

歩道除雪車の作業ガイダンス装置の開発

長谷川 崇*1 前田 光昭*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）の直轄国道管理区間14路線、合計約1,079km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。

除雪作業の現場において近年、除雪オペレータの高齢化が進んでおり、熟練除雪オペレータの引退に伴う担い手の確保が重要な課題となっている。一方で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合わせた作業装置の操作が必要であり、その技能の習熟には相当の期間を要する。

このような背景のもと北陸地方整備局では、今後さらに深刻化が予想される熟練除雪オペレータ不足への対応と作業の安全性向上を目的に、ICT（情報通信技術）を活用し、除雪作業をアシストするガイダンス装置の開発検討に取り組んでいる。これまでに「凍結防止剤散布車」及び「ロータリ除雪車」のガイダンス装置を開発し、順次現場への導入を進めてきた。本報告では歩道除雪車の作業ガイダンス装置の開発を行ったので報告する。



写真1 歩道除雪作業の課題



写真2 歩道除雪作業状況

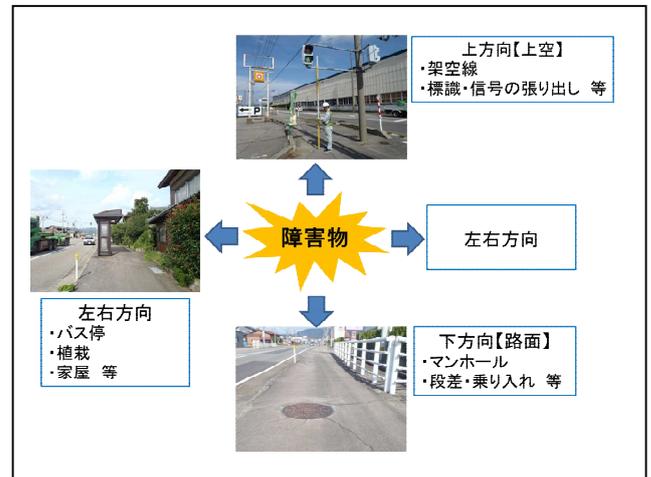


図1 障害物の実態

2. 歩道除雪車の作業実態とガイダンスの必要性

歩道除雪作業の際には、オペレータに対し安全教育を行うとともに工区内の地形、障害となる構造物、危険箇所について常に注意を払う必要がある。特に歩道は段差、乗り入れ、マンホール、道路標識、植樹等の除雪作業に支障となる障害物が多く、経験の浅いボランティアサポート（VSP）が歩道除雪作業に携わることもあり、雪で覆われた障害物などを知らせるといった、オペレータをアシストすることが求められている（写真2、図1）。このような状況から、歩道除雪車の作業ガイダンス装置の開発を行ったものである。

3. ガイダンス装置の検討

3. 1 ガイダンス内容検討

北陸地方整備局管内の歩道除雪作業における代表的な工区に作業実態のヒアリングを実施し、併せて障害物の現地確認を行い、危険作業の実態、希望するガイダンス要望等を整理した。その結果から、「障害物」と「投雪禁止区間」のガイダンス機能を実装することとした。

「障害物」のガイダンスは、オペレータに対して障害物への接近を警告する機能で、警告の際に当該障害物の種類、方向（進行方向の左右、路面又は上空）、障害物までの距離も併せて表示・警告することとした。

「投雪禁止区間」のガイダンスは、オペレータに対して投雪禁止区間への接近を警告するもので、投雪禁止区間の開始及び終了と禁止理由を通知することとした。

3. 2 ガイダンスデータ登録方法の検討

ガイダンスに必要な、障害物と投雪禁止区間の位置（座標）データを容易に作成できることをコンセプトとして、ガイダンス装置（車載端末）にデータ登録及び編集機能を実装した。降雪期前に作業箇所を走行し、オペレータが障害物や投雪禁止区間等を登録できる。

3. 3 ガイダンス装置の機器構成

歩道除雪作業ガイダンス装置の調達・保守を容易とするために市販製品の組み合わせで構成することとし、必要な性能を有する製品の市場調査を実施した。

①ガイダンス装置（本体・表示）

視認性、歩道除雪車の運転室内の設置スペース・環境及び、開発・調達の容易性を考慮し、7～10インチサイズの市販タブレットPC（防塵・防滴仕様）をガイダンス装置本体兼表示装置として選定した。

②測位方式

測位方式は、歩道除雪車で作業速度を想定したうえで精度と機器価格、運用経費を勘案し選定した。GNSS単独測位方式では除雪作業を行うには誤差が大きすぎることから、±1m程度の誤差に収まるD-GPS方式を選定し、ガイダンス装置として現場での実用上支障がないか確認を行った（図2、表1）。

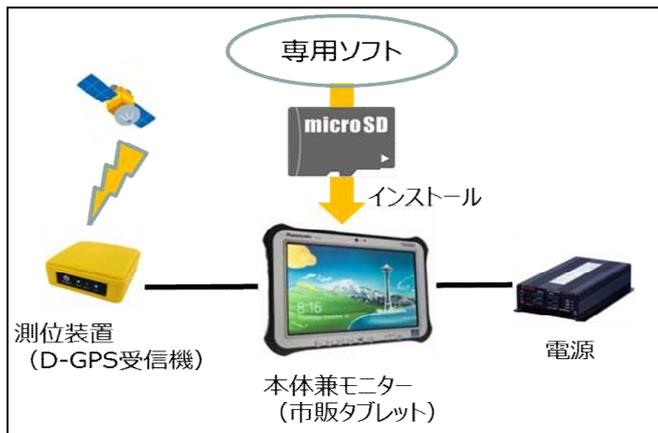


図2 ガイダンス装置機器構成

表1 測位方式の比較

測位方式	概要	精度	機器価格	備考
GNSS (単独測位)	GPS (アメリカ)、GLONASS (ロシア) 等、衛星を用いた測位システムの総称	3m～十数m	5千円～5万円	測位精度の誤差が大きすぎる
D-GPS (ディファレンシャルGPS)	衛星信号、FM波、ビーコン等から補正情報を得て測位を行う。 ※今回は衛星信号で検討	30cm～1m	10万円～70万円	
RTK-GNSS (VRS方式)	インターネット経由で補正情報を受信して測位を行う。現場の基準局の設置が不要。	1～2cm	100万円～	補正情報利用料・通信費 25万円/1シーズン

4. ガイダンス用ソフトウェア

ソフトウェアは開発・改良が容易なようにWindows10で動作するものとし、デモソフトを使用してオペレータへヒアリングを行い、出された意見を仕様で反映させ、現場において使い勝手がよいものとなるよう配慮した。

4. 1 ガイダンス機能

事前に登録されたデータをもとに、ガイダンス装置の画面に周辺地図及び、障害物と投雪禁止区間の位置・方向・種類・距離を表示し、障害物と投雪禁止区間に接近すると画面表示と音でオペレータへ注意喚起を促す機能を検討した（図3）。

周辺地図は、一般公開されている電子国土地図データを表示させることとし、専用のソフトにより簡単な操作で取り込みが可能なものとした。障害物警告は、除雪車が設定された距離内に接近すると、画面表示と警告音でオペレータへ注意を促す（図4）。

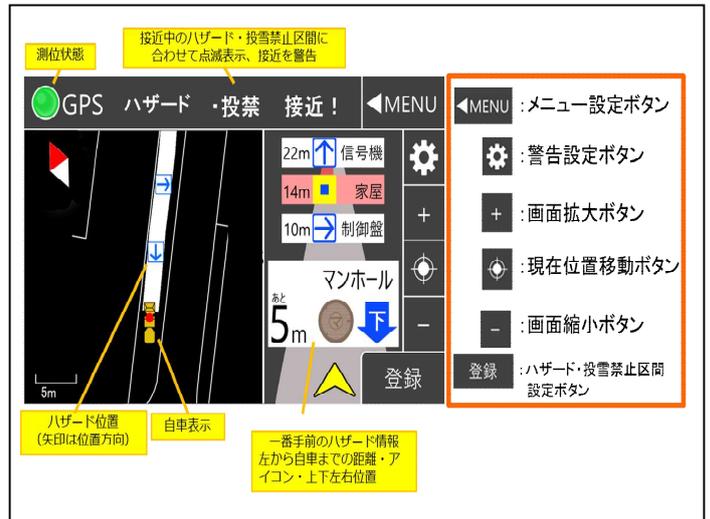


図3 ガイダンス表示の画面

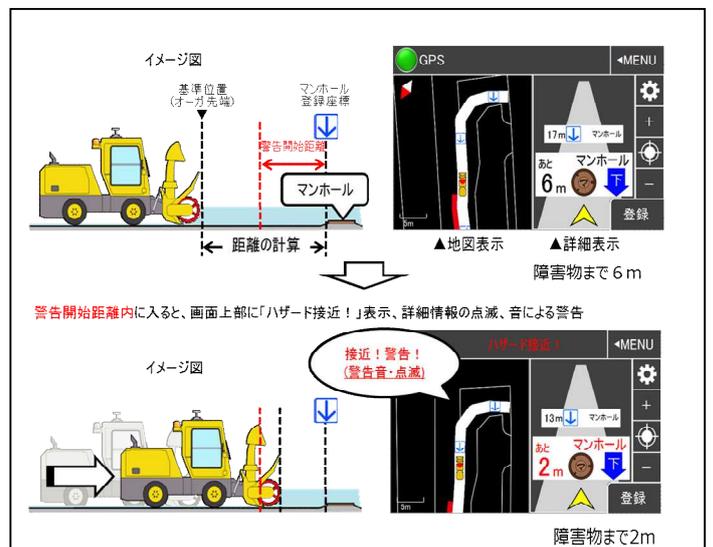


図4 障害物のガイダンス内容

投雪禁止区間警告は、設定された距離内に接近すると警告を行い、投雪禁止区間は画面上の走行軌跡（白線）に沿って赤いラインで表示されるようにした。また、投雪禁止区間の手前では区間までの距離と禁止理由などを、投雪禁止区間内に入ると終点までの距離をオペレータへ提供することとした（図5）。

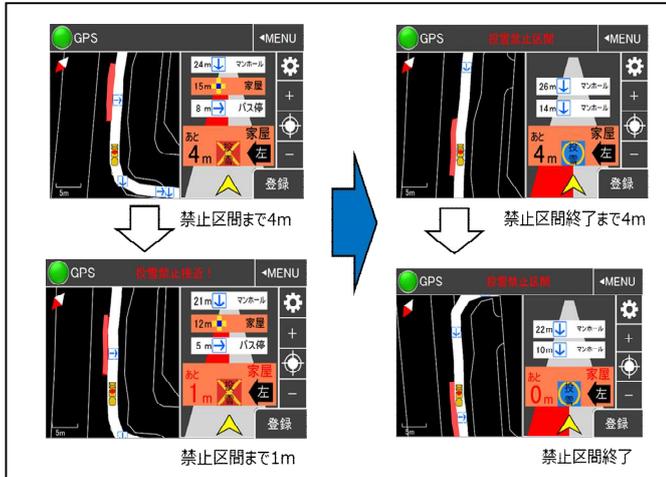


図5 投雪禁止区間警告

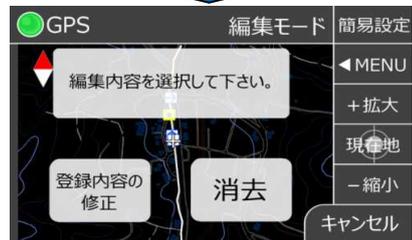
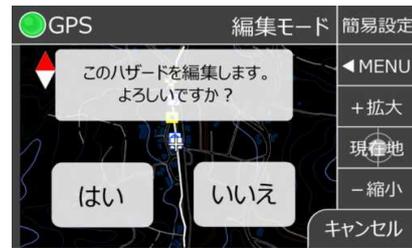


図7 データ編集機能の画面

4. 2 ハザード登録機能

ハザード（障害物や投雪禁止区間）を登録できる機能である（図6）。

登録したい位置で除雪車を停車し、所定のボタンを押すだけでその座標が登録され、その後にハザードの種類、存在方向について選択式で入力する方式とした。これにより現地測量作業を必要とせず、簡単に障害物を登録することが可能となった。

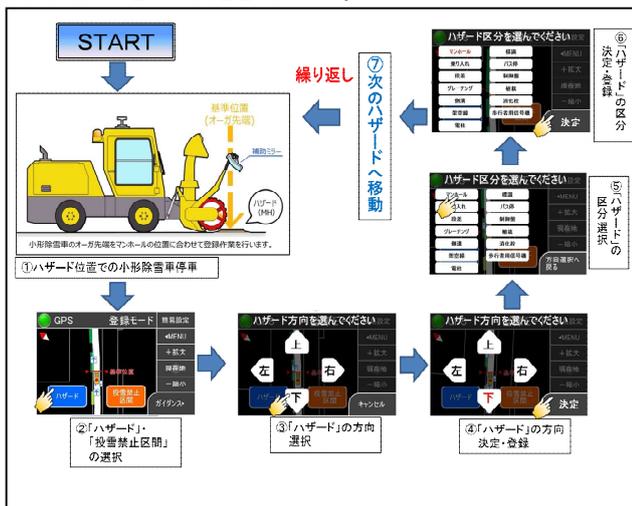


図6 ハザード登録機能の画面

4. 3 データ編集機能

データ編集機能は、登録された障害物と投雪禁止区間の編集を行う機能である。データの編集は障害物の方向と種類の修正・消去を可能とした（図7）。

5. 現地適応性検証

開発した作業ガイダンス試作装置を、長岡国道事務所の宮本工区（新潟県長岡市）に配備されている歩道除雪車1台に取付け、国道8号の歩道除雪作業区間において検証試験を実施した（写真3）。

実施場所：長岡国道事務所 宮本工区(新潟県長岡市)

国道8号歩道部 (L=6.7km 67.4~74.0kp)

試験車両：歩道除雪車1.0m級

試作装置の主な仕様：

①ガイダンス装置本体

タブレットPC (7インチ, Windows10)

防水防塵性能 IP65

②GNSS受信機

測位方式 DGPS



写真3 取り付け状況

5. 1 ハザード登録機能の検証

ガイダンス装置を取り付けた歩道除雪車を使用し、降雪期前に実際の除雪作業路線を走行しながら、作業障害物、投雪禁止区間等のハザードを登録し、操作性について検証を行った（写真4）。なお、運転及び登録操作は当該工区を担当するオペレータに依頼した。

実施日時：平成28年12月13日

計測・登録データ

計測延長 6,320m（上下線累計）

障害物登録数 116箇所

投雪禁止区間 20箇所

所要時間 4時間

表2 歩道除雪車作業ガイダンス装置検証結果

検証項目	結果
測位の安定性	・本体起動時間は30秒～1分程度、起動後は安定して測位できた。 ・障害物(立木、家屋)等の陰では一時的に測位不能となるが、ソフトで異常値を排除し、座標を平準化する補正処理を行っているため問題なし。
機器の耐久性	1シーズン延10時間の使用で不具合はなく、使用できることを確認した(長期耐久性については今後引き続き検証する必要がある)。
視認性・操作性	・画面は見やすく、分かりやすい。操作も簡単との評価を受けた。 ・警告音は聞き取り難い場合があるため改良を検討する必要がある。 ・装置の取り付け場所は運転室内が狭いため、オペレータの要望により調整予定。
装置の効果	今回はベテランオペレータのため作業速度、障害物との接触回避に変化はみられなかったが、若手の育成には効果的という意見を得た。

データ登録は、登録箇所が多い区間で1時間当たり約1km、少ない区間で1時間当たり約3kmの登録ができた。オペレータが慣れてくると、停止→登録→発進が1回当たり10秒程度となり作業性は良好だった。



写真4 障害物・投雪禁止区間登録状況

5. 2 ガイダンス機能の検証

実際の歩道除雪作業でガイダンス装置を使用し、使い勝手(有効性、操作性、視認性、測位の安定性)及び耐久性の検証を行った(写真5)。

検証期間：平成29年1月10日～2月20日

期間中の実稼働：10時間、出動回数3回

検証はオペレータへの聞き取りと、装置のログ解析により実施した。検証期間中の測位の安定性、視認性、操作性は良好で作業ガイダンス装置の効果が確認できた(表2)。

6. 今後の課題

試作装置を取り付けた歩道除雪車の平成28年における出動回数は3回、延べ稼働時間は10時間と短かった。実作業での長期耐久性検証及び、オペレータから意見のあった警告音や取り付け位置の最適化について、今後引き続きフォローアップを行っていく予定である。

また、今回開発した歩道除雪車のガイダンス技術をもとに、既開発の凍結防止剤散布車、ロータリ除雪車の作業ガイダンス装置改良検討及び、一次除雪機械の作業ガイダンス装置の開発検討に着手している。



写真5 歩道除雪作業状況

7. おわりに

今回開発したガイダンス装置を使用することで、経験の浅いオペレータはもとより熟練オペレータにおいても、大雪や吹雪など視界の悪い状況でも障害物と投雪禁止区間の把握が可能となり、除雪作業の効率性及び安全性向上に寄与するものと期待される。

なお、「みちびき(準天頂衛星システム)」が2018年までに4機体制となり、GPS衛星と併せて常時8機の衛星を利用でき、安定した高精度測位が可能となる。今後は、測位精度の向上、作業装置の高度化など更なる発展を目指していく。