

車載カメラの画像を用いた吹雪時の視界状況評価

Visibility Estimation in Snowstorm Using Road Images Recorded by On-board Video Camera

永田 泰浩¹, 金田 安弘¹, 森本 勝己², 高橋 翔³, 萩原 亨³
Yasuhiro Nagata¹, Yasuhiro Kaneda¹, Katsumi Morimoto², Sho Takahashi³, Toru Hagiwara³
Corresponding author: nagata@decnet.or.jp (Y. Nagata)

本研究では、小型カメラで撮影した静止画像から道路前方の視界状況を自動判別する「車載型カメラ画像収集システム」を、吹雪の多発区間を走行する道路パトロール車両に搭載し、ホワイトアウトを含む厳しい視界不良時の評価結果や、夜間の視界不良時の評価結果について検証した。その結果、夜間の評価について、人間の目視による評価と概ね一致するものの、対向車などの影響を考慮する必要があることがわかった。

1. はじめに

1. 1 背景

北海道における冬期の通行止めの原因としては、古くから吹雪による視程障害や吹きだまり障害が多くを占めてきた。これは近年でも変わらず、平成29年度から令和3年度の5冬期（12月～3月）の北海道内の国道の通行止め原因でも、吹雪が全体の57%と半数以上を占めている。吹雪による道路障害の対策、対応が難しい理由として、吹雪の状況が短時間で変化する（時間的な変動が大きい）ことと、吹雪の状況が局所的に変化する（空間的な変動が大きい）ことが挙げられる。

1. 2 既存技術のレビュー

吹雪時に現地道路状況を正確に把握する方法として、道路沿いに整備されたCCTVカメラの静止画像をインターネットで閲覧する方法がある。北海道開発局のサイト「北海道地区道路情報」では、15分間隔であった静止画像の更新間隔が、令和元年度から5分間隔に短縮された。時間的な変動が大きい吹雪時の道路状況の把握には効果的と考えられる。

北海道開発技術センターでは、CCTVカメラの静止画像に画像解析を行い、連続的な画像評価値として視界の状況を定量的に把握するとともに、人間が画像を目視して感じる視程との関係から、4段階の視界レベルに変換する視認性評価システムを、北海道大学とともに開発してきた¹⁾²⁾³⁾。技術の概要としては、CCTVカメラが撮影した静止画像の各画素の明るさの分布を2次元フーリエ変換によって空間周波数成分に分解し、人間の

感じることのできる空間周波数帯のパワースペクトル合計値を画像評価値 Weighted Intensity of Power Spectrum（以後，“WIPS”と称す）として、算出する方法である。WIPSの値は視界良好時に大きくなり、視界不良時には小さくなる。前述のCCTVカメラの静止画像の更新間隔の短縮は、視認性評価システムにとっても、非常に有益な変更であった。

一方、CCTVカメラは道路沿いに固定されているため、必ずしも吹雪の最も厳しい箇所の状況を捉えているとは限らない。そこで、局所的に変化する吹雪の状況の把握を目的として、道路パトロール車両にカメラを設置し、CCTVカメラと同様の画像解析によって道路前方の視界状況を定量的に評価する車載型カメラ画像収集システム（以後，“車載型システム”と称す）を開発した⁴⁾。車載型システムは、10秒間隔で道路前方の静止画像を収集するとともに、その場で4段階の視界レベルに変換し、道路沿いの視界状況を線的に把握、蓄積することができるものである。

1. 3 研究目的

車載型システムの動作状況については、北海道東部の釧根地域で検証を行ってきた⁵⁾。釧根地域は、降雪は多くないものの地吹雪の発生が多い地域である。本研究では、北海道内でも降雪を伴う吹雪の頻度が高く、厳しい吹雪が多発する北海道北部日本海側の地域に車載型システムを適用し、ホワイトアウトを含む厳しい視界不良時の評価結果の検証と、これまで課題となっていた夜間の視界不良時の評価の可能性検証を目的とした。

¹⁾一般社団法人 北海道開発技術センター

²⁾株式会社 道北土木

³⁾北海道大学工学研究院

Hokkaido Development Engineering Center

Dohoku Doboku Co., Ltd

Faculty of Engineering, Hokkaido University

2. 研究方法～車載型システムの準備

2. 1 車載型カメラ画像収集システム

車載型システムは、図1のように、小型カメラ、GPSセンサー、小型PC、LTE対応USBドングルで構成されている。小型カメラは、フロントガラスの内側に道路前方に向けて設置され、USBケーブルで小型PCに接続されており、小型PCが10秒間隔で3秒間の動画データを収集している。GPSセンサーは車両の屋根にマグネットで固定され、同様にUSBケーブルで小型PCに接続されており、時刻データや位置情報、走行速度を1秒間隔で記録している。小型PCでは、小型カメラからの動画データに対してエッジ処理(静止画像の抽出、画像の軽量化、画像解析による視界状況データへの変換)を行い、動画データ撮影時のGPSデータと紐づけした上でデータを保存する。さらに、小型PCは、撮影時刻のGPSデータ、軽量化した画像データ、視界状況データをセットにして、LTE回線を用い、リアルタイムでクラウドサーバへ送信している。LTE回線が利用できない区間のデータは、一時的に小型PCに保留し、通信状況が改善してからサーバーへ送信する。

2. 2 設置車両の走行区間と設置期間

本研究では、北海道北部の留萌地方を走行する道路パトロール車に、車載型システムを設置した。道路パトロール車の走行区間は、図2に示す初山別村、羽幌町、苦前町を日本海に沿って走行する一般国道232号で、遠別町と初山別村の境である44.478キロポスト(以後、“KP”と称す)から、苦前町と小平町の境であるKP96.35までである。

車載システムの設置期間は、2020年度冬期が12月18日から3月15日、2021年度冬期が12月2日から3月15日、2022年度冬期が12月13日から3月15日までである。



図2 設置車両の走行地域 (北海道のHPより)

3. 研究結果

3. 1 データの蓄積

3冬期のデータの蓄積結果を表1に示した。車載型システムは車両の主電源がオンになると自動的にデータ収集を開始するが、ハンドル横に手動スイッチがあり、データ収集を行わない場合には、手動でオフにすることができる。3冬期にわたってデータを収集、蓄積したが、主電源および手動スイッチがオンになっている状況では、車載型システムは安定的にデータを収集していた。

表1 データの蓄積状況(2020-2022年度冬期)

	2020年度	2021年度	2022年度
12月	7日間 4656data 12.9時間	22日間 14473data 40.2時間	14日間 11655data 32.4時間
1月	9日間 3306data 9.2時間	10日間 4522data 12.6時間	18日間 13975data 38.8時間
2月	14日間 4250data 11.8時間	7日間 3775data 10.5時間	9日間 4528data 12.6時間

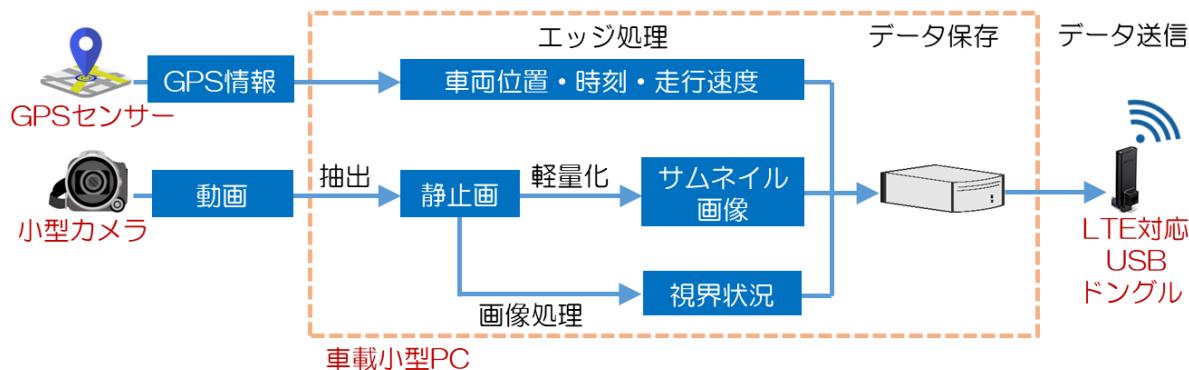


図1 車載型カメラ画像収集システムのデータフロー

3. 2 日中の厳しい視界不良時の検証

ホワイトアウトが発生するような、日中の厳しい視界不良時の視界状況評価について検証した。図3は、初山別村のKP57.8と羽幌町のKP76.1の間で吹雪によって通行止めが発生した2021年2月17日（通行止め時間帯：14時～17時30分）の、通行止め直前の状況である。視界状況を4段階の視界レベルに分類する前のWIPSの経過を折れ線で、車載型システムが収集した画像を図中に示した。図より、WIPSが7を下回るとかなり厳しい視界不良となり、6未満まで低下するとホワイトアウトの画像が多くなっていた。WIPSが8に近づくと、視界状況が改善していた。図中の●の色が4段階の視界レベルを示しているが、画像を見て人間が感じる視程とほぼ一致していた。

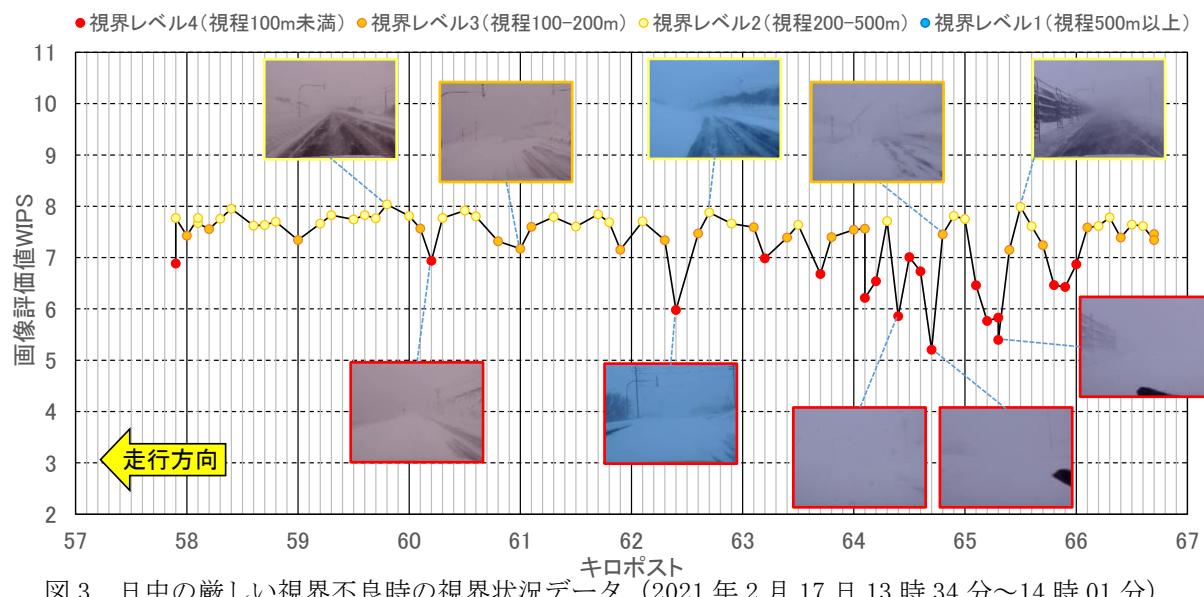


図3 日中の厳しい視界不良時の視界状況データ (2021年2月17日 13時34分～14時01分)

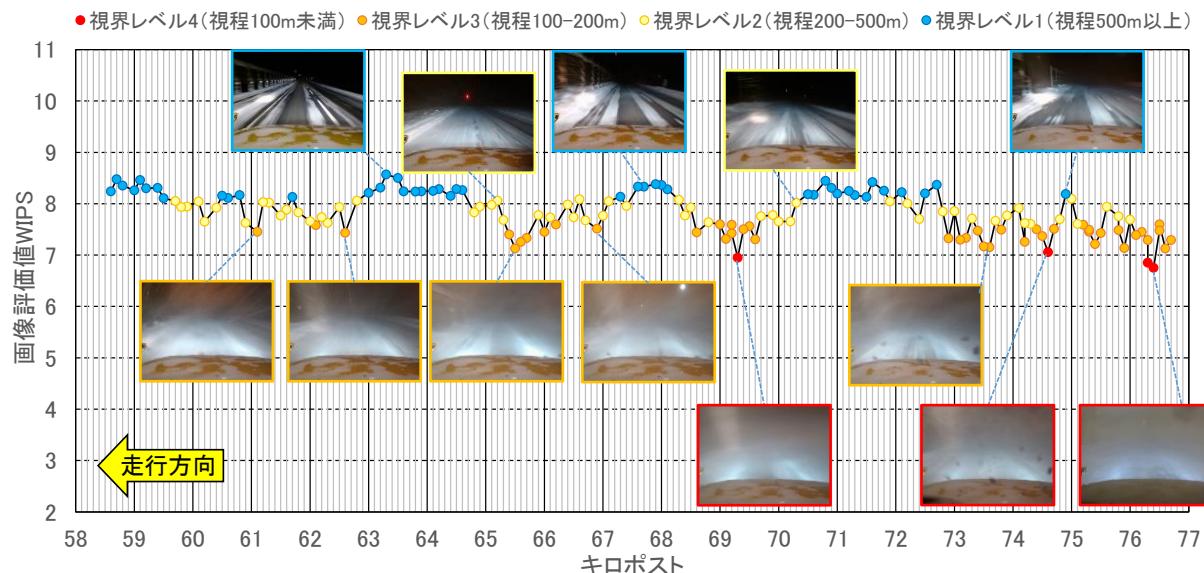


図4 夜間の視界不良時の視界状況データ (2023年1月25日 19時30分～19時56分)

4. 成果と課題

4. 1 本研究の成果

- 本研究の成果は、以下の3点が挙げられる。
- 車載型カメラ画像収集システムは、冬期を通じて安定的に、データを収集、蓄積していた
 - ホワイトアウトを伴うような日中の厳しい視界不良時については、WIPSと人間の感じる視認性の相関性は高く、視界レベルと人間の感じる視界状況はほぼ合致していた
 - 夜間の視界不良時については、WIPSと人間の感じる視認性の相関性は高そうであった

4. 2 今後の課題

検証結果を踏まえると、夜間の視界状況については、いかにしてWIPSから視界レベルへ変換するかが今後の課題と考えられる。

夜間のドライバーの視程は指摘目標物の影響が大きい。実際に運転しているドライバーも、道路照明や矢羽根、道路沿いの看板や建築物などの指摘目標物のない区間においては、前照灯の範囲しか視認できておらず、何メートル先まで見えているのか（視程何メートルなのか）を正確に把握できていないと考えられる。実際、表2の上段の2枚の写真はどちらも視界は良好であるが、道路照明のある右側の画像は数百メートルの視程があることがわかるが、指摘目標物のない左側の画像からは、視程を把握することができない。

表2 指摘目標物によるWIPSへの影響

照明なし←道路照明の影響→照明あり	
2023/1/25 19:59:25 WIPS 8.153	2023/1/25 19:59:55 WIPS 8.424 (+0.271)
対向車なし←対向車の影響→対向車あり	
2023/1/25 19:42:24 WIPS 7.564	2023/1/25 19:34:42 WIPS 8.187 (+ 0.623)

車載型システムの観点で考えると、表2に示したような、視界状況が同じような画像であっても、WIPSの値は道路照明や矢羽根などの影響を受けている。対向車の前照灯は、表2の下段のようにWIPSの値に大きな影響を及ぼしていた。このように、夜間においては、ドライバーの視程と同様に、車載型システムも日中のようにシンプルに視界レベルを把握することは難しいと考えられる。一方で、図4のように、多くの画像ではWIPSの低下とともに視界状況が悪化していくことが確認できている。対向車の前照灯の影響が大きい画像を評価に用いないなどの工夫により、おおよその視界状況を評価することは可能と考えられる。

【謝辞】

車載型カメラ画像収集システムによるデータ収集にご協力いただいた（株）道北土木のパトロール車のドライバーの皆様に深く感謝致します。

【参考文献】

- 1) Hagiwara, T., Ota, Y., Kaneda, Y., Nagata, Y. and Araki, K., 2006: A Method of Processing CCTV Digital Images for Poor Visibility, *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, **1973**, 95-104.
- 2) Nagata, Y., Hagiwara, T., Kaneda, Y., Araki, K. and Sasaki, H., 2008: Application of Road Visibility Information System to Winter Maintenance, *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, **2055**, 128-138.
- 3) 永田泰浩, 萩原亨, 金田安弘, 荒木啓司, 佐々木博一, 2009 : 道路監視用CCTVカメラの画像を利用した視認性情報システムの実用可能性についての研究, 機関誌「交通工学」, **44**, 89-99.
- 4) Nagata, Y., Hagiwara, T., Takahashi, S., Ohashi, K., Kaneda, Y. and Nakamura, 2008: Feasibility Study of Road Visibility Inspection System Using Driving Video Images Recorded by On-board Video Camera, Presented at 102nd Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- 5) 菅田伊宏, 西城能利雄, 金田安弘, 永田泰浩, 2023 : 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,