

除雪車オペレータ支援システムの設計・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
山田 充

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。また将来的な労働者人口の減少が予想され、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に向けての支援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」を設計し、プロトタイプの開発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二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今後、除雪車のワンマン化が求められる。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。二人乗り運用では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たが、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。)を設計・開発した。

2. システムの設計

(1) 概要仕様について

システムの概要仕様は、除雪関係者へのヒアリング調査及び市場調査の結果を踏まえた過年度の山田らの研究成果¹⁾により、下記のとおり策定した。

- ・システムは、ワンマンオペレータや習熟度の低いオペレータを遠隔地、または車両間で通信しサポートすることを目的とする。
 - ・除雪車から位置情報、オペレータの心拍等の生体情報、動画等の情報をリアルタイムに取得し、除雪基地等でモニタリングできること。
 - ・新しい通信規格、情報機器、開発したソフトウェアを追加し機能を拡張できること。
 - ・取得した各データを蓄積できること。データはオペレータの技術向上のための教材等として活用できること。
- これら概要仕様を基に設計を行うこととし、以下に示

す選択性、拡張性、柔軟性、機器選定の4つの視点に留意した。

- ・選択性：様々な除雪工区事情に対応できるように、一律にすべての機能をセットするのではなく、必要なメニューを選択できるようにする。
- ・拡張性：後発して開発された機能を追加しやすいシステムとする。
- ・柔軟性：新しい機材、通信インフラ、アプリ等を導入しやすいシステムとする。
- ・機器選定：除雪車操作室は狭隘かつ機器搭載スペースが限定されているため、操作室設置型の機器選定にあたっては、取付容易性・コンパクト性・耐震性・耐寒性を十分考慮する。除雪工事受注者が調達・利用することを想定し、安価で汎用性のある機器を活用する。

(2) 取得情報選定・データ収集分析手法における考え方

除雪車オペレータの作業技術及び安全運転技術进行分析し、分析結果を除雪施工中のオペレータへの支援としてフィードバックするために、どのような情報を把握すべきかの整理を行った。考え方として、オペレータが「どのような位置・状況で」「どのような確認・操作をしているか」を踏まえたうえで取得すべき情報データについて以下の観点を考慮し選定を行った。

- ・抽出目的(作業技術分析用又は安全運転技術分析用)
- ・機器、センサー等設置箇所
- ・機器操作の簡易性
- ・快適性
- ・必要機器等の市場流通性
- ・費用(初期費用及び運用費用)

次に、データを収集・分析する手法について整理した。複数データの一元的な収集・表示、収集情報の分析を行うためには、共有サーバを設置し全データを管理するのが一般的であるが、サーバの設置にはメリットとデメリ

ットがある。表-1にサーバ設置のメリット・デメリットを示す。サーバ設置は情報を一元的に集約することが可能などのメリットはあるものの、デメリットとして費用的負担が大きく、サーバの設置・運用・メンテナンスを本システムのユーザとなる除雪工事受注者が実施することに懸念が考えられる。そのため本システムは、除雪工事受注者の費用負担軽減、システムの選択性、拡張性、柔軟性の視点を踏まえ、サーバを使用しないシステム構成にすることとした。

(3) システム構成機器・機能概要

上記までの内容を踏まえシステム構成機器及び機能概要を設計した。図-1にシステム構成図、表-2にシステム構成機器、表-3にシステム機能概要を示す。

本システムは、除雪車（被支援）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）から遠隔操作PCを用いて除雪車（被支援）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）の状況をリアルタイムに取得する機能を有したシステムである。サーバを使用しないことで設置・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こととしている。

除雪車オペレータと支援者の通話には、除雪車（被支援）内の制御PCのコミュニケーションツールを活用する。この通話には、除雪車（被支援）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）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活用することができる。

表-1 サーバ設置のメリット・デメリット

	サーバ設置	サーバ非設置
メリット	・情報を一元的に集約することが可能 ・サーバに機能を搭載することにより、複数の遠隔支援者が同時に情報閲覧を行うことが可能 ・セキュリティ、バックアップなどの機能が充実	・サーバの設置・運用・メンテナンスに関する費用が発生しない
デメリット	・サーバの設置・運用・メンテナンスは知見のある技術者が実施することが必要 ・サーバの設置による初期コストが10万円程度、運用コストが月数万円程度発生する ・新たな追加機能が求められた場合、サーバの改良が必要	・データの保存が除雪車毎となるためデータを集約・保存するための仕組みが必要 ・複数の除雪車の情報を閲覧するための仕組みが必要 ・収集した情報の管理、バックアップを行う仕組みが必要

本システムは一次除雪（新雪除雪、路面整正、交差点処理等）作業での使用を想定し、ワンマン化が進められている機械での使用を見込んでいるが、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、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。

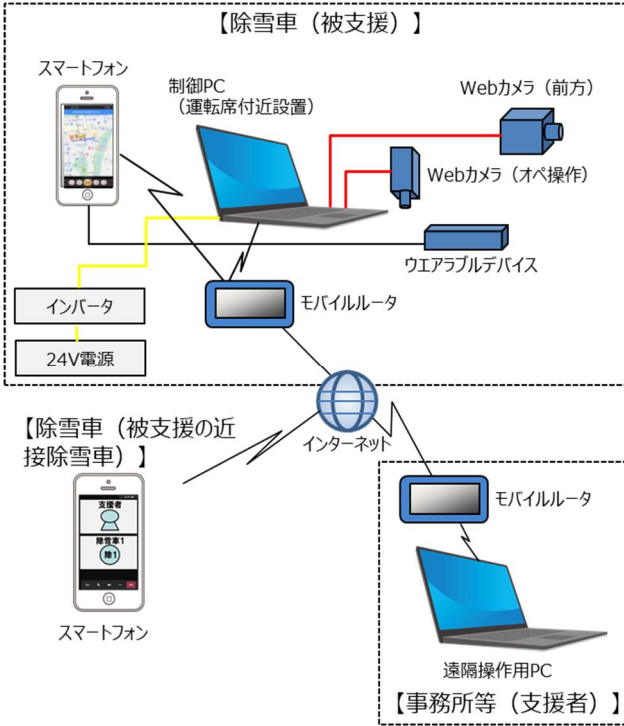


図-1 システム構成図

表-2 システム構成機器

名称	規格・仕様	数量※
制御PC	OS : Windows10 pro(64bit) 以上 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	2 台
ウェアラブルデバイス	スマートウォッチ 心拍計測機能付	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
遠隔操作PC	OS : Windows10 pro(64bit) 以上 CPU : intel corei5 以上 メモリ : 8GB 以上 ストレージ : SSD256GB 以上	1 台
SD カード	256GB 程度	1 枚

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

表-3 システム機能概要

機能	取扱情報	概要	実装先
情報収集機能	映像情報(前方道路状況、オペレータ操作状況)	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。	除雪車(被支援)側
	緯度経度情報	スマートフォン標準搭載のGNSSから緯度経度情報を収集する。(収集データは制御PCに移動する)	
情報収集機能	オペレータ心拍情報	ウェアラブルデバイスにより計測された心拍情報を収集する。	
画像鮮明化機能	映像情報(前方道路状況)	Webカメラで収集した前方道路状況の映像について、吹雪時等で映像が不鮮明な場合に、制御PCでコントラスト調整を行い鮮明化映像に変換する。	
情報表示機能	道路付属物位置・接近情報 ²⁾	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。	事務所等(支援者)側
記録情報一括出力機能	緯度経度情報、映像情報(前方道路状況、オペレータ操作状況)	制御PCに記録された緯度経度情報、映像情報について、制御PCから一括してデータ抽出可能とする。(抽出データはSDカード等を用いて取り出す)	
リモートデスクトップ接続機能		遠隔操作用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、遠隔操作用PCから制御PC及びスマートフォンの操作を行う。	
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。	
リモートデスクトップ接続機能		遠隔操作用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、遠隔操作用PCから制御PC及びスマートフォンの操作を行う。	
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。	
情報表示機能	オペレータ心拍情報	オペレータのウェアラブルデバイスにより計測された心拍情報を表示する。	
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。	

3. システムの開発

設計内容に基づきシステムのプロトタイプを開発した。図-2～4に開発したシステムの一部を示す。図-2は映像表示画面であり、Webカメラにより撮影された前方道路状況映像及びオペレータ操作状況映像、現在地のマップを表示するものとしている。図-3は記録映像登録画面であり、記録した映像データにオペレータ名等を登録する。後日映像データを活用する際はこの登録結果に基づいて検索を行うことができる。検索画面は図-4のとおりで、検索結果から映像データを選択して再生することができる。

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ことができる。オペレータは画面操作はせず、操作は事務所等(支援者)がリモートアクセスにより実施する。



図-2 映像表示画面(画像はイメージ)

今後、実運用に向けて開発したシステムの検証試験

を実施し、映像の遅延状況や各機能の動作状況に問題がないか等を確認する予定である。

映像登録

オペレータ名	作業ルート・工区	除雪作業日	除雪機械番号	除雪機械種類
		2024-12-29	R1-2101	除雪グレーダ

■オペレータ名

除雪次郎

■作業ルート・工区

第1工区

☒除雪グレーダ

☐除雪トラック

☐除雪ドーザ

キャンセル

登録

図-3 記録映像登録画面

除雪車オペレータ支援システム

映像登録

設定

終了

映像検索

■オペレータ名

除雪太郎

■作業ルート・工区

■除雪作業日

■除雪機械番号

R1-2101

■除雪機械種類

検索

2件 / 120件

オペレータ名	作業ルート・工区	除雪作業日	除雪機械番号	除雪機械種類	
除雪太郎	第1工区	2024-12-3	R1-2101	除雪グレーダ	表示
除雪太郎	第1工区	2024-12-29	R1-2101	除雪グレーダ	表示

図-4 記録映像検索画面

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設計を行った。システムの主な特徴は下記のとおりである。

- 除雪車に設置した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にて取得する。事務所等にいる支援者は遠隔操作用PCを用いて除雪車内の制御PCへリモートアクセスし、除雪車の状況をリアルタイムに取得する。
- サーバを使用しないことで設置・設定が容易であり、サーバ費用・サーバメンテナンス作業が発生しない。
- 除雪車内の制御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活用することができる。
- 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されており、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。

これら設計内容に基づきシステムのプロトタイプを開発した。今後、実運用に向けて開発したシステムの検証試験を行う予定である。

参考文献

1) 山田、木村、山崎：「除雪車オペレータ支援システム」の概要検討について、第 67 回北海道開発技術研究発表会論文、2024 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。