

除雪車オペレータ支援システムの開発

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○木村 崇
山崎 貴志
村田 晴彦

近年、除雪車オペレータの担い手不足、高齢化が進んでいる。また除雪車の運用については従来のオペレータと助手の2人体制から、助手のサポートなしにオペレータのみで除雪を行うワンマン運用が求められており、オペレータの負担軽減対策が喫緊の課題となっている。このことを踏まえ、除雪施工中のオペレータを遠隔からリアルタイムに支援する「除雪車オペレータ支援システム」の開発及び評価試験を行ったので報告する。

キーワード：除雪車、オペレータ、支援、持続可能な除雪体制

1. はじめに

現在、除雪車は基本的にオペレータと助手の2人乗り体制で運用されている。しかし労働者人口の減少に伴い除雪車のワンマン化が求められてきている。今後、さらに熟練オペレータの高齢化・引退により、非熟練オペレータのワンマン運用が増加すると想定される。2人体制における助手の主な役目は周囲の安全確認であるが、それに加えて非熟練オペレータが助手として搭乗することで除雪施工の方法を学習することもできる。一方、ワンマン運用ではそれができずオペレータ育成上の課題にもなっている。

これらの課題解決のため、除雪車オペレータの負担軽減・育成を目的にオペレータを遠隔からサポートする「除雪車オペレータ支援システム」(以下、「システム」という。)を開発し評価試験を行った。

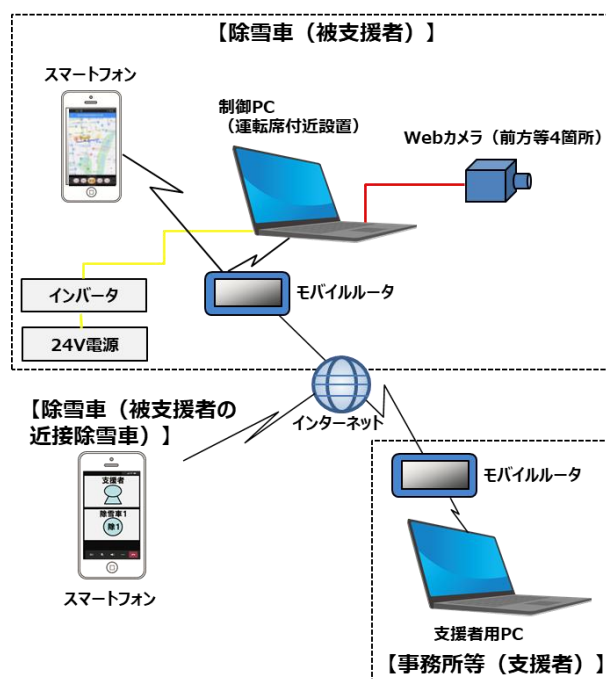


図-1 システム構成図

2. システム開発

本システムは除雪車オペレータを遠隔の事務所等にいる支援者がリアルタイムに支援するものである。システムのユーザは除雪工事受注者を想定しており、除雪施工の際にシステムを使用することで、支援者はオペレータへ操作の基本的な注意点や各施工箇所で注意すべき点を遠隔からアドバイスすることが可能となり、またオペレータにとってはすぐに相談できる支援者が常にオンラインで繋がっていることで安心感が生まれるため、1人乗りオペレータの心理的負担の軽減を図ることができると考えている。

システムの設計からプロトタイプ開発までは過年度の木村らの研究成果¹⁾のとおりで、図-1にシステム構成図、表-1にシステム構成機器、表-2にシステムの主な機能概

要を示す。

本システムは、除雪車（被支援者）に設置したWebカメラ等各種デバイスのデータを別途車内に設置した制御PCにて取得し、事務所等（支援者）から支援者用PCを用いて除雪車（被支援者）内の制御PCへリモートアクセスすることで、除雪車（被支援者）の状況をリアルタイムに取得する機能を有している。構成機器に共有サーバを使用していないため、設置・設定が容易であり、サーバ費用・サーバメンテナンス作業は発生しない。通信には携帯電話回線網を利用する。除雪車オペレータと支援者の通話にはWeb会議用ソフトを活用する。この通話には、除雪車（被支援者）と近接して作業している他の除雪車オペレータもスマートフォンを用いて参加するこ

とができる。除雪車（被支援者）内の制御PCには取得した各種データを保存する機能を備えており、保存されたデータはオペレータの作業技術及び安全運転技術向上の教材等として利用することができる。また、本システムでは過去に開発済みの除雪車オペレータ用道路付属物位置情報提供アプリ²⁾を活用しており、道路付属物の位置・接近情報をオペレータへ提供することができる。

本システムは一次除雪（新雪除雪、路面整正、交差点処理等）作業を行う機種での使用を想定しているが、他の機種・作業での使用も視野に入れ、様々なニーズに対応可能な拡張性を有するよう、特殊な専用機器は使用せず一般に流通している機器のみで構成しており、ユーザによって機器の変更や支援対象の数を増やすなど使用する機能をカスタマイズすることが可能である。

図-2に開発したシステムのうち支援者用PCの映像表示画面を示す。画面左上に現在日時、右上に除雪車機械番号及び除雪車種類を表示し、本画面がどの除雪車の情報であるかを明示している。画面中央左側にはメイン情報であるWebカメラの映像を表示している。

システムはオペレータが車両のエンジンキーをONに

した際に自動で起動する。オペレータは画面操作をする必要がなく、操作は事務所等にいる支援者がリモートアクセスにより実施する。

表-1 システム構成機器

名称	規格・仕様	数量※
制御PC	OS：Windows11 pro CPU：intel corei7 以上 メモリ：32GB 以上 ストレージ：SSD512GB 以上 USBポート：3口程度 SDカードスロット：1口	1台
インバータ	DC24V→AC100V 変換 定格出力：150W 以上	1台
Webカメラ	画素数：100万画素 以上	4台
ネックスピーカ	Bluetooth接続 マイク付き	1台
スマートフォン	Android バージョン11 以上 内部ストレージ128GB 以上	2台
モバイルルータ	5G 対応 通信容量無制限	2台
支援者用PC	OS：Windows11 pro CPU：intel corei5 以上 メモリ：8GB 以上	1台
SDカード	256GB 程度	1枚

※数量は除雪車(被支援者)1台、除雪車(被支援者の近接除雪車)1台、事務所等(支援者)1箇所とした場合の数量

表-2 システムの主な機能概要

機能	取扱情報	概要	実装先
情報収集機能	映像情報(前方・後方・側方道路状況、オペレータ操作状況等)	Webカメラにより撮影された映像をUSBケーブル経由で制御PCにて収集する。Webカメラは任意の場所に最大4箇所まで設置できる。	除雪車 (被支援者)
情報表示機能	道路付属物位置・接近情報	スマートフォン標準搭載のGNSSから収集された緯度経度情報をもとに自車位置を表示するとともに、予め登録された道路付属物に接近した際、設定された警告条件に基づき警告情報を表示する。	
映像録画機能	映像情報	Webカメラにより撮影された映像を録画し、映像ファイルとして制御PC内の特定フォルダに保存する。	
リモートデスクトップ接続機能		支援者用PCと制御PC及びスマートフォンをインターネット経由で接続し、支援者用PCから制御PC及びスマートフォンの操作を行う。	事務所等 (支援者)
コミュニケーション機能	映像・音声情報	オペレータと支援者が映像・音声をリアルタイムで相互通信する。	
支援者チェック機能		支援者が注意や気づきを行った時に時刻、場所を記録する。	
記録情報登録検索表示機能	制御PCから抽出可能な情報	○作業日等の情報を登録するとともに、収集した緯度経度情報・映像情報との紐づけを行う。 ○登録結果に基づき検索を行い、緯度経度情報・映像情報を抽出する。 ○抽出した情報の再生を行う。	



図-2 支援者用PCの映像表示画面(画像はイメージ)

3. システム評価試験

(1) 試験車両による動作確認

開発したシステムについて、寒地土木研究所構内で試験車両を用いてシステム動作確認を実施した。試験車両（被支援者）の状況を図-3、事務室（支援者）の状況を図-4に示す。

確認方法は、試験車両に制御PC・モバイルルータ・Webカメラ・スマートフォン・ネックスピーカを搭載し、事務室に支援者用PCを設置したうえで、試験車両が時速10km程度で構内を1時間程度走行し、試験車両の制御PCに事務室の支援者用PCからリモートアクセスしてシステム各機能の動作・映像及びオペレータとの通話状況の確認を行った。

結果、動作や映像に特段の遅延はなく、オペレータと支援者の通話もスムーズに行えることが確認できた。



図-3 試験車両(被支援者)



図-4 事務室(支援者)

(2) 除雪機械による試験

札幌近郊の国道除雪で使用している除雪トラック1台及び除雪グレーダ1台にシステムを設置し、除雪基地構内でシステムの試験を実施した。除雪トラック（被支援者）の状況を図-5、除雪グレーダ（被支援者）の状況を図-6、支援場所（支援者）の状況を図-7に示す。



図-5 除雪トラック(被支援者)



図-6 除雪グレーダ(被支援者)



図-7 支援場所(支援者)

システム各機能の動作は前述の試験車両による動作確認で確認済みのため、除雪機械では、運転室内の限られたスペースの中で各機器の設置と配線が問題なく行えるか、大きなエンジン音の中で支援者とオペレータの通話がスムーズに行えるかを試験することとした。運転室内のWebカメラ台数は、設置・配線場所の確認が必要と考えられた前方、側方、オペレータ操作状況の3台とした。

結果、各機器の設置と配線については、制御PCの設置場所として除雪トラックは図-8のとおりキャビン内後部の空きスペースを活用、除雪グレーダは図-9のとおり運転席左横の荷物置き台を活用することで問題なく、またキャビン内側ガラス面等へのWebカメラ等デバイスの設置・配線についてもオペレータの支障にならないことが確認できた。大きなエンジン音がある中での通話については、ネックスピーカを用いることで、除雪トラック及び除雪グレーダの運転席の2名（被支援者）と支援場所の1名（支援者）による3者通話が問題なく実施できることが確認できた。



図-8 除雪トラック 制御PC設置場所



図-9 除雪グレーダ 制御PC設置場所

4. まとめ

除雪車オペレータの負担軽減を目的にオペレータを遠隔からサポートするシステムの開発を行い、試験車両による動作確認及び除雪機械（除雪トラック及び除雪グレーダ）による試験を行った。

試験の結果、システムの各種動作、各機器の設置・配線、大きなエンジン音がある中での通話について、問題ないことが確認できた。

今後はシステムを実際に道路除雪施工時のオペレータ支援に使用し、有効性や課題の把握を行う予定である。

参考文献

- 1) 木村、山崎、山田：除雪車オペレータ支援システムの設計・開発、第68回北海道開発技術研究発表会論文、2025年2月。
- 2) 山田：除雪車オペレータ用道路付属物位置情報提供アプリの開発、寒地土木研究所月報, No. 854, pp. 17-21、2024年3月。