

車載型カメラの画像を用いた 冬期道路維持管理の効率化

釧路開発建設部 道路計画課 ○三村 北斗
釧路開発建設部 道路計画課 上田 健一
(一社)北海道開発技術センター 大橋 一仁

過年度の論文において、車載型カメラ画像システムを用いた吹雪時の視程障害多発区間の定量的把握とそのデータの活用方法について報告した。それを踏まえて今年度は、車載型カメラ画像システムを用いたwebサイトによる吹雪状況の情報共有と除雪車へ搭載した場合の視界レベルへの影響について検討した。本論文ではその結果について報告するものである。

キーワード：吹雪、ICT、効率化

1. はじめに

(1) 背景

吹雪による道路交通への影響を最小限に留めるためには、時間変動が激しく局所的な特性を持つ吹雪を迅速かつ正確に把握する必要がある。北海道の国道において過去5年間（H30年度～R4年度）に吹雪を理由として通行止めが発生した回数を図-1に示す。釧路開発建設部管内が55回と北海道内の吹雪を理由とする通行止めのうち28%を占め、道路交通への影響を及ぼしている。これまで吹雪は熟練技術者の経験に基づき、定性的に把握されてきたが、少子高齢化の影響により、道路管理者、道路維持工事受注者の人手不足が深刻とされ、熟練技術者の減少が予想される。このような課題に対し、日々の冬期道路維持管理の水準を保つため、車載型カメラ画像収集システムを活用し、吹雪を迅速かつ正確に把握する経験を客観的な数値で定量的に把握しデータの蓄積、若手技術者へ継承することで、継続的な冬期維持管理体制の水準確保に寄与するものと考えている。本論文は車載型カメラ画像収集システムによるこれまでの取り組みとその活用について報告するものである。

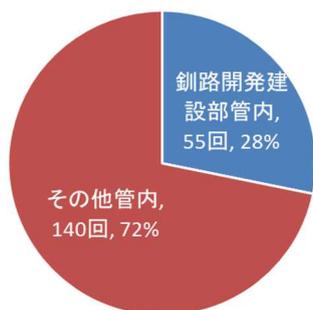


図-1 吹雪による国道の通行止め回数の地域比較

(2) 車載型カメラ画像収集システムの概要

過年度の研究成果¹⁾で示された画像処理技術について、概要を示す。カメラで撮影した道路の画像について、図-2のように、好天時はコントラストがはっきりしているが、吹雪によって視界が悪くなるとコントラストが低下し、白や灰色の一色に近づいていくことがわかる。北海道大学の萩原ら²⁾はこの画像のコントラストに着目し、画像処理によって人間の目の見やすさを評価する手法を開発し、人間の目が感じやすい領域のコントラストの大小を画像評価値WIPS（Weighted Intensity of Power Spectra）という数値で示し、その大小と、人間がその画像を見て感じる視界状況の関係が強いことを示した。図-3に車載型カメラ画像収集システム（以下、「車載型カメラシステム」）を示す。車載型カメラ画像収集システムをフロントガラスの内側に設置した小型カメラから画像データを10秒間隔で記録し、画像毎に小型PCで画像評価値WIPSを計算する。画像、画像評価値WIPS、位置情報の



図-2 カメラ画像のコントラストと視界レベルの関係



図-3 車載型カメラシステムの使用機材

データを小型PCのmicroSDカードへ保存するとともに、携帯電話網に繋ぎ、サーバへ一定間隔で送信するものである。

2. 車載型カメラ画像収集システムを活用した取り組み

(1) Webサイトによる吹雪状況の情報共有

吹雪発生時に巡回する道路パトロール車両の運転手と道路管理者は、主に電話やスマートフォンで撮影した画像、動画で吹雪状況を共有している。しかし、電話による情報共有は運転手の主観が混じる上、口頭のため吹雪状況を正確に道路管理者が把握するには限界がある。また、画像、動画は常時スマートフォンで撮影できるわけではなく、局所的な情報しか把握できない。そこで、車載型カメラシステムで取得した吹雪状況データを即時にWebサイトで配信する試行を令和元年度から行っている。サーバに送信された画像のjpgデータと画像評価値WIPS、位置情報をまとめたcsvデータを活用し、視界状況データ(WIPS)を4段階に分類した上で即時にWebサイトで配信した。その配信画面を図-4に示す。令和4年度は図-5の区間を走行する6台の車両より吹雪状況データを配信した。Webサイトによる吹雪状況の情報共有への意見を表-1に示した。このWebサイトにより吹雪状況の円滑な情報共有が可能となり、冬期道路維持管理の効率化に寄与すると考える。また、「事故発生時に車載型カメラシステムのWebサイトにより状況把握ができる」との意見があり、吹雪状況の把握以外での活用方法も示唆された。加えて、「写真撮影を停車せずに行えるため、安全」との意見があった。こういった吹雪状況を道路管理者へ伝えるため、車を停車し、車外に出て吹雪状況を撮影していた。著しい視程障害が発生している場合、事故が発生する危険がある。Webサイトで吹雪状況を情報共有することにより、維持工事受注者の安全確保、写真撮影の負担軽減にも繋がることわかった。



図-4 吹雪状況データの配信画面

(2) 除雪車による配信の可能性検討

表-1のように維持工事受注者から、「人手不足へ対応するため、パトロールカーではなく、除雪トラックに搭載してほしい」との意見があった。そこで前述の図-5に示したうち、一般国道272号KP85.64~KP100.81及び一般国道244号KP95.92~KP118.681の区間を走行する除雪車に車載型カメラシステムを搭載し、除雪車による吹雪状況データの配信の可能性を検討した。令和4年12月から令和5年2月の約3か月間にわたり除雪車に車載型カメラシステムを搭載した結果、吹雪状況データは問題なく配信できた。しかし、一般に、ドライバーの視点が低いほど、地吹雪時や地吹雪を伴った吹雪時には視程障害になりづらい。そこで、CCTVカメラ尾岱沼2(一般国道244号KP107.0)地点を走行した際の除雪車と道路パトロール車両のカメラ画像から視認性の比較を行い、図-6に示した。横軸がCCTVカメラ尾岱沼2の画像のWIPS値、縦軸が当該カメラ地点を通過した際に車載型カメラシステムで撮影した画像のWIPS値を示している。道路パトロール車両におけるCCTVカメラと車載カメラ画像システム

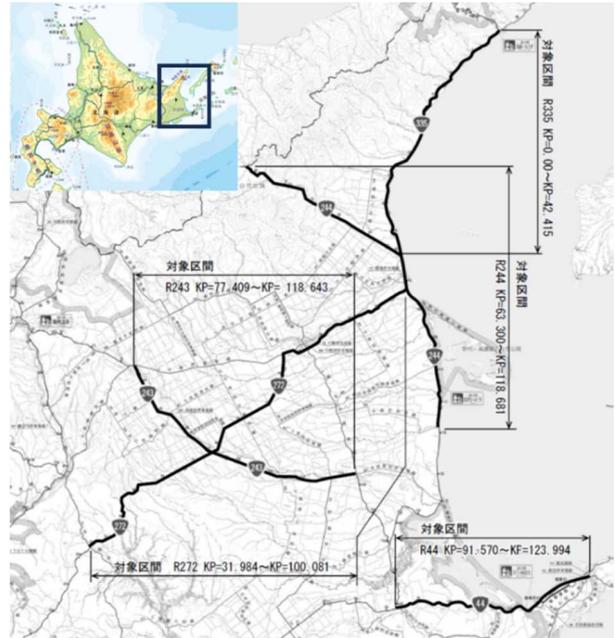


図-5 対象区間

表-1 過年度に把握したWebサイトによる情報共有への意見

道路管理者	吹雪時の現地状況の伝達、把握が効果的、効率的に行える
	CCTV(固定)カメラのない場所を確認できるので良い
	通行止めの判断材料の1つとして活用できる 事故発生時に車載型カメラシステムのWebサイトにより状況把握ができる。
維持工事受注者	吹雪状況把握時の写真撮影を停車せずに行えるため、安全
	口頭の説明では限界があるので画像があると視界状況を伝えやすい
	人手不足へ対応するため、パトロールカーではなく、除雪トラックに搭載してほしい

のWIPS値の散布図と除雪車のCCTVカメラと車載型カメラシステムのWIPS値の散布図は概ね同じような位置に分布していることがわかった。令和4年度の調査時点では、除雪車については、悪天候時の吹雪データがなく、分析が出来なかったため、CCTVカメラのWIPS値が7.5を下回るような著しい視界不良を確認出来なかった。引き続き除雪車によりデータを収集し、目線の高さの違いによる視界レベルへの影響を把握する必要がある。車載型カメラシステムを道路パトロール車両に搭載した場合と除雪車に搭載した場合の特長を表-2に整理した。道路状況を日常的に把握し、蓄積データを元に、冬期を通じた発生頻度や、視程障害多発区間を把握するのであれば道路パトロール車両に、暴風雪時や通行止め発生時の道路状況を把握し、データを蓄積するのであれば除雪車への車載型カメラシステムの設置が良いと考えられる。

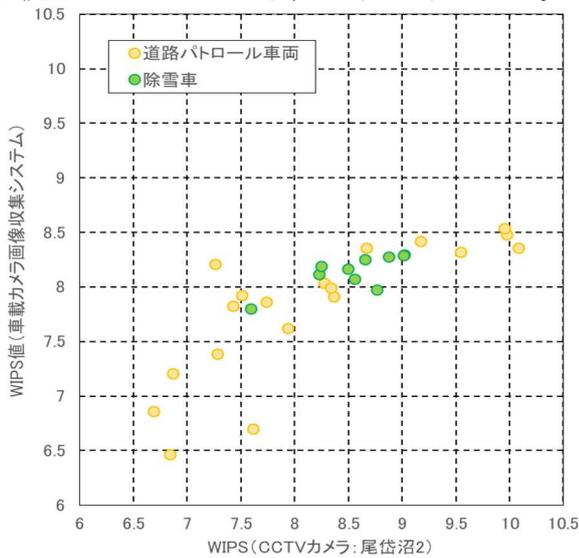


図-6 CCTVカメラのWIPS値と道路パトロール車両および除雪車のWIPS値の比較（尾岱沼2）

3. 定量データ活用による視程障害多発区間の把握

過年度までに車載型カメラシステムで取得したデータを合算し、風向別の視程障害多発区間の把握を試みた。今回は、一般国道243号KP95.0～KP107.0を対象とした。視程障害が発生した際の主風向により、北東系（北北東～東北東）と北西系（西北西～北北西）に分類し、風向

別に視程障害多発区間を抽出した。風向は最寄り気象観測所の10分ごとの風向を参考に分類したため、同日の中で時間帯によって北東系、北西系のそれぞれに分類されることがある。2021年から2023年の吹雪状況データについて、北東系は延べ11日、北西系は延べ7日のデータを対象に各キロポストにおける視界レベルの発生割合を整理し、図-7に示した。横軸は一般国道243号のキロポストを示しており、縦軸は各キロポスト（200m間隔）で蓄積した視界状況データの視界レベルの割合を示している。北東系を主風向とする吹雪時より、北西系を主風向とする吹雪時に視程障害が発生しやすいことがわかる。各キロポストで蓄積した吹雪状況データのWIPS値を風向別に平均した結果、北西系の吹雪時に視程が低くなりやすい区間として①KP95.4～95.5、②KP102.4～KP102.7、③KP103.2～103.3、④KP104.0～104.1、⑤KP105.4～105.5の5区間が抽出された。②KP102.4～KP102.7の衛星写真を例として図-8に示す。北東方向に林が存在する一方、北西方向には吹走距離の長い平坦地が広がっていた。①、③、④、⑤の区間も同様に、北西方向には遮蔽物のない平坦地が広がる一方で、北東方向には遮蔽物が存在し、北西系の強風時にのみ吹雪が発生しやすい区間と考えられる。この結果から車載型カメラシステムの蓄積データを活用することにより、風向による視程障害多発区間の違いを把握することも可能と考える。

4. まとめ

吹雪状況の迅速かつ正確な把握に向けて、車載型カメラシステムを活用した風向別の視程障害多発区間の把握、除雪車による吹雪状況データの配信を行った。除雪車による吹雪状況データの配信については、除雪車でも配信自体は可能であることが確認できた。しかし、悪天候時の吹雪データが少なく分析が出来なかった。目線の高さの違いによる視界レベルへの影響について確認することが必要と考えるため、引き続きデータを蓄積し、分析を続けたい。風向別の視程障害多発区間の把握について、対象区間では北東系と比較して、北西系を主風向とする吹雪時に視程障害が発生しやすいことが定量的に明らか

表-2 車載型カメラシステムを道路パトロール車両に搭載した場合と除雪車に搭載した場合の特長

	道路パトロール車両	除雪車
走行タイミング	<ul style="list-style-type: none"> ・2日に1回のタイミングで1往復走行 ・平常時と暴風雪時のデータを蓄積できる →○冬期を通じた吹雪発生頻度の評価に適する →×暴風雪時のデータを集められない場合がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・降雪後や暴風雪時に集中的に走行 ・降雪後や暴風雪時のデータを集中的に蓄積 →○暴風雪時などのデータを集めやすい →×冬期を通じた吹雪発生頻度は評価できない
走行区間	<ul style="list-style-type: none"> ・2日に1回のタイミングで全線走行 →○全線を通じた吹雪多発区間の評価に適する →×暴風雪事例での局所的なデータ把握は難しい 	<ul style="list-style-type: none"> ・降雪区間や暴風雪区間を中心に走行 →×走行区間に偏りがあるため全線評価は難しい →○暴風雪区間内の局所的な区間の評価が可能
通行止め時のデータ	<ul style="list-style-type: none"> ・吹雪による通行止め前と解除直前に走行することが多く、通行止め期間中はあまり走行しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・通行止め時も断続的に走行しており、最も吹雪が厳しい時間帯のデータを収集できる
情報配信	<ul style="list-style-type: none"> ・吹雪のない日も走行しており、良好な状況であることも知っておきたい対象者への配信に向いている 	<ul style="list-style-type: none"> ・暴風雪時や通行止め区間内の現地状況を知りたい対象者への配信に向いている

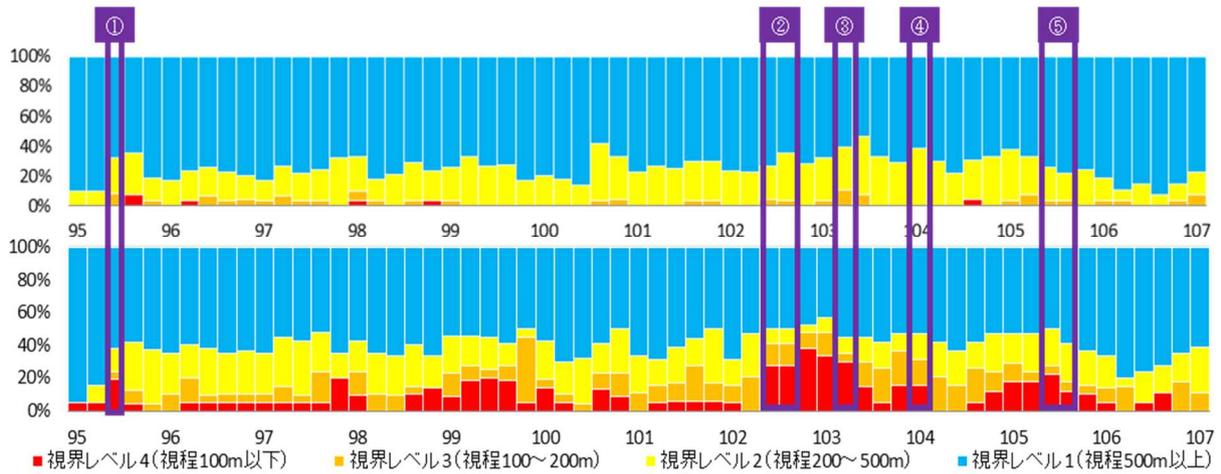


図-7 各キロポストにおける視界レベル発生割合（上：北東系、下：北西系）

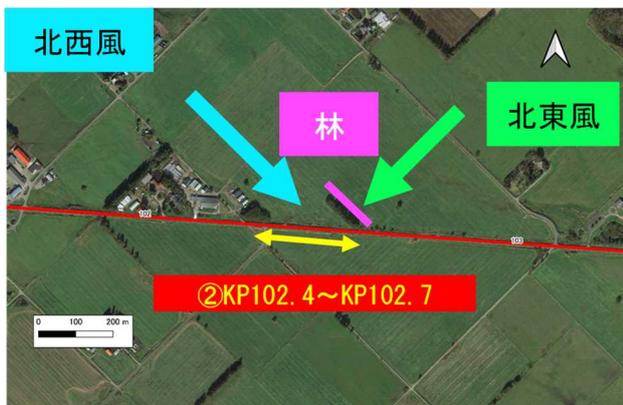


図-8 一般国道 243 号 KP102.4~KP102.7 の状況

になった。加えて、北西系を主風向とする吹雪時に特に視程障害が発生しやすい区間を明らかにした。蓄積したデータを定量的に分析することにより、図-9に示す資料を作成した。作成にあたっては、管内図に吹雪視程状況の発生頻度に加えて、交通遮断器等の位置を示した。道路維持管理担当者へヒアリングしたところ、「既存の交通遮断器の位置を明示した地図に視界情報が加わりより使いやすくなった。」との意見を把握した。風向別に吹雪の発生頻度を整理できている区間は一部であることから図-9は、蓄積した全データに対する吹雪の発生頻度で整理してしている。今後ともデータを蓄積し、風向別に技術伝承資料を作成することで、若手技術者や事務所担当の後任者への引継ぎ資料としての活用も期待される。維持工事受注者の人手不足が懸念される中でもデジタル技術を駆使し、冬期道路維持管理の体制の強化につなげていきたい。



図-9 吹雪による視程障害の発生頻度マップ

【参考文献】

- 1) 蔦田伊宏ほか：車載型カメラの画像を用いた吹雪時の視界状況データの活用，ゆきみらい2023in会津
- 2) Hagiwara, et.al.：Development of Visibility Assessment Methods with Digital Images under Foggy Conditions. (2004)：In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1862, TRB, National Research Council, Washington, D. C., pp. 95-108.