

吹雪視界状況の円滑な情報共有に向けた車載カメラ画像収集システムの活用

三村北斗^{*1}、渡邊周市^{*1}、永田泰浩^{*2}、大橋一仁^{*2}

1. 背景・目的

北海道開発局釧路開発建設部管内では、吹雪による道路の通行止めが多い。安全な交通空間を確保するために吹雪が原因となる通行止めを判断するため、正確かつ即時に吹雪発生状況を把握することが極めて重要である。しかし、道路パトロール車両の運転手から口頭で状況を把握することは可能だが、運転手の経験や主観により差異が発生するため、正確な状況把握は困難である。この課題を解決するため、北海道開発局釧路開発建設部では、道路パトロール車両に設置した車載カメラ画像収集システムでデータを蓄積し、定量的に視程障害多発箇所を抽出した¹⁾。さらにそのデータから視程障害多発箇所を明示した地図を作成し、通行止め発生時の基礎資料としての活用を検討した。今回その取り組みの発展として円滑な情報共有に着目し、車載カメラ画像収集システムによる即時把握サイトの取り組みとその活用事例について報告する。

2. 車載カメラ画像収集システム

吹雪による視界状況を正確に把握するため、北海道大学の萩原²⁾の技術を用いた。吹雪による視程障害が発生すると画像のコントラストが小さくなることに着目して、画像のコントラストを周波数ごとに計算し、画像評価値WIPS (Weighted Intensity of Power Spectra) を算出する。画像評価値WIPSは図1のとおり、コントラストが小さければ小さいほど画像評価値WIPSの値も小さくなる。この技術を用いて定量的かつ正確に吹雪視界状況を把握する。

システムのイメージを図2に示す。道路パトロール車両には、小型PC、GPSセンサー、カメラを設置する。GPSセンサーとカメラはUSBで小型PCに接続し、10秒毎に静止画像とその位置情報を取得する。小型PCにて画像のコントラストから画像評価値WIPSを算出し、位置情報、視界情報(WIPS)、画像を4G LTE回線でサーバーへ逐次、送信する。そして、サーバーに送信された情報は即時にWebサイトで共有される仕組みである。令和5年度は弟子屈道路事務所管内1台、中標津道路事務所管内4台、根室道路事務所1台の合計6台の道路パトロール車両に設置し、吹雪視界状況をWebサイトにより共有した。対象区間を図3に示す。



図1 画像評価値 WIPS による視界レベルの分類

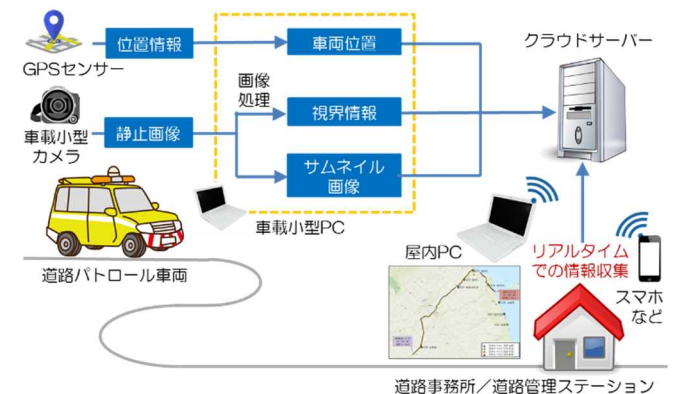
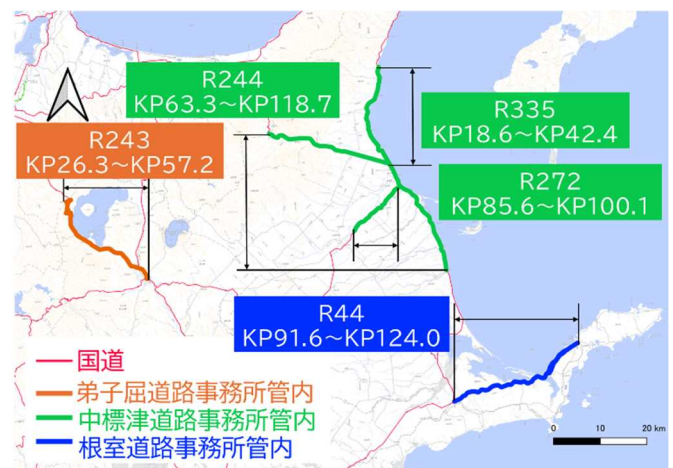


図2 車載カメラ画像収集システムのイメージ



3. 即時把握サイトの活用

3.1 即時把握サイト

サーバーに送信された車載カメラ画像と吹雪視界状況の定量評価結果を即時把握サイトで共有した。画像の取得位置を地図上にプロットし、吹雪視界状況の定量評価結果は、視界レベル1 (■: 視程500m以上)、視界レベル

*1 国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部 道路計画課

*2 一般社団法人 北海道開発技術センター 地域政策研究所

2 (■: 視程200～500m)、視界レベル3 (■: 視程100～200m)、視界レベル4 (■: 視程100m未満) の4つに分類して表示した。令和6年1月26日10時47分から11時52分に国道244号KP78.0 (根北峠付近) ～KP95.7 (標津町市街地) 付近まで走行した記録を図4に示す。KP78.0～KP81.5までは主に視界レベル1 (■: 視程500m以上) であったが、KP81.6からKP85.0までは局所的に視界レベル4 (■: 視程100m未満) の視程障害が発生していた。図4の左上部にKP84.3で取得した画像を表示しており、前方の視界がホワイトアウト状態になっている状況がわかる。このようにして吹雪による視界状況をリアルタイムで正確に把握することが出来る。



図4 令和6年1月26日10時47分からの走行記録

表1 令和5年度冬期に釧路開発建設部管内で発生した通行止め (赤字: 本システム搭載の道路パトロール車両が維持管理する区間)

	開始日時～終了日時	国道	規制区間	延長	理由
1	2024/1/25 03:30～2024/1/27 14:00 (区間変更: 2024/1/25 09:00～)	244	斜里町字豊倉～標津町伊茶仁 (変更後: 斜里町越川～標茶町伊茶仁)	48.0km (36.5km)	吹雪のため
2	2024/1/25 04:30～2024/1/26 08:30 (区間変更: 2024/1/25 07:30～)	335	羅臼町幌萌町～羅臼町忠類 (羅臼町峯浜町～標津町忠類)	6.6km (30.4km)	吹雪のため
3	2024/1/25 15:25～2024/1/26 15:30	334	羅臼町栄町～羅臼町湯ノ沢町	2.7km	雪崩のため
4	2024/1/25 17:30～2024/1/26 13:00	243	美幌町古梅～弟子屈町ウランコシ	19.6km	吹雪のため
5	2024/1/25 18:00～2024/1/26 10:00	241	弟子屈町字奥春別～釧路市阿寒町オクルシベ	24.8km	吹雪のため
6	2024/1/25 22:00～2024/1/26 06:00	272	別海町西春別～中標津町南中	18.8km	吹雪のため
7	2024/1/25 22:00～2024/1/26 06:00	272	中標津町依橋～標津町南八条西	13.2km	吹雪のため
8	2024/1/25 22:00～2024/1/26 09:00	391	弟子屈町美留和原野～小清水町野上峠	29.3km	吹雪のため
9	2024/1/26 01:00～2024/1/26 08:00	243	弟子屈町美留和原野～標茶町虹別	19.2km	吹雪のため
10	2024/1/26 01:30～2024/1/26 05:00	243	標茶町虹別原野～別海町西春別	8.3km	吹雪のため
11	2024/2/27 17:30～2024/2/28 12:00	243	美幌町古梅～弟子屈町ウランコシ	19.6km	雪崩の恐れ
12	2024/2/27 22:30～2024/2/28 16:30	243	弟子屈町仁多～標茶町虹別	12.3km	吹雪のため
13	2024/2/28 11:15～2024/2/28 15:00	391	弟子屈町跡佐登原野～小清水町水上	12.4km	吹雪のため

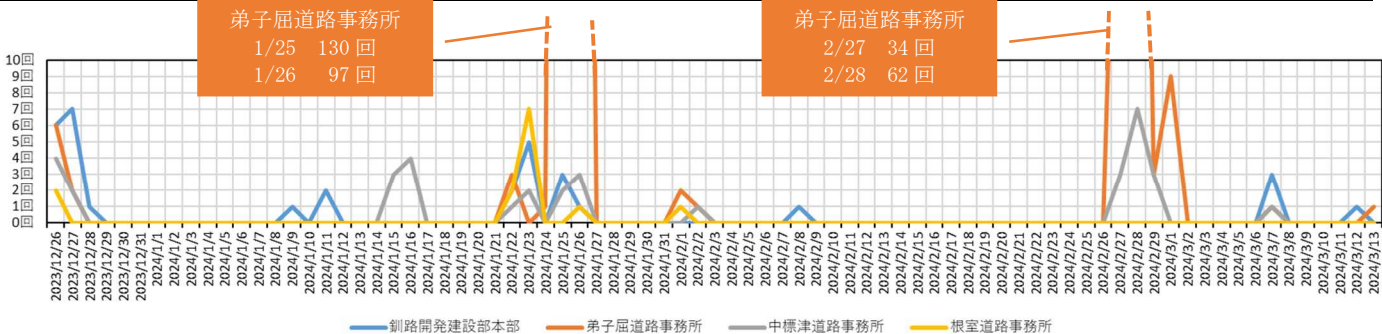


図5 令和5年度冬期の観覧数の推移

3.2 令和5年度冬期の通行止めと観覧数

令和5年度は令和5年12月26日から令和6年3月13日までサイトによる情報共有を行った。ログインIDを設定することにより、道路事務所別の観覧数を把握した。令和5年度冬期に釧路開発建設部管内で発生した通行止めを表1に示し、車載カメラ画像収集システムを搭載した道路パトロール車両が維持管理する区間が含まれている場合を赤字とした。通行止めは令和6年1月25日から27日、令和6年2月27日から28日に延べ13区間で通行止めが発生し、そのうち、7区間では試行的に車載カメラ画像収集システムを搭載した道路パトロール車両が維持管理する区間が含まれていた。

日別の観覧数を図5に示す。主に、令和5年12月26日～28日、令和6年1月22日～27日、令和6年2月27日～3月1日に観覧数のピークがあり、弟子屈道路事務所の観覧数が特に多かった。1日あたりの最多観覧数は、弟子屈道路事務所の令和5年1月25日の130回であった。令和6年1月22日～27日、令和6年2月27日～3月1日については、表1に示しているように、悪天候時から通行止めが発生していたタイミングと概ね一致しており、通行止めが発生しうる気象条件のときに観覧数が増加している傾向にあることから、道路管理者と国道の年間維持業者間における吹雪による通行止め判断の材料として使用されていることがわかるため、冬期の道路維持管理において有用なシステムだと考えられる。

3.3 即時把握サイトの活用状況

即時把握サイトのどこに利点を感じているかを把握するためのアンケートを行った(図6)。その結果としては、円滑で正確な情報共有、CCTVカメラ未設置の区間を補うための代替用カメラとしての活用、過去データの利活用の3点がメリットになると考える。その詳細について下記の(1)～(3)に整理する。

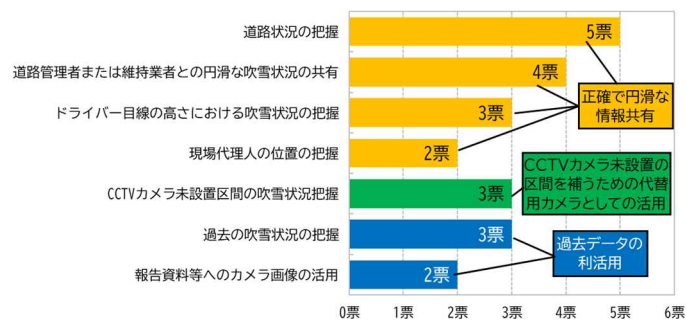


図6 即時把握サイトの利便性（複数選択可）

(1) 円滑で正確な情報共有

従来は電話による共有か、スマートフォンで動画を撮影し、SNS等による情報共有が一般的で、道路管理者が現地の状況を逐次に把握することは困難であった。本システムを活用することで逐次状況が共有され、道路管理者と国道の年間維持業者間の情報共有が円滑になる。特に閲覧数の多かった弟子屈道路事務所へヒアリングしたところ、「サイトを閲覧し、吹雪状況の把握に活用していた」とのことであった。また、スマートフォンで吹雪状況を撮影するためには、車を停車して、場合によっては車外に出て撮影する必要があるが、視界状況が著しく悪いため、追突事故等に巻き込まれる可能性が懸念される。本システムを活用することでスマートフォンによる撮影が不要になり、道路パトロール車両運転手の安全性向上も期待される。

(2) CCTVカメラ未設置の区間を補うための代替用カメラとしての活用

今回のシステムを活用することにより、CCTVカメラ未設置区間を補うための代替用カメラとして線的に状況を把握することができる。また、CCTVカメラは地上から10mほどの高さに設置されており、これはドライバー目線の高さと異なっているが、本システムはドライバー目線の高さにカメラが設置されているため、よりリアルな状態での現場把握が可能となる。

(3) 過去データの利活用

過去データの利活用については、釧路開発建設部内での情報共有や広報資料として活用する機会があり、従来は道路パトロール車両運転手へ撮影が指示されていた。本システムを活用することで代替できる場合もあり、前述のとおり、道路パトロール車両運転手の安全性向上や

負担軽減も期待できる。また、令和元年度から令和4年度まで、画像をダウンロードするためにはサイト左上部の画像から1画像ずつ保存する必要があり、道路事務所から一括ダウンロード機能を実装してほしいとの要望があった。そこで令和5年度より実装し、図4の場合、地図上にプロットされている令和6年1月26日10時47分から11時52分の画像を一括で取得できるようにした。

3.4 さらなる活用可能性の検討

車載カメラ画像収集システムは令和元年度から設置し、各年度で即時把握サイト閲覧者から意見を収集している。これまでに把握した意見より、活用可能性を検討した。その詳細について下記の(1)～(3)に整理する。

(1) 防災関連資料

防災関連資料の項目で地吹雪となっている区間は、図7のように写真が整理されている。しかし、整理されている写真は晴天時であり、写真から実際の吹雪状況は把握することができない。そこで、図8に示すように車載カメラ画像収集システムで取得した吹雪時の画像を活用し、防災関連資料写真として晴天時と吹雪時の状況を整理することも可能と考える。



図7 防災関連資料（地吹雪）で整理されている写真



図8 車載カメラ画像の活用案(左:晴天時, 右:吹雪時)

(2) 通年での運用

釧路開発建設部管内にて車両のスタックが発生した。車載カメラ画像収集システムを搭載した道路パトロール車両が現場対応にあたり、即時把握サイトを通じて現場状況を把握していた。また、吹雪以外の状況把握でも活用できるのではないかと意見があった。冬期に限らず夏期も活用場面はあり、通年での運用も可能と考える。

(3) 除雪車への車載カメラ画像収集システムの設置

除雪車と道路パトロール車両では車載カメラを設置する高さが異なるため、視界状況も異なるのではないかと指摘があり分析したが、吹雪時の画像が少なく十分な分析をできなかった¹⁾。そこで令和5年度は、視線誘導柱にタイムラプスカメラを設置し、高さによる視界状況の違いについて分析を行った。カメラの設置状況を図9に示す。カメラは道路パトロール車両における車載カメラ設置位置と除雪車における車載カメラ設置位置を想定し、1.5mと2.7mの高さに設置してデータを蓄積した。2.7mの高さに設置したタイムラプスカメラで取得した画像のWIPS値をx軸に、1.5mの高さに設置したタイムラプスカメラで取得した画像のWIPS値をy軸にした散布図から視界状況の比較を行った。その結果を図10に示す。WIPSが7.0以上の時は高さに寄らず、概ね一致していた。一方でWIPS7.0未満の時は、2.7mのタイムラプスカメラで撮影した画像のほうが、ややWIPS値が高い傾向であった。低い地吹雪が発生した際に、除雪車の視界状況の方が良い可能性が考えられる。



図9 カメラの設置状況

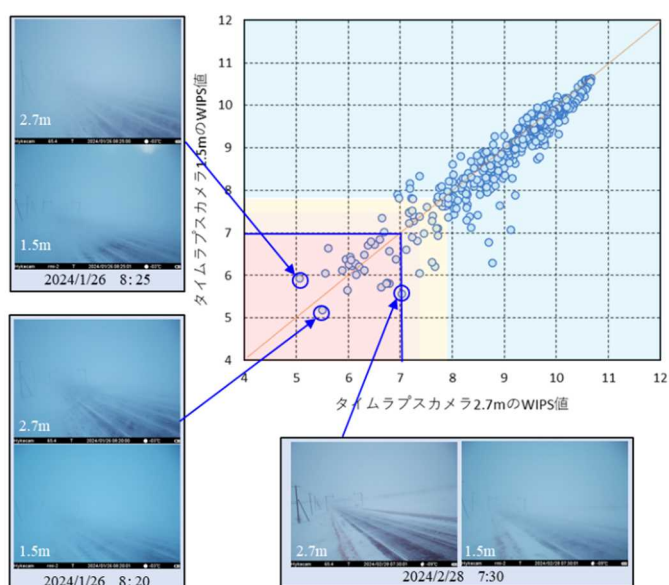


図10 視界状況の高さによる比較

4. 今後の課題

主に夜間の視界判定の精度、動画の閲覧に課題がある。夜間の視界判定については、本システムが画像のコントラストから分析している都合上、昼間と夜間では判定の基準が異なる。また、夜間は肉眼でも遠方の状況まで把握しづらく、画像でも同様に精度が低くなる。対向車の前照灯による画像の白トビの際には視程障害と誤判定することもある。夜間の判定精度を向上させる必要がある。動画の閲覧については、静止画像より動画のほうがより状況が伝わりやすく、動画を閲覧したいとの要望があった。しかし、すべての時間で動画を撮影し、サーバーへアップロードするとサーバー容量の圧迫、通信料金の増額、車載PCのスペック上の制約の問題が発生する。視程障害が発生している区間の数秒だけ動画を閲覧できるようにするなど、一部でも動画を閲覧できるよう改善していきたい。

5. まとめ

道路管理者と国道の維持業者間における円滑な吹雪状況の共有に向けて、車載カメラ画像収集システムを活用し、画像と視界状況の即時共有を図った。共有したWebサイトの閲覧数を整理した結果、悪天候時に閲覧数が増加する傾向にあることから、国道の通行止めを判断する際の道路管理者と国道の維持業者間の情報共有のツールとして有用であると考えられる。また、取得したデータは、リアルタイムで情報共有する以外にも防災関連資料などの場面で活用が期待できる。さらに、CCTVカメラのみでは局所的に発生する吹雪を把握しきれないことから、未設置の区間を補うための代替用カメラとして車載カメラ画像収集システムの活用は有用と考える。今回の取り組みを得て有用性が確認出来たことから、釧路開発建設部管内全域の道路パトロール車両へ搭載できるようエリアを広げたい。

【参考文献】

- 1) 三村北斗ほか：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，2024ふゆトピア・フェアin北広島
- 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.