

「除雪車オペレータ支援システム」の概要検討 について

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 ○山田 充
木村 崇
山崎 貴志

近年、除雪車の熟練オペレータの高齢化、引退が進んでいる。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いるため、オペレータを支援する何らかの新しいシステムが必要と考えられる。本研究では除雪施工中のオペレータを遠隔地からリアルタイムにサポートすることのできる「除雪車オペレータ支援システム」を構想し、その概要検討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

積雪寒冷地域において、冬期の道路除雪は地域住民のライフライン確保、経済活動のために極めて重要である。道路除雪は除雪車による機械施工が大半を占めるため、除雪車を運転操作するオペレータが必ず必要となる。オペレータは車両運転と除雪ブレード等の作業装置を同時に操作する必要があるが、卓越した操作技量により、これらを同時かつ的確に操作している。また、道路上には凸状となったマンホールや橋梁ジョイントなど、除雪時に障害となる道路付属物が散在しているが、路線を熟知した熟練オペレータは、積雪下の隠れた道路付属物も適切に回避して除雪を行っている。一般道の除雪は、一般車両、歩行者が通行する中で行われ、周囲に十分、注意を払いながら作業を行う必要があるため、現在、国道の除雪施工はオペレータと助手の二人体制を基本としている。

近年、オペレータの高齢化が顕著となっており、熟練オペレータが引退、減少している。また、将来的には労働人口の減少が予想されており、除雪は天候に左右されるため待機時間が長くなる場合もある上、夜間から早朝という不規則で長時間の労働環境のため、担い手不足も懸念される。よって、今後はオペレータのみで除雪を行う、ワンマン乗車が求められる(写真-1)。ワンマン乗車では、これまで助手が主に行っていた周囲安全確認もオペレータが担わなければならないため、オペレータの負担増加が懸念される。また、新人のオペレータは助手として乗車することがあり、熟練オペレータの除雪方法を習得する機会としていたが、ワンマン乗車では、そのような機会が無くなるため、新人オペレータの育成方法も懸念される。

以上のような課題を解決する手段の一つとして、オペレータを支援する何らかの新しいシステムが必要と考えられる。寒地機械技術チームでは、比較的導入が容易なオペレータを支援する方法として、マンホールや橋梁ジョイントなど、除雪で注意すべき道路付属物の位置をオペレータに知らせるスマートフォンアプリ「道路付属位置情報提供アプリ」を開発し、現在、無償提供を行っている。本研究では、除雪方法やトラブル時のサポートなど、さらにオペレータを多面的に支援するために、除雪施工中のオペレータを遠隔地からリアルタイムにサポートすることのできる「除雪車オペレータ支援システム」(以下、システムとする)を構想し、その概要検討を行ったので報告する。



二人乗り



一人乗り (ワンマン乗車)

写真-1 除雪車の運転室内状況 (除雪グレー)

2. 実態調査

システムの開発に際し、まず除雪施工現場の実態調査を実施した。調査方法は会議参加聴講またはヒアリングとし、オンラインまたは臨場で実施した。会議参加者およびヒアリング対象者は国土交通省職員、北海道職員、札幌市職員、NEXCO職員のうち、冬期道路維持業務（除雪）に従事している職員とした。また、国道維持工事受注業者の技術者、国道の除雪車オペレータにヒアリングを実施した。表-1に調査結果の抜粋を示す。表-1より、オペレータ不足及び高齢化、人材育成、ワンマン乗車化は国、自治体、都市部、地方部に広く共通する課題であり、開発するシステムのニーズが幅広く存在することがわかった。国、自治体、都市部、地方部では、それぞれ除雪施工方法が異なり、除雪工区によっても施工方法が異なるため、様々な状況に対応できる拡張性のあるシステムを開発する必要があることがわかった。例えば、都市部での除雪施工は複数台の除雪車が雁行に連なり除雪施工を行う、いわゆる「梯団除雪」で施工されることが多く、除雪車同士の車車間通信機能が重要と考えられる。一方、郊外部では除雪トラックが比較的速い速度で除雪施工を行うことが多いため、除雪基地等との安定した通信機能が重要と考えられる（写真-2）。



都市部の梯団除雪



郊外部の除雪

写真-2 除雪方法の違い

表-1 ヒアリング調査結果の抜粋

相手	方法	内容（抜粋）
国交省職員 （本省、北海道、東北、北陸）	会議参加聴講 （オンライン）	・積雪地域の県からオペレータ不足による持続可能な除雪体制維持に関する要望が上がっている。
北海道地区の除雪担当発注者 （国交省、北海道、札幌市、NEXCO）	会議参加聴講 （臨場）	・ワンマン除雪グレーダの運転講習をメーカーに行ってもらっている。 ・除雪オペレータ確保は「二極化」している。大きめの業者、都市部では今はまだ確保可能。小さめの業者、地方部ではオペレータの確保はかなり困難になってきている上、オペレータの高齢化も顕著。ワンマン化が喫緊の課題。
国交省北陸地整北陸技術事務所	ヒアリング （オンライン）	・オペレータ育成を行う指導役自体の人材育成が重要だと思う。
国道維持業者従業員 （元オペレータ、元現場代理人） （札幌市内工区）	ヒアリング （臨場）	・梯団除雪では無線で車車間通信をして初心者に指導等をしている。 ・インカムは邪魔なのでつけないと思う。 ・職員だけでは助手が足りず助手を外注しているが、外注先も人手不足になりつつある。 ・助手の必要性の有無はオペレータ個人にもよる（熟練オペレータによっては必要ないという人もいる）。 ・助手で搭乗している間に除雪方法を勉強できていたが、ワンマン除雪グレーダではできない。オペレータ育成は困っている。 ・IP無線を毎冬、自費でリースしている。 ・シーズン始めにぶつけることが多い。軽度のものは年に10回以下。除雪車、道路付属物を損傷させるような大きな事故は数年に一回。
国道除雪車オペレータ（2名） （札幌市内工区）	ヒアリング （臨場）	・ヘルプで他工区を施工する時は、梯団除雪であれば2番目以降の中間の除雪車に乗らせてもらったり、無線で連絡を取り合いながら除雪施工する。

3. 市場調査

システムに利用できる既存の技術や商品があれば、開発費用縮減やシステムの早期開発が期待できる。そこでシステムに利用可能な技術や商品の市場調査を行った。調査方法は、インターネット検索、展示会参加、学会聴講、メーカーヒアリング、家電量販店調査等とした。調査結果の概要を表-2に示す。表-2より、車両運行管理システムなど、部分的に機能を適用できる商品が見受けられたが、パッケージをそのまま導入できる商品は見受けられなかった。また、機能の改造や追加の対応可否について聞き取り調査を行ったが、対応可能な商品は見受けられなかった。システムを独自に開発する必要があることがわかった。近年の情報関連技術は進展が非常に早いため、今後も継続的に市場調査を行う必要がある。

4. システム概要仕様検討

除雪施工現場の実態調査、市場調査の結果より、システムの基本コンセプト図（図-1）、システム系統概要図および構築に必要な技術要素（図-2）、開発項目の概要一覧（表-3）を作成した。図-2、表-3より、システムは、別途開発したスマートフォンアプリ「道路付属物位置情報提供アプリ」¹⁾や、「ミリ波レーダを用いた前方

障害物検知システム」²⁾を用いることも有効と考える。また、図-2より本システムは、ソフトウェア開発（アプリ、PC）、画像圧縮伝送技術、通信インフラの選定、サーバ設計構築など、異なる専門分野の技術、知見を組み合わせ設計、構築する必要がある。

また、システムの概略仕様について検討し、以下のように取りまとめた。

- ・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（電話、動画、ボイスチャット等）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。
- ・除雪車と除雪基地等の管制センター間を通信する機能をベースとし、それ以外の機能は除雪工区の状態に応じて選択できること。
- ・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。
- ・サーバ等に除雪車より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として活用したり、蓄積されたビッグデータを分析することで、ヒヤリハットや危険箇所を抽出したり、将来的には運転操作方法について解析し、熟練オペレータの高い技能の定量化を目指す。

表-2 市場調査結果の抜粋

分野	件数	目的	方法	総括
車両運行管理システム	15	想定システムと機能が類似している。利用可能な市場技術がないか調査する。	インターネット検索、展示会、オンラインヒアリング	機能は類似しているが必要な機能を網羅した商品はなかった。改良が必要だが改良対応メーカーなし。
通信・5G	7	現状の機能把握、今後の動向	文献、インターネット検索、展示会、ヒアリング	5Gでも低遅延と大容量はトレードオフという考えが一般的。次期5Gの規格検討は開始されている。ローカル5Gは実証実験段階。
動作解析AI	4	熟練オペレータ運転技能解析への適用可能性調査	インターネット検索、展示会、ヒアリング	年度中に急速にベンチャーソフトが台頭してきた。機能、精度の優劣が著しい可能性があり、検証が必要。
チャットボットAI	2	拡張機能候補の市場調査	展示会	一般市場化している。
生体信号取得機材	9	オペレータの心拍数等の生体信号取得方法の調査	インターネット検索、文献、学会、展示会、臨場説明	身体へ直接、センサーをたくさんつければ精度の高い信号は取得できる。除雪車オペレータにはスマートウォッチ程度が限界と推察される。
GNSS・みちびき	2	みちびきの有効性、将来性	文献	天頂に衛星が1つ増えるのは良いことに間違いはないが、CLAS対応の機材はまだ少し高価で大きい。
自動運転	1	将来的な自動除雪等を見据え最新技術動向を調査する。	インターネット検索	点群データから自動運転に必要なベクターデータを日本の主要な道路で作るプロジェクト。完成には少し時間を要する見込み。
自動除雪・除雪支援	4	自動除雪の現状を調査する。	インターネット検索	記者発表資料では、明確に自動除雪が達成できたかどうか確認できない。
IP無線アプリ	2	想定システムと機能が類似している。	インターネット検索	想定システムと機能が類似しており拡張機能を求めなければ使用可能。拡張機能を持ち除雪に特化したシステムを作成する必要がある。
エッジPC	3	伝送速度容量の解決手法の一つとして適用可能な技術を調査する。	展示会、ヒアリング	除雪車側で信号処理すれば、低容量低遅延の通信がしやすくなるが、専用機材を除雪車に搭載する必要がある。
スマートウォッチ	5	オペレータの心拍数等の生体信号取得方法の調査	家電量販店調査	基本機能（GPS、心拍数取得等）はどのメーカーも同じ。付加機能、精細画面、デザイン、価格の差。
車間、車路間通信	2	技術動向調査、山間部不感地帯対策	展示会、ヒアリング	自動運転を一手に請け負うマネジメントビジネスに進出する大手企業も見受けられる。車路間通信は不感地帯対策の一つ。

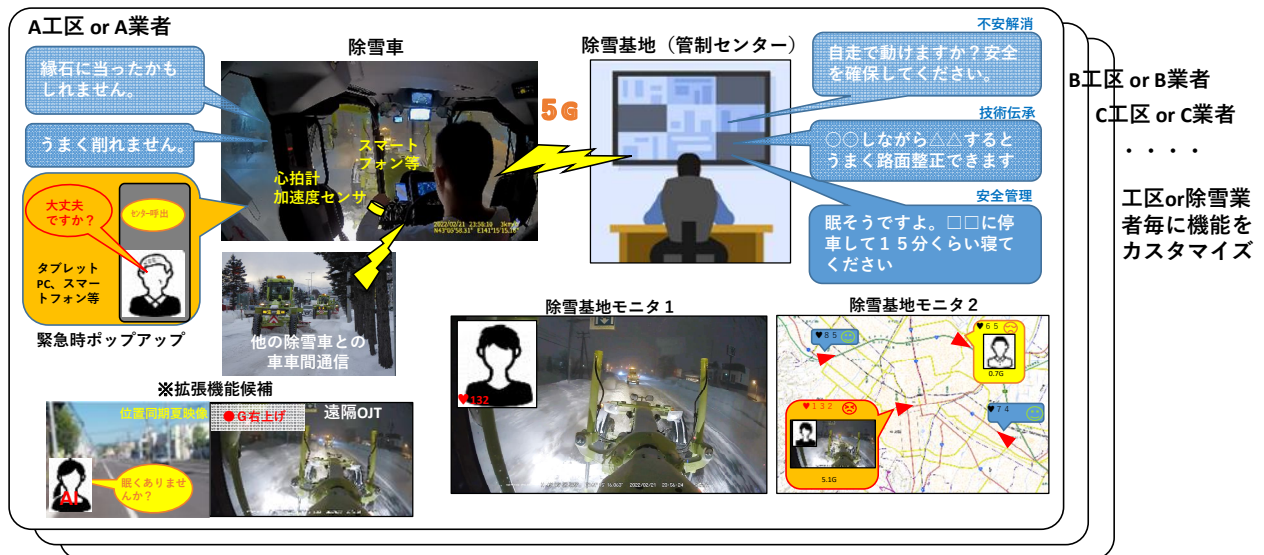


図-1 システムの基本コンセプト図

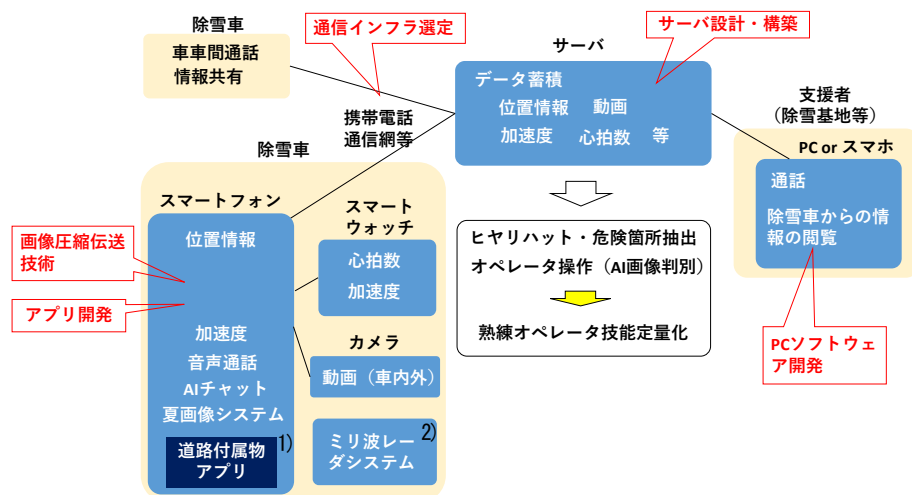


図-2 システム系統概要図および構築に必要な技術要素

表-3 システムの開発項目の概要一覧

領域	項目	内容	通信 方向	リアル タイム性	想定ハードウェア		想定通信 インフラ
					除雪車	除雪 基地	
除雪車～ 除雪基地間通信	テレビ電話	動画＋音声会話機能	相互	リアル タイム	スマートフォン	PCorスマー トフォン	携帯電話 回線
	チャット	チャット機能			スマートフォンorス マートウォッチ		
	会話	音声会話機能	スマートフォンorス マートウォッチ				
	音声チャット	音声をテキスト変換しチャットできる機能		スマートフォンorス マートウォッチ			
	オペレータ生体信号	スマートウォッチ等により、心拍数等を取得し、除雪基地へ伝送する。	スマートフォンorス マートウォッチ				
	加速度	スマートフォンまたはスマートウォッチ等より加速度を取得し、除雪基地 へ伝送する。		スマートフォンカメ ラor別途車載カメラ			
	位置情報	除雪車の位置情報を除雪基地へ	スマートフォンカメ ラor別途車載カメラ				
	動画	車内、車外					
車車間通信	テレビ電話	動画＋音声会話機能	相互	リアル タイム	スマートフォン	-	
	チャット	チャット機能			スマートフォンorス マートウォッチ		
	会話	音声会話機能					
	音声チャット	音声をテキスト変換しチャットできる機能					
拡張機能候補	道路付属物位置情報 提供アプリ ¹⁾	別途開発済みアプリ。ソフトウェア同士の連携	-	リアル タイム	スマートフォン	-	スタンド アロン
	ミリ波レーダ ²⁾	別途開発済みシステム。ソフトウェア同士の連携	-		PC	-	
	AIチャット機能	加速度異常、心拍異常等、閾値により典型例でポップアップ対応する等	-	スマートフォン	-	携帯電話 回線	
	夏画像提示機能	無雪期の写真を表示できる機能	-		-		
	遠隔OJT	除雪車からの中継or録画画像で学習する。	相互		PCorスマー トフォン		
	サーバ	設計	除雪車より取得される情報をサーバに蓄積しビックデータ化する。将来的 にヒヤリハット危険箇所の抽出や熟練オペレータ技能定量化を目指す。	-	-	サーバ	-
その他		全体システム成立のために当然、必要な機能の開発					

5. まとめ

本報告では、除雪施工中のオペレータを遠隔地からリアルタイムにサポートすることのできる「除雪車オペレータ支援システム」を構想し、その概要検討を行った。除雪施工現場の実態調査よりシステムのニーズが広く存在し、様々な除雪施工状況に対応できるシステムを開発する必要があることがわかった。市場調査より、そのまま適用可能な商品は見受けられず、システムを独自に開発する必要があることがわかった。システムの基本コンセプト図、系統概要図および構築に必要な技術要素、開発項目概要一覧を作成し、システムの概要仕様を取りまとめた。

6. おわりに

近年のIT関連の技術、機器、通信規格の進展は非常に

早い。システム開発と並行して、市場調査を継続的にを行い、最新技術動向を把握することが重要である。本システムに活用が可能な技術は適宜、柔軟に取り込みながらシステム開発していくことが重要である。

現在、システムの詳細設計を行っている。詳細設計を踏まえ、システムのプロトタイプを構築し、来冬に試行実験を行う計画である。できるだけ早い社会実装を目指したい。

参考文献

- 1) 寒地機械技術チーム：除雪車オペレータ運転操作支援システムについて、寒地土木研究所月報、No851、2023年12月
- 2) 山田ら：ミリ波レーダを用いた除雪車前方障害物検知システムの開発、寒地土木研究所月報、No843、2023年4月