

自動撮影カメラを用いた夜間の多量降雪評価方法について

A Method for Assessing Heavy Nighttime Snowfall Using Time-Lapse Camera

永田 泰浩¹, 金田 安弘¹
Yasuhiro Nagata¹, Yasuhiro Kaneda¹
Corresponding author: nagata@decnet.or.jp (Y. Nagata)

¹北海道開発技術センター
¹ Hokkaido Development Engineering Center

We have developed an image-analysis-based method for quantitatively evaluating visibility conditions during daytime blowing snow events. However, evaluating visibility from nighttime images has been challenging at dark sites without artificial lighting. In this study, we investigated the use of a camera equipped with infrared LED illumination and confirmed its potential for assessing nighttime snowfall conditions under such environments.

1. はじめに

著者らは萩原らとともに、カメラで撮影した画像から、人間のコントラスト感度特性が高い空間周波数帯域のパワースペクトルを抜き出し、このパワースペクトルを合計した画像評価値 WIPS (Weighted Intensity of Power Spectra) によって吹雪時の視界状況を判定する手法を、20 年以上研究してきた¹⁻³⁾。その結果、道路監視用 CCTV カメラや道路パトロール車に搭載されたカメラ、都市間バスに搭載されたカメラなど、様々なカメラの画像から、日中の時間帯の視界状況が把握できるようになった。一方、長らく課題となっているのが夜間の時間帯である。夜間についても、図 1 (a) のように、道路照明が連続する橋梁部や高規格道路、都市部など、遠方からの視的目標物が、ほぼ連続的に確認できる画像の場合には、吹雪による視界不良時に、遠方から視的目標物が見えづらくなることから、日中と同様に画像評価値 WIPS を用いて視界状況を把握することができた。

一方、図 1 (b) の画像のように、カメラの周辺に光源がなく、真っ暗闇になってしまう地点の場合には、視界状況を把握するどころか、人間が目視で、降雪の有無を把握することも難しかった。

本研究の目的は、これまで視界状況はおろか降雪状況の把握も難しかった真っ暗闇の地点で、降雪状況や吹雪の有無を把握する方法として、赤外線 LED を搭載した自動撮影カメラを活用し、その可能性を検証することである。

2. フィールドと使用データ

2. 1 研究のフィールド

自動撮影カメラは、図 2 に示す北海道幌延町に設置した。一般国道 40 号の北側に、東南東向きに設置してある。カメラ設置箇所の西側約 6km には気象庁の幌延アメダスが、北側約 16km には豊富アメダスがある。幌延アメダスは、降水量のみの観測であるが、豊富アメダスでは、降水量のほか、気温や風向風速、降雪の深さも観測している。



図 1 夜間における画像からの視界状況の把握方法



図2 自動撮影カメラの設置箇所と周辺アメダス

2. 2 自動撮影カメラ

使用した自動撮影カメラは、株式会社ハイクが販売している「ハイクカム LT+IoT」であり、野生動物の撮影などに広く使用されているものである。カメラ自体は高解像度で撮影可能であるが、今回は通信機能を用いて送信されてきた 640 ピクセル×480 ピクセル（解像度 96dpi）の静止画（JPEG）を使用した。夜間撮影時には赤外線が照射される。赤外線の波長は 940nm（ノーグロー）であり、照射距離は最大 20m となっている。なお、画像の EXIF 情報を確認した限りでは、夜間撮影時の絞りは f/1.8、ISO は 3200、シャッタースピードは 1/15 秒であった。

2. 3 使用データ

(1) データ収集期間

自動撮影カメラでの画像データ収集期間は、2025 年 12 月 1 日から 2026 年 3 月 31 日であり、撮影間隔は 30 分である。

(2) 夜間画像の定義

本研究では、夜間画像を対象としている。薄暮や黎明の時間帯を省くため、夜間画像を、日没 60 分後から日の出 60 分前までの画像と定義して、データを整理した。

(3) データクレンジング

上記の収集期間の夜間画像に対し、目視確認でデータクレンジングを行った。その結果、図 3 に示すようなエラー画像が確認された。ピンボケ事例については、自動撮影カメラの通信用アンテナが映ってしまい、カメラがそこにピントを合わせようとしたために発生したものであった。

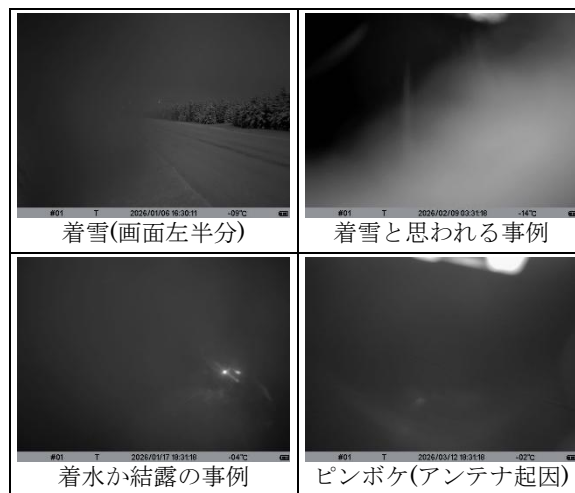


図3 エラー画像として除去した事例

3. 夜間の降雪評価方法

(1) 実画像からのヒントと既存研究

図 4 は、現地で降雪が確認された 2025 年 12 月 21 日の 18 時から 23 時までの 1 時間ごとの画像を示している。図より、我々は 18 時が最も降雪が少なく、21 時が最も雪が激しく降っていたと感じるであろう。さらに順番を付けるならば、19 時と 22 時は 18 時の次に降雪量が多く、20 時と 23 時は 21 時ほどではないものの、19 時と 22 時に比べると降雪量が多いように感じるであろう。これは画像を見た際に、画像上を横切る雪粒子の軌跡の量を見て、我々が降雪量を判断しているからであると考えられる。



図4 降雪時の夜間画像（2025 年 12 月 21 日）

竹内⁴⁾は、『吹雪時の視程に関する研究吹雪時の視程に関する研究』において、「雪の場合、視程は雪による光の減衰だけでなく、残像なども含めた人間の目の心理的、生理的機能にも影響されている。」と述べている。また、最近では、この竹内の研究結果も踏まえて研究を行った櫻井ら⁹⁾が、「人の眼で見た吹雪時の視程は、単純な飛雪空間濃度だけでは表現できないことが過去の研究（※上記の竹内の研究）で指摘された。その原因は、人の眼による飛雪粒子の残像であると考えられた」と述べている。

このような既存研究も踏まえ、我々は夜間の暗闇における降雪の評価方法として、飛雪粒子の軌跡の量を定量的に把握する方法を考えた。

(2) 画像評価方法

画像評価値 WIPS は、画像に含まれる明るさ分布の空間周波数の大小を評価している指標である。まず、画像のうちの 256×256 ピクセルのエリアを切り抜き、グレースケールに変換する。変換したグレースケールの画像に対して高速フー

リエ変換を行った上で、人間のコントラスト感度を踏まえた空間周波数帯域フィルタ処理を行い、画像評価値 WIPS を算出する。

自動撮影カメラが暗闇で撮影する赤外線 LED を照射した画像はもともとカラーではなく、白黒2色のグレースケールである。図4のように、降雪時には白黒のコントラストが大きくなることから、画像評価値 WIPS で、飛雪粒子の軌跡の量を定量的に把握できると考えた。

4. 夜間の降雪評価結果と検証

4. 1 夜間の降雪評価結果

2.3 で収集した夜間画像について、画像評価値 WIPS を算出した。図5は、収集した夜間画像を画像評価値 WIPS が大きい順に並べた結果である。左上が最も WIPS の値が大きく、右下に行くほど WIPS の値が小さくなる。図より、画像評価値 WIPS の値が大きい画像は、飛雪粒子の軌跡が多いことが確認できる。画像評価値 WIPS の算出によって、夜間の降雪画像を自動的に抽出できる可能性が確認できた。一方、画像の中央付近に、

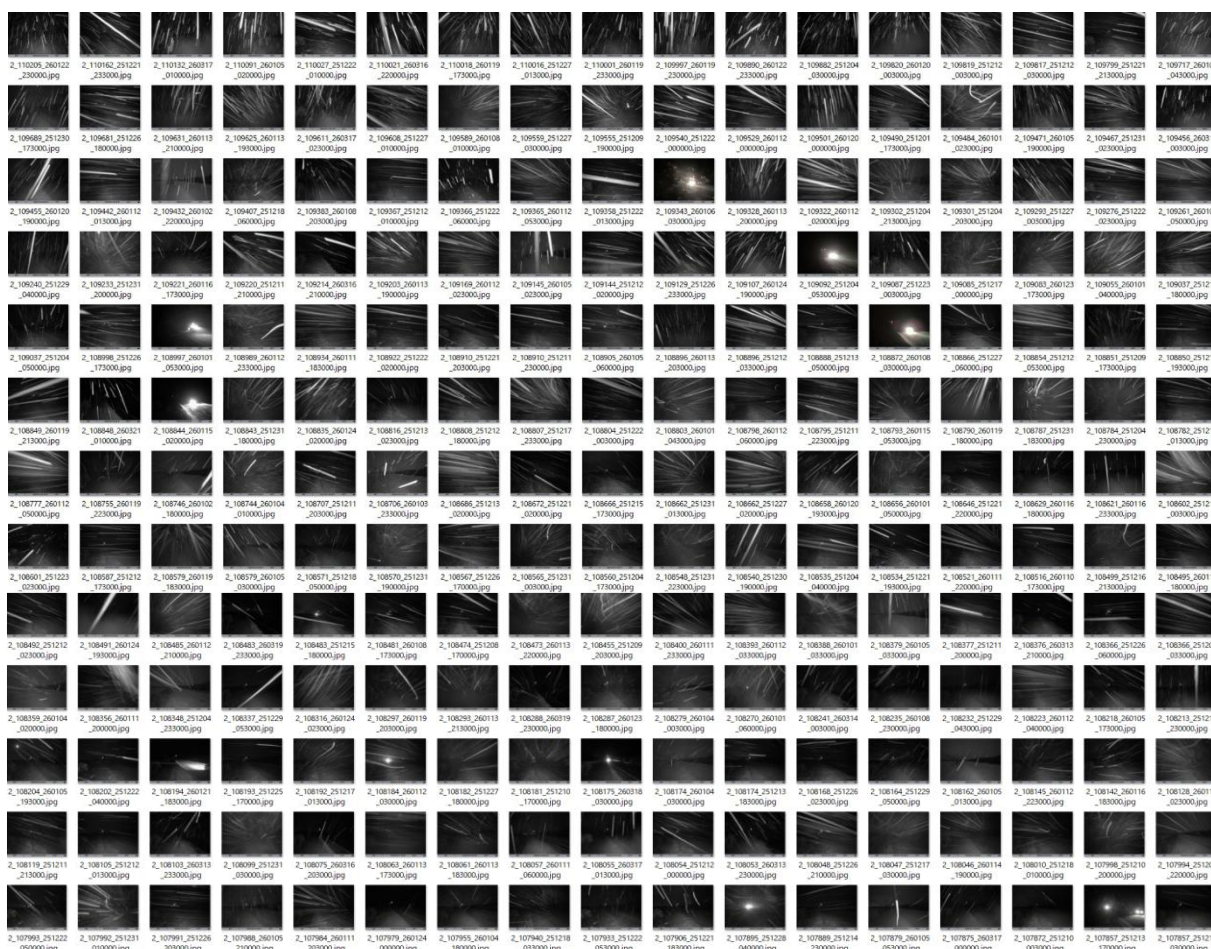


図5 画像評価結果（画像評価値 WIPS が大きい順に並べ直した結果）

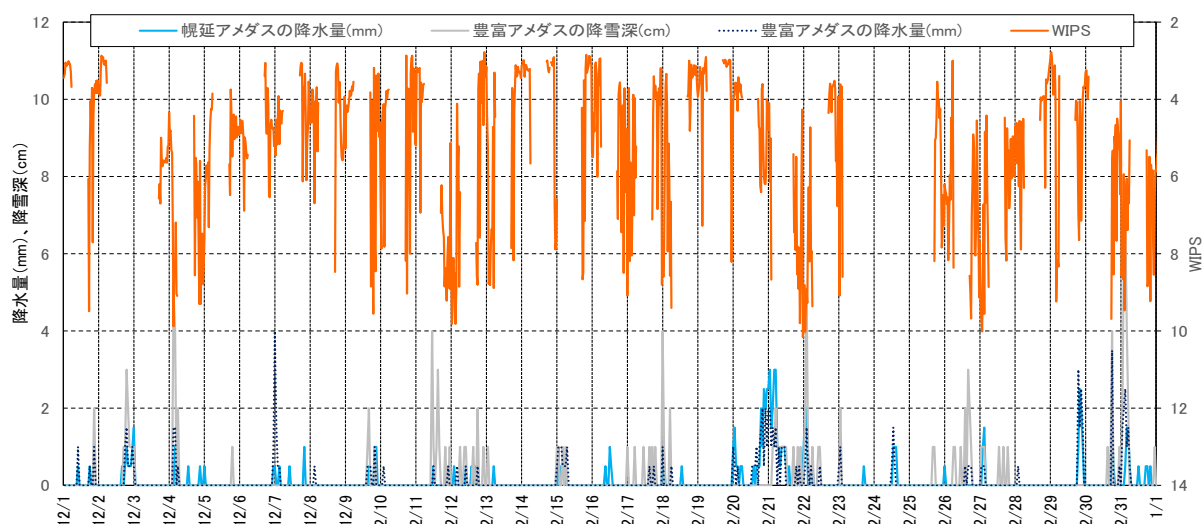


図6 画像評価値 WIPS の経過と気象データの比較 (2025 年 12 月)

白い点が確認できる画像が何点か含まれている。これは道路を走行している車両の前照灯が写り込んだ画像であった。

4. 2 気象データを用いた検証

図6には、2025年12月におけるの画像評価値 WIPS の経過と、近傍の幌延アメダスの降水量、豊富アメダスの降水量、降雪の深さの観測結果を示した。12月4日、22日、31日など、豊富アメダスの降雪が多くなった時間帯は、WIPS の値が大きくなっていた。一方、12月20日の夜は、幌延アメダスでまとまった降水が観測されているが、WIPS の値は低いままであった。当日は18時の気温が5.1℃、24時で2.7℃と気温が高く、雪ではなく雨として降っていたため、WIPS が反応していないと思われる。逆に12月16日の夜は、降水や降雪が確認されていない中で、WIPS の値が大きくなっていた。当日の18時～24時は、豊富アメダスの気温が-13～-15℃と冷え込む中、風速が5.9～7.7m/s と大きく、吹雪が発生していたと考えられる。

5. おわりに

(1) 結論

自動撮影カメラの赤外線 LED 照射画像と、画像評価値 WIPS の活用により、夜間にほぼ暗闇となる地点においても、降雪の自動検知ができる可能性が確認できた。

(2) 考察

画像撮影時の風向によって WIPS の数値が影響を受ける可能性が考えられるが、飛雪の方向を検知することで、降雪と吹雪を判別できる可能性

がある。これまで、強風を伴う吹雪時は、雨量計の捕捉率の低下や、積雪深計の計測領域での雪の剥離などにより、気象測器での吹雪発生の把握が難しい状況であった。WIPS からは吹雪の発生を比較的容易に正確に把握できる可能性がある。

(3) 課題

本研究では、目視でエラー画像を判別しており、全てを自動化するためには、エラー画像判別の自動化が必須である。また、自動撮影カメラの赤外線 LED 照射についての条件が不明であり、正確な評価に向けては、その点を把握する必要がある。

【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. *Journal of the Transportation Research Board*, No.1973, 95-104
- 2) Nagata Yasuhiro, Hagiwara Toru, Kaneda Yasuhiro, Araki Keiji and Sasaki Hirokazu. (2006): Application of Road Visibility Information System to Winter Maintenance. *Journal of the Transportation Research Board*, No.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) 竹内政夫 (1980): 吹雪時の視程に関する研究吹雪時の視程に関する研究. 土木試験所報告, 第74号
- 5) 櫻井俊光, 武知洋太, 越國一九, 松澤勝 (2025): 人の眼を模倣したカメラによる吹雪時の視程. 雪氷研究大会(2025・津) 講演要旨集, 38.