

歩道除雪車の自動化に関する検討

福島 徹¹・前原 正之¹

¹北陸技術事務所（〒950-1101 新潟県新潟市西区山田2310番地5号）

除雪機械の操作に求められる熟練の技術を持つオペレータの不足に対応すべく開発した、歩道除雪車のICT技術活用による作業装置自動化について、令和4年度までの検討内容及び試験結果を報告する。

キーワード ICT，除雪機械，歩道除雪車，作業装置自動化（マシンコントロール）

1. 1 検討目的

北陸地方整備局管内における歩道除雪車は、オペレータが搭乗する除雪幅1.0m～1.5mの小形ロータリ除雪車が主力機械として用いられている。歩道除雪車による除雪作業は、家屋連担部の投雪禁止箇所等の作業の制約や、沿道の乗り入れ部、交差点部やマンホールなどによる路面の起伏、段差等の構造上の制約がある中、歩行者や一般車両に細心の注意を払いながら、除雪車の走行運転と複数の装置のレバー操作を同時に行うため、経験と熟練した技能が求められる。その上、通勤・通学時間前に作業を終わらせなければならないなど、時間の制約もあり負担が顕著に大きな作業となっている。

一方で、昨今は熟練技能を持つオペレータの高齢化による引退や新規入職者の減少により、技能の維持・継承が重要な課題となっている。また、近年のゲリラ的な集中豪雪発生の際は、他工区への応援のため土地勘のない、道路構造や周辺条件が不明な場所での作業まで求められている。

本検討はこのような様々な課題に対応するため、ICTを活用した歩道除雪車の自動制御技術の開発を行ったものである。

1. 2 検討概要

1. 2. 1 歩道除雪車の作業装置

本検討は令和2年度から令和4年度までの3ヶ年で実施したものであり、各年度における検討項目を表－1に示す。

歩道除雪車の作業装置は、オーガ、ブロー、シュート、シュートキャップとこれらを結合するフレームで構成されている（写真－1）。

表－1 各年度の検討項目

検討項目	R2	R3	R4
機器検討			
熟練オペレータによる作業の分析			
3次元地図データの作成			
試験装置試作・調査			
調査結果とりまとめ			



写真－1 歩道除雪車全景

歩道上の積雪は、オーガによって作業装置内部にかき込まれ、回転するブローの遠心力によりシュート及びシュートキャップを通して任意の箇所へ投雪される。

「投雪方向」「投雪距離」「路面の不陸追従」を複数の操作レバーによって制御する（写真－２）。



写真－２ 歩道除雪車作業装置操作レバー

歩道除雪作業では「シュート旋回」「シュート伸縮」「シュートキャップ開閉」の３つの操作が頻繁に行われ、これらの操作を自動化すれば、オペレータの負担軽減が期待できる。

１．２．２ 作業装置自動制御機構の概要

作業装置の自動制御機構は、精度の高い準天頂衛星システム「みちびき」のセンチメートル級測位サービスによる自車位置情報と、事前のMMSによる調査から得た構造物情報、さらに除雪作業用地図データに反映させたオペレータの運転操作情報とを照合し、歩道除雪車が作業装置を動作させる位置へ到達した際に、自動操作制御装置から除雪車本体の作業装置制御ユニット

へ制御信号を出力し、作業装置を動作させるものである（図－１）。

１．２．３ 自動制御プログラムの概要

「シュート旋回」「シュート伸縮」「シュートキャップ開閉」の３動作におけるオペレータの手動運転操作情報を、自車位置情報とともにリアルタイムに記録し、そのまま再現する制御（以下、「ならい制御」と呼ぶ）を構築した。

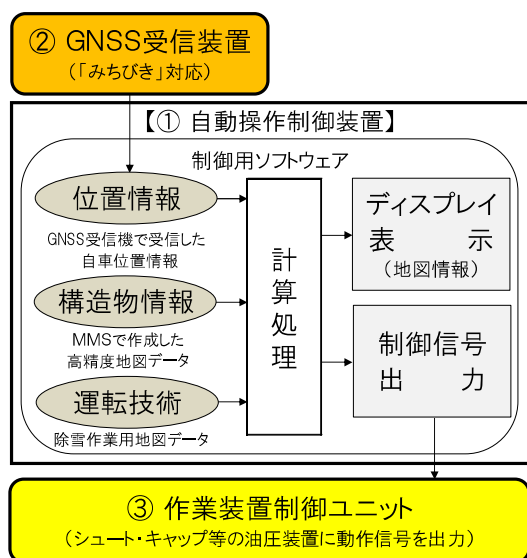
また、令和４年度には、投雪したい線上の座標へ投雪する事が出来る制御（以下、「ライン制御」と呼ぶ）を追加した。

これらの２つの自動制御プログラムにより、オペレータの負担軽減を図るものである。

１．２．４ 作業装置不陸追従機能の検討

歩道除雪車特有の課題である「路面起伏部の残雪」への対応として、作業装置の不陸追従機能について検討した。歩道路面の不陸は主にマウンドアップ構造区間における交差点部や民地への乗り入れ部に存在し、段差への接触回避や勾配が変化する路面に対応した作業装置の操作が必要である。

今回、作業装置の不陸追従機能として、平成１６、１７年度の「歩道除雪機械の安全性向上に関する検討」で調査開発を行った作業装置のフローティング機能及び段差・斜路等とオーガとの接触を回避するためのガード装置（以下、「補助そり」と呼ぶ）を転用した。開発当時は、１．０ｍ級の歩道用ロータリ除雪車を対象に開発したものであるが、今回は試験機として使用している１．３ｍ級の歩道用ロータリ除雪車への適用と、更なる改良を実施している（図－２）。



図－１ 制御ユニットイメージ

改良補助そり(赤囲):不陸追従させるときは下げて路面に接触させておき、チップバック操作(エッジ部による残雪処理)する場合は補助そりを上げてエッジが路面に着くようにする

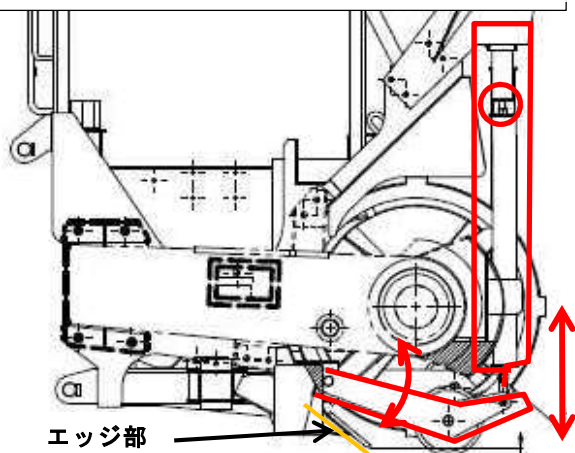


図-2 補助そり構造図

1. 3 現場実証試験

1. 3. 1 構内試験

プログラムが設定どおり動作することを確認するため構内試験を実施した。構内試験は長岡国道事務所塩沢除雪ステーション(新潟県魚沼市関地先)構内に試験走路を設けて行った。

ならい制御の動作試験は、試験機を走行させ、オペレータの手動による運転操作情報を自車位置情報とともに記録した後で、その記録どおりに作業装置が自動で動作するかどうかを検証した。試験走路に設置したカラーコーンを目印にし、手動操作時と自動制御時の動作状況を目視(映像)により比較した。比較では、手動操作時と自動制御時に大きな誤差は見られず、良好に動作していることを確認した。

ライン制御の動作試験は、シュートキャップにレーザーポインターを設置して、投雪先(照射点)を確認した。シュート旋回角は30度と90度の2通りとし、投雪先は車体中心と横方向との距離をトータルステーションで計測した。旋回角30度の場合は手動操作時と自動操作時とで大きな差はなく、計算上の数値にも近い結果となった。車体の走行ラインの変更や車体が左右に傾斜した場合においても、設定したラインの座

標に対し、許容値とした $\pm 0.2\text{m}$ 以内で追従していることが確認された(図-3)。

ならい制御



ライン制御

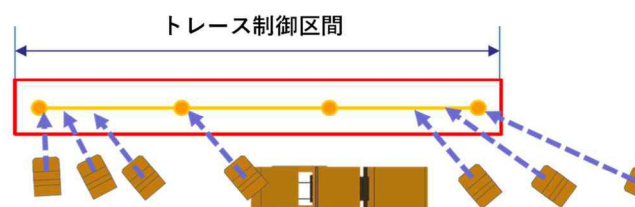


図-3 構内試験時の試験走路

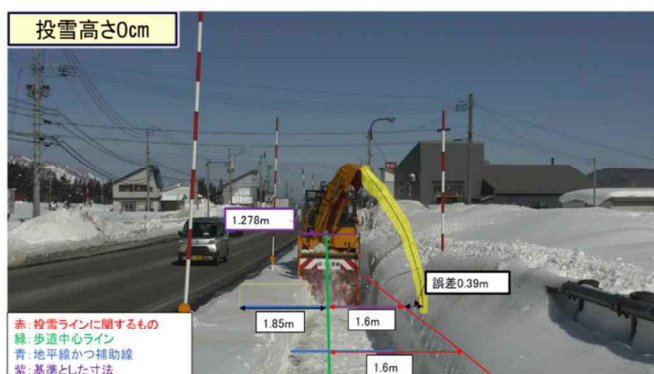
1. 3. 2 現道試験(自動制御機構)

構内試験において、作業装置が自動制御により良好に作動することが確認できたことから、高田河川国道事務所管内の妙高除雪工区内(新潟県妙高市関山地先)において、現道上で動作試験を実施した。現道試験は、降雪期前の無負荷試験(投雪無し)と、降雪時の負荷試験(投雪あり)をそれぞれ実施した。

現道試験は主にライン制御について行った。

「車体進行方向の左右のズレ」「マウンドアップ歩道の車両乗入部や残雪による不陸部分を走行する際の作業装置の左右の傾き」などによる横断方向の車体姿勢変化に対して、ライン制御が十分機能しているか、誤差と再現性について検証した。

投雪ラインの位置に対する横方向の誤差の平均は 0.5m 以下、 $0.25\text{m}\sim 0.43\text{m}$ であり、本制御の有効性が確認出来た(図-4)。



図一 4 ライン制御での投雪状況

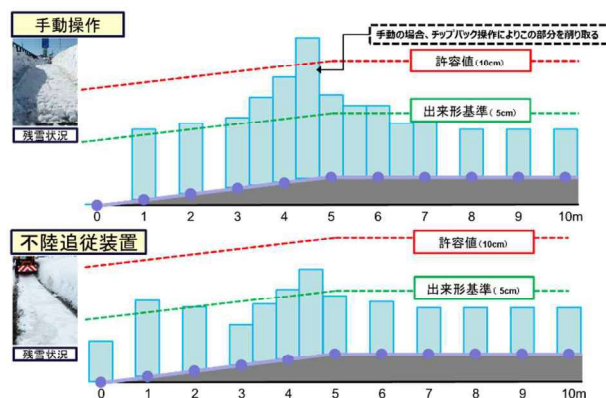
1. 3. 3 現道試験（不陸追従機能）

作業装置の不陸追従機能として開発した補助そりの適応性を確認するため、歩道除雪作業後の残雪量を計測した。北陸地方整備局には歩道除雪における出来形管理基準がないため、「通学児童等の歩行に支障がない程度であれば許容可能」と考え、新潟県の歩道除雪の出来形管理基準「除雪後の残雪深は 5 cm 以下を標準とし、除雪工法からやむ得ない場合は 10 cm 以下とする」に準拠することとした。

試験の結果、一般的なオペレータによる手動操作では最大 12cm の残雪高さがあったが、不陸追従機能を使用した場合の残雪高さは最大 6.5cm となり、許容値 10 cm 以下に抑えられることを確認した。（図一 5）

過年度に制作した補助そりでは、「チップバック操作」（作業装置を前傾させてエッジ部で残雪を削り取る操作）が機能出来なくなっていたが、今年度は補助そりを改良して出来るようにした。

しかし、今回の現道試験では、このチップバック操作をすることなく出来形管理基準値に近い残雪量で作業ができた。



図一 5 不陸追従機能による残雪高さ

1. 4 まとめ

位置情報に基づく制御（ならい制御、ライン制御）が歩道除雪車の作業装置自動制御に有用であると判断できた。また、併せて実証試験を実施した「不陸追従機能（補助そり）」についても、手動操作よりも残雪が少なく、出来形管理基準を満たす結果を得た。以上より歩道除雪車の自動化について基礎的な構成は、この成果内容をもって問題がないと言える。

また、今後の課題としては今回の試験で得られたような良好な結果を得るための条件を詳細に調べ、自動化除雪機械が活用できる条件を整理する必要があると考える。

1. 5 今後について

歩道除雪車の作業装置自動化について「シュートの旋回」「シュート伸縮」「シュートキャップ開閉」操作を“ならい制御”および“ライン制御”で行い、「不陸追従」を“補助そり”の機構で行うことで、作業装置の自動化が実現可能であることが分かった。

今後はこの構成で自動化した歩道除雪車の施工可能速度や投雪可能距離など、詳細な施工可能条件を調査し、様々な条件がある実作業現場での運用方法等について検討を深めることで、歩道除雪車の作業装置自動化をさらに進めていく。