

冬期道路の視界状況と XRAIN 雨量データの降水強度の関係について

Relationship between Visibility Conditions on the Road in Winter and Rainfall Intensity of XRAIN Rainfall Data

北海道大学大学院工学院	○学生員	中村裕貴 (Yuki Nakamura)
北海道大学大学院工学研究院	フェロー	萩原亨 (Toru Hagiwara)
(一社) 北海道開発技術センター	非会員	永田泰浩 (Yasuhiro Nagata)
北海道大学大学院工学研究院	正員	高橋翔 (Sho Takahashi)
(株) 北海道気象技術センター	非会員	鶴巻亮一 (Ryoichi Tsurumaki)
(株) 北海道気象技術センター	正員	松岡直基 (Naoki Matsuoka)

1. はじめに

北海道では、冬期に吹雪によって道路上で視界不良が発生し、車両の通行の障害や交通事故のリスクが高まる。吹雪による視界不良をセンシングするため、永田・萩原らは道路沿いに設置された CCTV カメラの画像から Weighted Intensity of Power Spectra (以降、WIPS) によって視界状況を評価し、道路管理者に視界情報を提供するシステムを構築した^{1),2)}。WIPS は、人のコントラスト感度が高い空間周波数領域のパワースペクトルを合計したものである。吹雪や霧が生じると、光の散乱や遮蔽を要因として撮像領域内の物体や背景のコントラストが小さくなり、低い空間周波数のパワースペクトルが大きくなる。その結果、WIPS は小さくなる。また、中村らは国道 272 号沿いに設置されている CCTV カメラ画像の WIPS を用いて道路の視界不良をセンシングした。その結果、WIPS は降雪がなくても雪が舞いやすい雪面状況のとき、強風による視界不良を的確に評価できており、CCTV カメラを用いた視界評価の利点を示した³⁾。一方、降雪の影響による道路の視界状況を評価するとき、道路沿いの CCTV カメラを用いることの課題は多い。視界不良となる原因を知ろうとしたとき、アメダスの観測点は少なく、道路路線からも遠いため、路線沿いの降雪に関する情報がない。

そこで、本研究では CCTV カメラで捉えた視界状況と道路の路線沿いの降雪の関係を詳細に分析するため、250m メッシュ・1 分間隔の国土交通省 X バンド MP レーダネットワーク (以降、XRAIN) の雨量データを利用することを試みる。XRAIN 雨量データの降水強度が、道路走行環境において有用かを、東らは検証した。その結果、XRAIN 雨量データは、アメダスの降水量よりも道路走行環境下の降水量を正しく把握することが確認され、道路の走行速度を考慮した降水強度の推定手法として提案された⁴⁾。XRAIN 雨量データの降水強度は 250m メッシュ・1 分間隔で提供され、これまで道路沿いの CCTV カメラ画像で捉えた視界状況の変化への影響を分析することが可能となることが期待される。本研究では、XRAIN 雨量データの降水強度が、冬期道路の視界が変化する状況を説明できる可能性について検証した。



図-1 分析対象区間の地図

2. 分析対象区間とデータ

2-1 分析対象区間と対象日時の選定

本研究の分析対象区間は、図-1 に示す国道 232 号羽幌～初山別の約 20 km (K.P. 78.0～K.P. 56.0) とした。この区間は冬期に西風が吹き、視界不良が発生しやすい。この区間には、図-1 に赤色で示した 6 箇所の CCTV カメラと、緑色で示した 2 箇所のアメダスがある。

分析対象日時は、降雪と吹雪による影響をそれぞれ調べるために、気温が氷点下かつ西風で降雪状況のみが異なる 2020 年 12 月 26 日と 12 月 31 日を選択した。12 月 26 日の天候は、XRAIN で弱い降雪が観測された。一方、12 月 31 日の天候は、午後から風速が増し、XRAIN で強い降雪が観測された。

2-2 分析に用いるデータ

本分析に用いるデータは、下記(1)～(3)である。

(1) XRAIN 雨量データと CCTV カメラの画像

XRAIN は、国土交通省が構築した降水量を観測するシステムである。路線の区間毎 (最短 250m 区間) の降水量 (mm/h) を 1 分毎に知ることができる。

本研究では、250m メッシュの平均値から算出された 1 km メッシュの XRAIN 雨量データを降水強度 (mm/h) とした。また、CCTV カメラの画像が収集される時間間隔は 5 分となっており、指定時刻からその 5 分前までの間のいずれかで収集されている。XRAIN 雨量データは上空の降水粒子の観測による降水強度であり、地上にそ

				
K.P. 75.7 13:00 WIPS:10.4	K.P. 61.1 14:30 WIPS:8.8	K.P. 67.8 15:15 WIPS:7.7	K.P. 61.1 13:45 WIPS:6.2	K.P. 67.8 13:45 WIPS:4.8
遠方までの道路が見える	画像中央までの道路が見える	500m前方の道路まで見える	150m前方の道路まで見える	50m前方の道路が見える
降水強度:0.0mm/h	降水強度:0.1mm/h	降水強度:0.4mm/h	降水強度:0.8mm/h	降水強度:1.4mm/h
視程:1,000m以上	視程:500~1,000m	視程:200~500m	視程:100~200m	視程:100m未満

図-2 WIPS と視認できる道路・降水強度の関係

の降水が反映されるまで、ある程度の時間差が生じる。これらの理由から、道路の視界状況と関連づける降水強度として10分間の平均値を分析に用いた。

(2) アメダスによる気象データ

分析対象区間には、K.P. 78.0 付近に羽幌アメダス、K.P. 58.0 付近に初山別アメダスがある。本研究では、2箇所のアメダスから気温・風向・風速のデータを10分単位で収集し、該当日時のデータを使用した。

2020年12月26日は、気温が両アメダスで-5℃前後であった。風速は羽幌アメダスで13時以降10.0m/s以上、初山別アメダスで正午以降10.0m/s以上だった。なお、風向は両アメダスとも西または西北西だった。

2020年12月31日は、気温が両アメダスで-7℃前後であった。風速は羽幌アメダスで13時30分以降10.0m/s以上、初山別アメダスで14時頃に10.0m/s、その後弱くなり15時過ぎに再度10.0m/s以上となった。なお、風向は両アメダスで13時まで南東、それ以降は西北西だった。

(3) WIPS

本研究では、CCTVカメラの視界変化を評価する指標として、WIPSを用いている。WIPSは、萩原らにより開発された視界状況を推定するための評価指標である⁵⁾。WIPSは、吹雪や霧が生じると、光の散乱や遮蔽を要因として撮像領域内の物体や背景のコントラストが小さくなり、低い空間周波数のパワースペクトルが大きくなる。その結果、WIPSは小さくなる。

2-3 降水強度の分類

本研究では、10分間平均値の降水強度(mm/h)を、CCTVカメラの画像内で視認できる道路の距離(m)と画像のWIPSをもとに、降水レベルとして5段階に分類した(図-2)。

- ・降水レベル1(白色): 0.0 mm/h 以上 0.1 mm/h 未満
- ・降水レベル2(灰色): 0.1 mm/h 以上 0.5 mm/h 未満
- ・降水レベル3(黄色): 0.5 mm/h 以上 1.0 mm/h 未満
- ・降水レベル4(橙色): 1.0 mm/h 以上 2.0 mm/h 未満
- ・降水レベル5(赤色): 2.0 mm/h 以上

3. 降水強度の分布

3-1 2020年12月26日の降水強度の分布

図-3は、2020年12月26日の降水レベルの分布を示している。12時台、対象区間の中央部(K.P. 63.0~K.P. 70.0)で最大降水レベル3、その他の区間は降水レベル

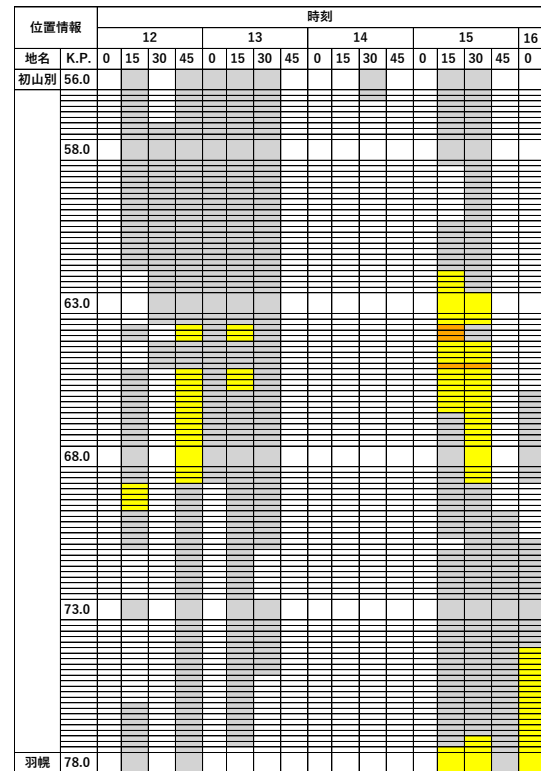


図-3 降水強度の分布[2020年12月26日]

1~2を観測した。13時台、対象区間の北部(K.P. 56.0~K.P. 63.0)で降水レベル1~2、中央部(K.P. 63.0~K.P. 66.0)で最大降水レベル3を観測した。対象区間の南部(K.P. 66.0以南)は降水レベル1~2を観測した。14時台、全区間で降水レベル1~2を観測した。15時台は、対象区間の北部(K.P. 62.0以北)で降水レベル1~2、中央部(K.P. 62.0~K.P. 68.0)と南端(K.P. 78.0)で降水レベル3~4を観測した。対象区間の南部(K.P. 68.0~K.P. 77.0)は降水レベル1~2を観測した。

全体として、2020年12月26日は降水レベル1~2への分布が多く、降水レベル3以上の観測は少なかった。

3-2 2020年12月31日の降水強度の分布

図-4は、2020年12月31日の降水レベルの分布を示している。12時台は、全区間で降水レベル1を観測した。13時台は、対象区間の北部(K.P. 56.0~K.P. 58.0)で降水レベル1~2、その他の区間(K.P. 58.0~K.P. 77.0)で最大降水レベル4を観測した。対象区間の南端(K.P. 78.0)は最大降水レベル5を観測した。14時台は、

ほとんどの区間で降水レベル 1~2 で, K.P. 63.0 付近で最大降水レベル 3 を観測した. 15 時台は, 対象区間の北~中央部 (K.P. 56.0~K.P. 70.0) で最大降水レベル 3~5, 南部 (K.P. 70.0 以南) で降水レベル 3 を観測した.

全体として, 2020 年 12 月 31 日は 13 時台と 15 時台に降水レベル 4 以上となり, 断続的に強い雪が観測された.

3-3 CCTV カメラ画像の WIPS と降水強度

本研究では, 両日とも着雪の影響を受けず, 画像から視界の変化を判別できた K.P. 67.8 と K.P. 72.0 のカメラを対象に分析した.

(1) K.P. 67.8[2020 年 12 月 26 日]

図-5(a)は, K.P. 67.8 における 2020 年 12 月 26 日の WIPS と降水強度の変化である. 図-5(b)は, K.P. 67.8 の CCTV カメラの画像で, 画像内の赤枠が WIPS の算出位置である.

K.P. 67.8 では, 12 時から 13 時にかけて降水強度は 1.0 mm/h 未満となった. WIPS の最小値は 12 時 45 分に 7.7 となった. 画像から分かるように, 視程 500m 程度の視界不良となった. 13 時から 15 時の降水強度は 0.0 mm/h から 0.2 mm/h を推移し, WIPS は視界状況が良好な 8.0 から 10.0 の間に分布した. 15 時から 16 時になると, 0.5 mm/h の降水強度を観測した. WIPS も再び最小値は 15 時 15 分に 7.7 となった. 画像から分かるように, 視程 500m 程度の視界不良となった. 12 時から 13 時および 15 時から 16 時のどちらも降水強度は弱い, 地上に降った雪が無い, 視界が悪くなった事例と考えられる.

(2) K.P. 72.0[2020 年 12 月 26 日]

図-5(c)は, K.P. 72.0 における 2020 年 12 月 26 日の WIPS と降水強度の変化である. 図-5(d)は, K.P. 72.0 の CCTV カメラの画像で, 画像内の赤枠が WIPS の算出位置である. K.P. 72.0 では, 12 時から 13 時にかけて降水強度は 0.5 mm/h 未満となった. WIPS の最小値は 12 時 45 分に 5.6 となった. 画像から分かるように, 視程 100m 程度の視界不良となった. 13 時から 15 時の降水強度は 0.0 mm/h から 0.2 mm/h を推移し, WIPS は視界状況が良好な 8.0 から 10.0 の間に分布した. 15 時から 16 時になると, 0.5 mm/h の降水強度を観測した. WIPS も再び最小値は 15 時 30 分に 5.7 となった. 画像から分かるように, 視程 100m 程度の視界不良となった. 12 時から 13 時および 15 時から 16 時の降水強度は弱い, 両アメダスの風速は 10.0m/s 以上だった. 地上に降った雪が風で舞い, 視界が悪くなった事例と考えられる.

(3) K.P. 67.8[2020 年 12 月 31 日]

図-6(a)は, K.P. 67.8 における 2020 年 12 月 31 日の WIPS と降水強度の変化である. 図-6(b)は, K.P. 67.8 の CCTV カメラの画像で, 画像内の赤枠が WIPS の算出位置である. K.P. 67.8 では, 12 時から 13 時にかけて降水強度は 0.0 mm/h となった. WIPS は視界状況が良好な 10.0 以上に分布した. 13 時から 14 時になると, 1.5 mm/h 未満の降水強度を観測した. WIPS の最小値は 13 時 45 分に 4.8 となった. 画像から分かるように, 視程 100m 未満の視界不良となった. 14 時から 15 時の降水

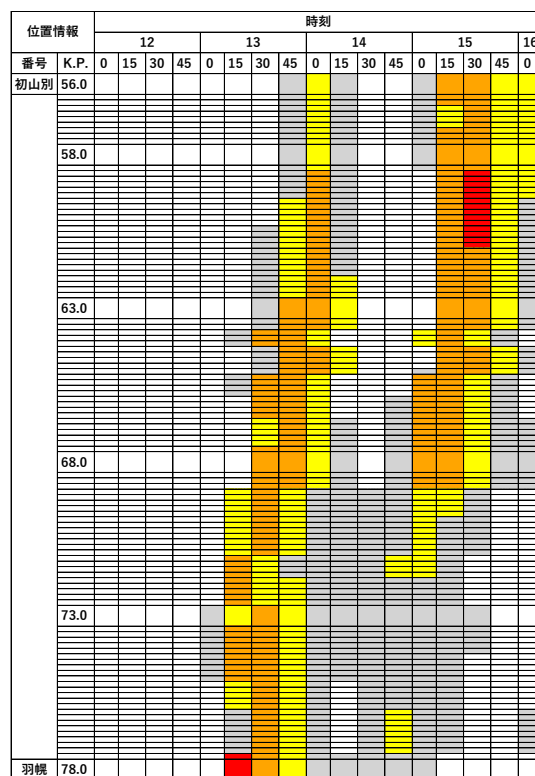
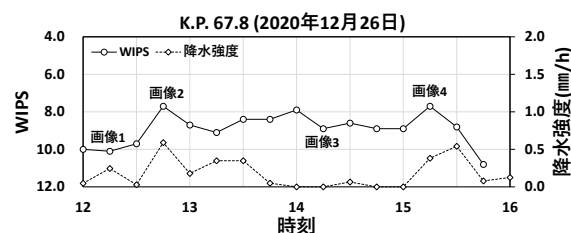
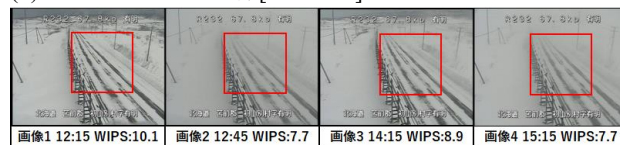


図-4 降水強度の分布[2020 年 12 月 31 日]

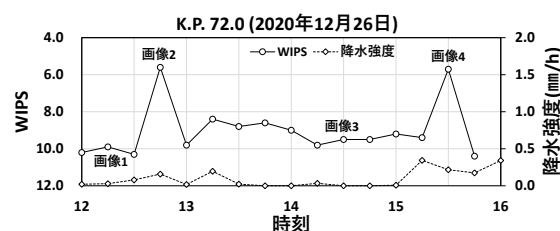
(a) WIPS と降水強度の変化[K.P. 67.8]



(b) CCTV カメラの画像[K.P. 67.8]



(c) WIPS と降水強度の変化[K.P. 72.0]



(d) CCTV カメラの画像[K.P. 72.0]

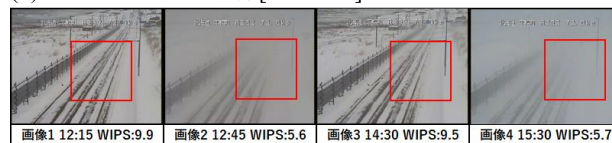


図-5 WIPS と降水強度の変化・CCTV 画像[12 月 26 日]

強度は 0.0 mm/h から 1.0 mm/h 未満となったが, WIPS は 6.0 以下となった. 風の影響で, 視界が悪くなった事例

と考えられる。15時から16時になると、ふたたび1.0 mm/hを超える降水強度を観測した。WIPSも再び最小値は15時00分に6.3となった。画像から分かるように、視程100m程度の視界不良となった。強い降水の影響で、視界が悪くなった事例と考えられる。

(4) K.P. 72.0[2020年12月31日]

図-6(c)は、K.P. 72.0における2020年12月31日のWIPSと降水強度の変化である。図-6(d)は、K.P. 72.0のCCTVカメラの画像で、画像内の赤枠がWIPSの算出位置である。K.P. 72.0では、12時から13時にかけて降水強度は0.0 mm/hとなった。WIPSは視界状況が良好な10.0以上に分布した。13時から14時になると、2.0 mm/h未満の降水強度を観測した。WIPSの最小値は13時45分に6.8となった。画像から分かるように、視程100m未満の視界不良となった。降水強度の増加に伴い、視界が悪くなった事例と考えられる。一方、14時から15時の降水強度は0.0 mm/hから0.5 mm/hと弱まったが、WIPSの最小値は14時30分に4.5となった。画像から分かるように、視程100m未満の視界不良となった。14時30分の風速は羽根アメダスで13.3m/sだった。風の影響で、視界が悪くなった事例と考えられる。15時から16時になると、降水強度は0.0 mm/hとなった。WIPSの最小値は15時00分に5.7となったが、その後は視界状況が良好な8.0から10.0の間に分布した。

このように、XRAIN雨量データによる降水強度とCCTVカメラの画像、アメダスの風速から、降水による雪や風の影響で冬期道路における視界状況の変化を捉えることができた。

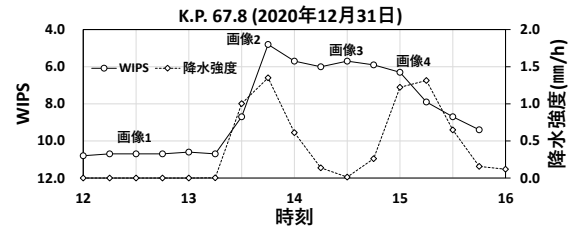
4. まとめ

本研究では、XRAIN雨量データの降水強度(mm/h)と、道路沿いのCCTVカメラ画像のWIPSから、道路上の視界を定性的に比較・分析した。分析の結果、降水強度(mm/h)の変化に伴いCCTVカメラの画像で視界が変化した事例と、降水強度(mm/h)が弱くても風の影響でCCTVカメラの画像で視界が変化した事例があった。CCTVカメラの画像と降水強度、風速の複合的な活用により、冬期道路の視界が変化する状況を説明できる可能性を示唆する結果となった。

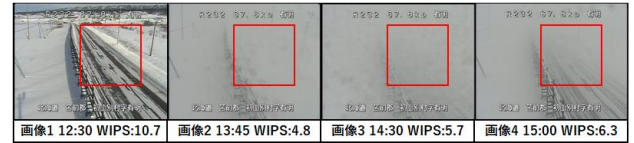
XRAIN雨量データによる降水強度(mm/h)は、レーダーでの観測であり、上空での降水と地上での視界変化には時間差が生じる可能性がある。CCTVカメラの画像は、地上での視界の変化を捉えることができるが、画像が示すのは瞬間的な視界状況であり、連続的な視界の変化ではない。そのため、降雪・吹雪など視界不良になる要因を分析するうえで、降水強度のデータが必要となる。XRAIN雨量データによる降水強度(mm/h)の活用は、連続的かつ面的な降水の変化から視界状況を示す指標として、離散的なCCTVカメラの画像では把握しきれない視界状況を補完することも期待できる。

本研究では、2020年度冬期のうち2日間の吹雪時の事例を分析した。今後、晴天時を含め多様な気象条件における視界状況の分析が必要となる。また、5分間隔のCCTVカメラ画像を使うことで時間解像度を高め、道路

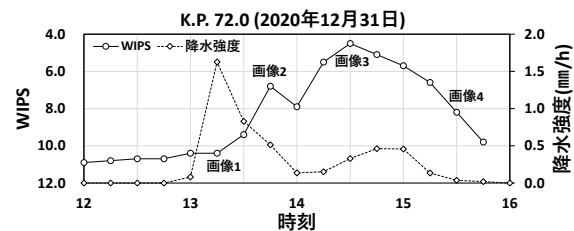
(a) WIPSと降水強度の変化[K.P. 67.8]



(b) CCTVカメラの画像[K.P. 67.8]



(c) WIPSと降水強度の変化[K.P. 72.0]



(d) CCTVカメラの画像[K.P. 72.0]

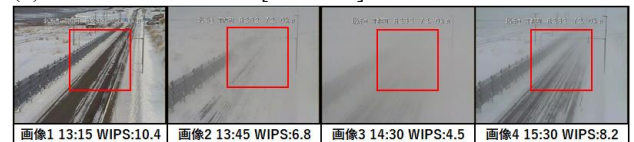


図-6 WIPSと降水強度の変化・CCTV画像[12月31日]

における視界不良への降水強度の影響を分析していきたい。このとき、道路の地形や防雪柵の有無など、沿道環境などによる視界不良への影響も考慮していきたい。

参考文献

- 1) Nagata, Y., Hagiwara, T., Kaneda, Y., Araki, K. and Murakami, K.: Simple way to use closed-circuit television road images for poor-visibility information, Transportation Research Record, Vol. 1980, pp. 105-116, 2006.
- 2) 永田泰浩, 金田安弘, 越後謙二, 萩原亨, 正岡久明, 星野洋, 間山大輔, 松岡直基, 佐藤隆光: CCTVカメラの画像を用いた飛雪状況の評価の可能性について, 雪氷研究大会(名古屋), 日本雪氷学会, 2016.
- 3) 中村裕貴, 萩原亨, 永田泰浩: CCTVカメラの画像処理を用いた暴風雪時の視程障害検知に関する研究, 土木学会論文集 D3(土木計画学) 特集号, Vol. 74, No. 5, pp. I_165-I_172, 2018.2
- 4) 東俊孝, 矢神卓也, 中北英一, 古賀光彦: 走行速度を考慮した降雨強度推定手法の提案, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 71, No. 4, pp. I_493-I_498, 2015.
- 5) Hagiwara, T., Ota, Y., Kaneda, Y. and Araki, K.: Method of processing closed-circuit television digital images for poor visibility identification, Transportation Research Record, Vol. 1973, pp. 95-104, 2006.