

ワンマン除雪グレーダにおける効果的な道路付属物情報提供技術に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：令2～令4

担当チーム：寒地機械技術チーム

研究担当者：片野浩司、中島淳一、
山崎貴志、舟橋誠、新保貴広、
山田充、飯田美喜

【要旨】

現在、国道の除雪車は、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が、除雪グレーダは2014年以降、一人乗り仕様のみが生産となっており、今後、除雪グレーダのワンマン乗車が増加していく。本研究では、除雪車のワンマン化に向けて、低コストなオペレータ操作支援技術として、マンホールや橋梁ジョイント等の道路付属物の位置をオペレータに伝えるスマートフォンアプリを開発した。開発したアプリについて、公道での試験除雪施工で動作状況を確認し、造成した除雪試験コースにおいて機能の有効性を検証した。

キーワード：除雪車、オペレータ、スマートフォン、アプリ、作業支援

1. はじめに

現在、国道の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、除雪グレーダに関しては、特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律（オフロード法）の2014年規制に併せて、転倒時保護構造（ROPS）を有する一人乗り運転室のみの製造となっている。そのため、除雪グレーダの更新に伴い、一人乗り（ワンマン）運用が増加していく（図-1）。また、将来的に労働人口が減少することが予想されており、そのような社会的背景からも今後、除雪車のワンマン化が求められる。しかし、ワンマン運用では、主に助手が行っていた周辺安全確認などをオペレータが行うこととなり、オペレータの負担増加が懸念される。また、熟練オペレータの高齢化、引退により、今後、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。

除雪グレーダによる除雪施工では、橋梁ジョイントやマンホールなどの道路付属物を損傷させないように、除雪ブレードの回避操作を行う必要がある。しかし、ワンマン運用では、主に助手が行っていた周辺安全確認もすべてオペレータが行わなければならないため、道路付属物回避を失念してしまうことや、逆に道路付属物を注意するあまり周辺安全確認がおろそかになることが懸念される。

また、橋梁ジョイントなど、長年にわたり位置が変化しない道路付属物の場合、熟練オペレータは位置を正確に記憶しているため、的確に回避できることも多

いようである。しかし、将来的には熟練オペレータが減少していき、道路付属物の位置を正確には記憶していない非熟練オペレータが増加していくと想定される。さらに、近年の異常気象による大雪や雪害では、他工区の除雪車が支援に来る場合もあるが、他工区のオペレータは道路付属物の位置を正確には把握できていない。

そこで本研究では、低コストな除雪車のオペレータ操作支援技術として、マンホール、橋梁ジョイント等の道路付属物の位置を除雪車のオペレータに伝えるスマートフォン用の道路付属物位置情報提供アプリ（以下「アプリ」という）を開発したので報告する。



二人乗り



一人乗り（ワンマン）

図-1 除雪グレーダの運転室内状況

2. 開発したアプリの概要

アプリは除雪グレーダを対象として開発し、Androido 専用 (Ver.7.0 以上) とした。アプリはストア等には公開しておらず、入手希望者に個別にアプリデータを外部記憶媒体等で提供する。提供されたアプリデータはユーザがいったん PC にコピーし、PC から複数のスマートフォンへコピーしインストールする。アプリ画面には地図が表示され、地図内に登録された道路付属物の位置が表示される。「警告」ボタンを押すと運用が開始され、中心部に除雪車の現在位置及び設定された警告エリアが赤色同心円で表示される (図-2)。除雪グレーダと道路付属物の間隔が設定された距離に達すると、スマートフォンは設定されたアラートを発信する。アラートは、画面点灯、バイブレーション、テキスト読み上げ、及び警告音から選択することができる。また、アラートは 5m~500m の間で最大 5 段階の距離で設定することができる (図-3)。アプリはスマートフォンにインストール後、すぐに使用が可能であるが、除雪施工に用いるためには事前に道路付属物の登録作業が必要である。アプリには複数の任意のルートに登録することが可能であり、ルート毎に道路付属物を登録することができる。道路付属物の種類は既設で典型的な段差、グレーチングなどが用意されているが、任意の名称を設定することや、アイコンを写真等に変更することが可能である (図-4)。また、同様の作業を行うことができる PC 版のソフトウェアも開発し、登録作業の作業性を向上させるようにした (図-5)。スマートフォンと PC に登録された道路付属物のデータは適宜、同期することができる。

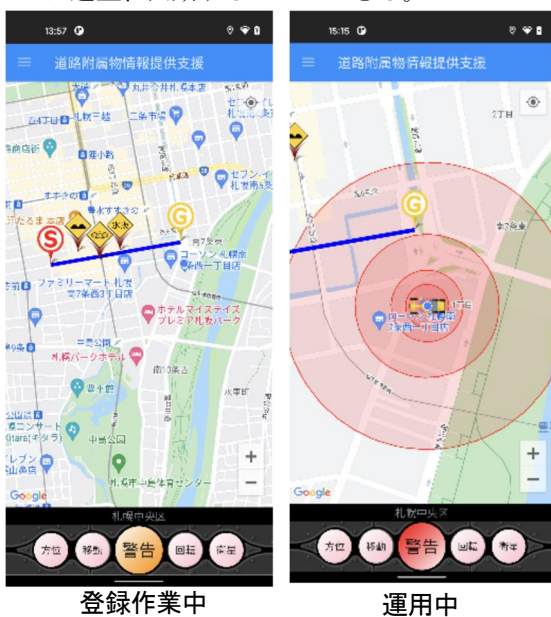


図-2 アプリ画面の一例



図-3 アラート画面設定



図-4 道路付属物登録画面

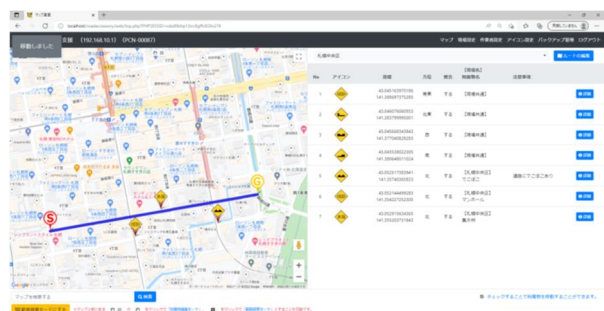


図-5 道路付属物登録画面 (PC 版)

3. 公道での試験除雪施工

3.1 試験方法

開発したアプリを公道での実除雪施工で試験的に使用した。2022年2月21日～22日に北海道札幌市の国道5号の図-6に示す区間において、3回の除雪グレーダによる除雪施工で使用した。道路付属物は上り車線に20か所、下り車線に21か所登録した。スマートフォンは運転室内のインジケータ画面の横に設置した(図-7)。また、運転室内にドライブレコーダを設置し、アプリの動作状況及びオペレータの音声を記録した。ドライブレコーダに記録された動画より、アプリの動作の有無を確認した。また、アラートのタイミングについて、オペレータの主観評価を行った。オペレータは除雪施工しながら、アラートのタイミングについて適正、早い、遅いをコメント発声して、タイミングをその場で評価するようにした。除雪施工終了後にドライブレコーダの動画を回収し、録音されたオペレータの音声を聞き取り、コメント内容の集計を行った。なお、試験は1名のオペレータ(32歳、除雪車オペレータ歴10年)で実施した。アプリの使用状況を図-8に示す。

3.2 試験結果および考察

アプリの動作状況及びオペレータの主観評価の結果を表-1に示す。表-1より、3回の除雪施工で通過した道路付属物は合計106か所であり、全ての登録された道路付属物通過時にアプリはアラートを発信した。また、半数近い47か所の道路付属物でオペレータはアラートのタイミングは適正だとコメントした。ただし、コメントがなかった箇所も45か所と同程度の数となった。除雪施工を行いながらコメントするのが困難だった可能性が考えられる。今後、アラートタイミングの評価方法について、検討する必要がある。

今回、アプリを試験的に使用した除雪工区は、高架下を比較的多く含む工区だったが、すべての登録された道路付属物に対してアプリがアラートを発信した。今後、様々な環境でアプリの動作状況について調査を行う必要がある。

4. 除雪試験コースでの有効性検証試験

4.1 試験方法

除雪試験コースを作成し、開発したアプリの有効性を検証した。試験は北海道石狩市で2023年3月2日に実施した。幅4m、長さ30mの平坦な圧雪状態の試験コースを4レーン造成した。スタートより20mのコース中央部に、道路付属物(マンホール)を模擬したコンパネ(長さ90cm×幅90cm×厚さ1cm)を深さ

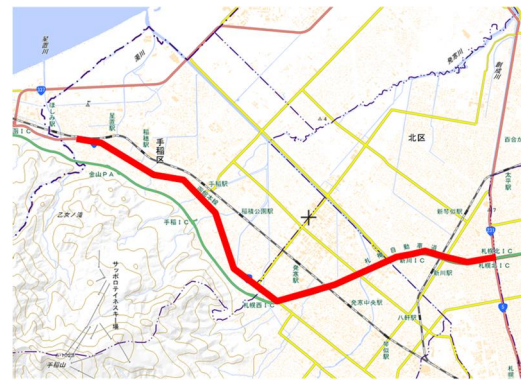


図-6 試験区間



図-7 スマートフォンの設置状況



図-8 アプリの使用状況

表-1 アプリ動作状況およびオペレータ主観評価結果

回	1	2	3	合計	
日時	2/21 1:03 ~4:16	2/21 22:34 ~2/22 4:53	2/22 23:07 ~2/23 4:22		
道路付属物数	24	41	41	106	
アラート発信	有	24	41	41	106
	無	0	0	0	0
アラートタイミング	適正	13	18	16	47
	早い	1	0	6	7
	遅い	4	1	2	7
	コメント無	6	22	17	45
備考	工区の一部を除雪				

3cm で圧雪内に埋設させ設置した (図-9)。試験は2名のオペレータにより実施した (オペレータ A : 43 歳、除雪車オペレータ歴 15 年、オペレータ B : 46 歳、除雪車オペレータ歴 10 年)。4.0m 級の除雪グレーダを用い、各オペレータがアプリ有無で1回ずつ、除雪ブレードが模擬道路付属物に接触しないよう、除雪ブレードを上げる等の回避動作を行いながら除雪施工を行った (図-10)。アプリ無、アプリ有の順番で試験を実施した。アプリのアラート設定は表-2 のとおりとした。除雪車オペレータは試験前に踏査にて模擬道路付属物の位置を確認した。試験後、模擬道路付属物の状況 (接触、移動、損傷等の有無) を確認した。また、試験後の除雪ブレードで整正された雪面上には、比較的明瞭に除雪ブレードの上下動の痕跡が残るため (図-11)、雪面上に残ったブレード上下動の痕跡より除雪ブレードの回避動作の開始地点と終了地点の位置を計測した。さらに、スタート付近、中央、ゴール付近のコース両端の計 6 箇所において除雪切削深さを計測した。

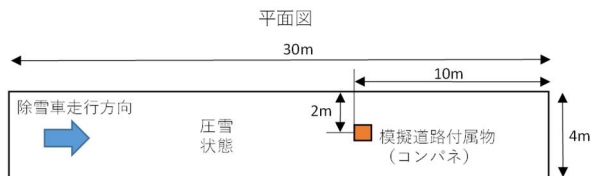


図-9 除雪試験コース設定概況



図-10 除雪試験の状況

表-2 アプリのアラート設定

	オペレータA	オペレータB
アラート回数	2回(20m、5m)	1回(20m)
アラート方法	音声ガイダンス	音声ガイダンス
音声ガイダンス内容	20m地点：「20m先、マンホールがあります。」 5m地点：「マンホールです。」	20m地点：「20m先、マンホールがあります。」



図-11 雪面上に残った除雪ブレード上下動の痕跡

4.2 試験結果および考察

表-3 に除雪切削深さ及び試験後の模擬道路付属物の状況を示す。除雪切削深さは6点の平均値で示す。除雪切削深さはいずれも模擬道路付属物の埋設深さ3cmよりも大きく、回避動作を行わなければ模擬道路付属物に除雪ブレードが接触する切削深さであった。図-12 に回避動作範囲の計測結果を示す。模擬道路付属物の位置を0とし、プラスの値がスタート側、マイナスの値はゴール側を示す。図-12 より、オペレータ A・アプリ無では、模擬道路付属物に到達する前に回避動作を終了したため、除雪ブレードが模擬道路付属物に接触したものと考えられる。オペレータ A・アプリ有では、模擬道路付属物の設置範囲で回避動作を行ったが、試験後に模擬道路付属物が移動していた。回避高さが不十分だったか、または除雪ブレードが抱え込んだ雪が模擬道路付属物を移動させた可能性が考えられる。オペレータ B・アプリ無では、模擬道路付属物を完全に通過する前に回避動作が終了したため、除雪ブレードが模擬道路付属物に接触したと考えられる。オペレータ B・アプリ有では、模擬道路付属物の設置範囲で回避動作を行ったため、接触は認められなかった。

表-3 除雪切削深さおよび試験後の模擬道路付属物の状況

		平均切削深さ (cm)	模擬道路付属物の状況	
			接触有無	状況
オペレータA	アプリ無	5.5	有	移動、損傷
	アプリ有	4.8	有	移動
オペレータB	アプリ無	4.3	有	当初の設置位置に残存
	アプリ有	5.0	無	当初の設置位置に残存

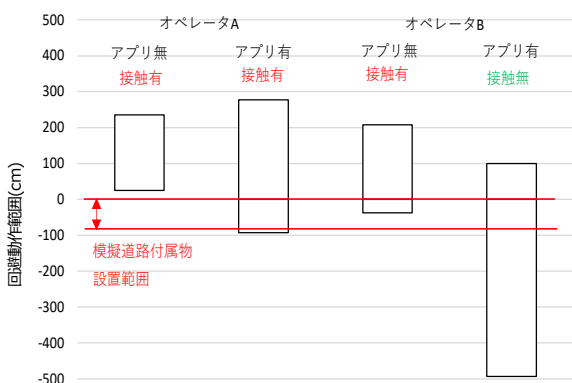
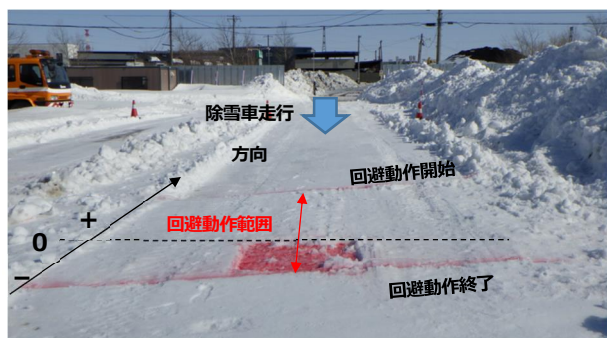


図-12 回避動作範囲 計測結果

ただし、回避動作終了が模擬道路付属物から最も離れていた。アラートが20m地点1回だけだったため、模擬道路付属物の位置が正確には把握できず、余裕を見て長めに回避動作を続けた可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究では、道路付属物の位置を除雪車のオペレータに伝えるスマートフォンアプリを開発した。開発したアプリについて、公道での試験除雪施工で動作状況の確認を行った。また、造成した除雪試験コースにおいてアプリの有効性を検証した。その結果、以下のことがわかった。

- 公道での試験除雪施工の結果、3回の除雪施工で合計106か所の道路付属物を通過し、開発したアプリはすべてアラートを発信した。また、アラートのタイミ

ングについては、オペレータの主観評価では、半数近くが適正と評価されたが、コメントがなかった場合も同程度あった。

- 除雪試験コースでの検証試験の結果、アプリを用いない場合に比べ、アプリを用いた場合のほうが模擬道路付属物を的確に回避できる場合があることがわかった。

参考文献

- 1) 環境省：特定特殊自動車排出ガス規制法、
https://www.env.go.jp/air/car/tokutei_law.html
(2023年6月5日確認)

DEVELOPMENT OF EFFECTIVE ROAD ACCESSORY INFORMATION PROVISION TECHNOLOGY IN ONE-MAN SNOW REMOVAL GRADER

Research Period: FY2020-2022

Research Team: Machinery Technology Research Team

Author: KATANO Koji

NAKAJIMA Junichi

YAMAZAKI Takashi

FUNAHASHI Makoto

SHIMBO Takahiro

YAMADA Mitsuru

IIDA Miki

Abstract: A snowplow is basically operated by two-man system consisting of an operator and an assistant. However, since 2014, snowplow graders have been produced only for single-seater specifications. In the future, the number of one-man system of snow removal graders will increase. In this research, we developed a smartphone application that tells operators the locations of road accessories such as manholes and bridge joints. We conducted test constructions on public roads and confirmed that the app works reliably. We also confirmed the effectiveness of the app on a snow removal test course.

Keywords: Snowplow, Operator, Smartphone, App, Support