説明を行った際、「除雪装置の自動化がどの程度効果を発揮するのか不明である」「機械構成が複雑で扱いづらそう」といった否定的な意見が寄せられた。今後の配備拡大に向けては、こうしたネガティブなイメージを払拭し、ICT 除雪機械について理解を深めていただくことが重要である。

そのため、ICT 除雪機械の特徴や実際に使用したオペレーターの感想を紹介する動画の作成や導入マニュアルの策定に取り組んでいる（図-14）。



図-14 ICT 除雪機械の紹介動画

4.2 メンテナンス体制

ICT 除雪機械は、作業装置の自動化に必要な機器類が追加されており、従来の除雪機械とは整備内容が異なることから、メンテナンスに対する懸念がある。ICT 除雪機械に不具合が発生した際、機械

本体と自動化システムのいずれかに原因があるのかを即座に特定することは困難であり、迅速な原因究明を可能とするメンテナンス体制が必要である。

そのため、不具合・故障発生時の対応手順、トラブルシューティングの手引きなど、メンテナンスに関するマニュアルの策定に取り組んでいる。

5. 今後の展望

除雪機械の熟練オペレータの減少や担い手不足が深刻化することが想定される中、冬期の除雪体制を維持するためには、ICT 除雪機械のさらなる配備拡大が必要となる。

その実現に向けては、多くの現場で円滑に運用されるよう、今後も現場から寄せられる意見を丁寧に収集・分析し、逐次課題の解決を図っていく。さらに、除雪作業従事者の理解促進を目的として、各種マニュアルの改良、ならびに説明会や実演会を通じた周知活動を継続的に実施する。

6. おわりに

将来的には、除雪機械の自動走行や AI を活用した作業装置の自動化の導入により、除雪作業の安全性および効率性が一層向上されることを期待する。国土交通省ではこうした将来像を見据え、今後も技術開発と現場実装の両面から取り組みを進めていく。

最後に、持続的かつ安定的な除雪体制を維持していくためには、除雪機械メーカーや除雪作業従事者をはじめとする多くの関係者の協力と連携が不可欠である。今後も、除雪業務の質的向上が図れるよう、引き続き技術と現場実情の調和を関係者で図っていきたい。

参考文献

- 1) 柿崎俊裕・遠藤天生：除雪機械作業装置の自動化に関する現状と今後の展望について、令和5年度 建設施工と建設機械シンポジウム発表論文
- 2) 新川剛・石道国弘：【i-Snow】除雪機械の作業装置自動化に向けた取組、第23回建設ロボットシンポジウム発表論文