

コネクティッドカーを活用したスタック発生のリスク検討について

北陸地方整備局 新潟国道事務所 調査課 非会員 菅原 隆聖
北陸地方整備局 新潟国道事務所 調査課 非会員 田中 みわ

1. はじめに

(1) 検討経緯

2020年12月の関越自動車道や2022年12月の新潟県長岡市・柏崎市の国道8号における大規模な車両滞留（写真-1）など、近年、短期集中降雪による交通障害の発生が問題となっている。冬期交通障害の影響を最小限にするためには、スタック車の早期検知・救出やスタック発生の未然防止による大規模な交通障害の回避が重要である。そのため、本検討では路面凹凸情報や運転支援機能の作動状況等の様々な車両挙動データを取得可能なコネクティッドカーデータを活用し、直轄国道におけるスタック発生のリスク検討の結果を報告するものである。



写真-1 スタック車による滞留
(2022.12 柏崎市 米山大橋)

(2) 過年度の検討概要

過年度までは気象データ及び乗用車のコネクティッドカーデータを活用し、縦断勾配や降雪時における各種車両挙動の変化の特徴を把握した上で、スタック検知モデルを構築した。構築したモデル式では降雪量増大かつ急勾配ほどリスクが増加、速度低下やスリップ率増加につれてスタックリスクが増加する結果となり、一般的な感覚と相違ない結果を得られていると評価できた。

また今年度は乗用車のデータに加えて、夜間走行が多く、スタック車両の大

部分を占める大型トラックのデータを補完し検討を行うこととした。加えて除雪車の稼働状況や視界不良状況などを考慮し、分析・検討を行い予測精度の向上を図った。

2. 冬期交通状況分析

(1) コネクティッドカーの概要

コネクティッドカーとは、ICT 端末としての機能を有する自動車のことであり、車両に搭載した専用通信機を通じて車両の状態や周辺の道路状況などのデータを受信することができる。

本検討では、まずスタック発生時の交通状況を分析するため、コネクティッドカーデータを活用して安全運転支援システムの作動状況や車速、車輪速などのデータを分析した。

(2) 分析対象区間の設定

分析対象区間についてはスタック発生状況(図-1)によりスタックの多発している国道49号新潟福島県境、国道8号柏崎地区及び国道17号湯沢地区の3箇所を抽出した。

また、分析期間は2021年～2023年、各12月～2月の計9ヶ月とした。

分析対象区間の特徴として、国道49号及び国道17号は上り勾配が連続しており、年間累計降雪量が10mを越える。国道8号は標高は低い、アップダウンが激しい箇所である。

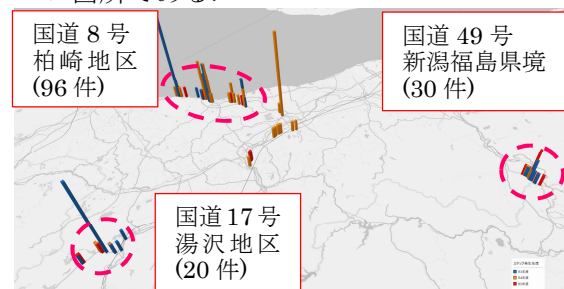


図-1 スタック車両多発位置

(3) 安全運転支援システムの作動状況

テレメータデータを活用し、降雪量とマッチングさせたい。安全運転支援システムの作動率を乗用車・大型車別に分析した。乗用車・大型車ともに降雪が多く急勾配ほど作動率が増加傾向であることが確認できた。特にスタック発生時及びその前後時間帯において TRC の作動が顕著に見られた。しかし、大型車は乗用車に比べて作動率が低い傾向にあった。大型車は車重が重く、タイヤ面積も広いので路面を掴みやすく、通常走行であれば小型車よりも滑りやすい車両であり、TRC が作動しづらいと考えられる。

国道 8 号の例を以下に示す。(図-2, 3)

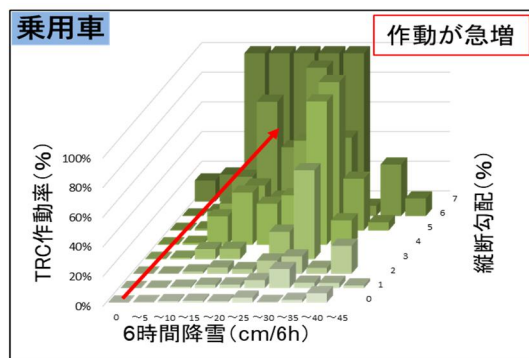


図-2 国道 8 号 乗用車

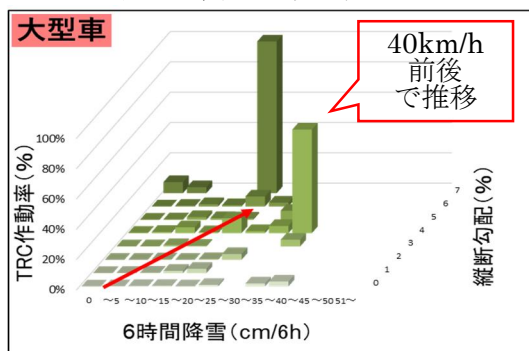


図-3 国道 8 号 大型車

(4) 冬期走行速度の分析

一般に、冬期降雪時には走行速度が低下する傾向にある。ただし、走行速度は時間帯(混雑状況)によって変動する性質を持つため、時間帯別に分析した。

その結果、市街地部を含む国道 8 号においては、夜間に比べて交通量が多い昼間やピーク時は速度が低下しやすく、交通量が少ない夜間は、極端な速度低下は

見られず降雪時も 40km/h 前後で推移している。大型車も同様である。

国道 8 号の乗用車の夜間の例を以下に示す。(図-4)

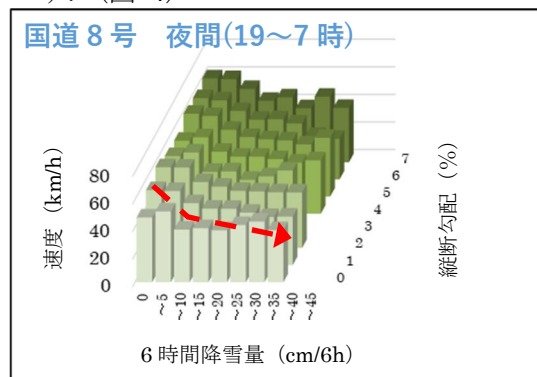


図-4 国道 8 号 乗用車 夜間

(6) 視界不良状況に関する分析

車両の走行速度は、視界不良状況も影響を受けることが想定され、本検討では間接的に視界状況を把握可能と考えられるワイパー作動状況と日中のヘッドランプ作動状況に着目して降雪との関係を分析した。

ワイパーは時間帯に関係なく、降雪が多くなるほど作動率が上昇(図-5)し、ヘッドランプは日中でもワイパー同様に降雪が多くなるほど作動率が上昇していることを確認した。これらの傾向から、ワイパーやヘッドランプの作動状況によって、視界状況を間接的に把握することが可能と考えられる。ただし、強降雪時にワイパー・ヘッドランプの作動率が上昇すると走行速度が低下する傾向があり、高い相関関係にあるため、視界状況は走行速度に集約されるものと考えられる。

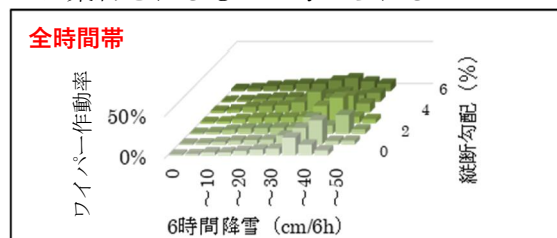


図-5 ワイパー作動率

(7) 除雪車による路面状況の変化

1) 車両挙動データとの関係

車両挙動データは、気象や時間帯等の条件が同じであっても異なる数値を示

すことが多く、データにばらつきがある。その時に取得されたサンプルの特性に起因するものと考えられる。

2) 分析概要

本検討では除雪車稼働による車両走行性への影響を分析するため除雪車 GPS データをコネクティッドカーデータ及び気象データにマッチングし、除雪車通過の有無を分析した。特に安全運転支援システムの作動に関しては除雪後の作動率が低下することが確認された。TRC の例を以下に示す。(図-6)したがって、リスク検知時においても除雪車稼働状況を反映した方が検知精度が向上するものと推測できる。

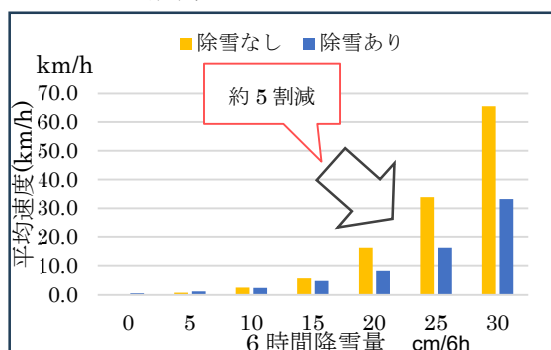


図-6 TRC 作動率

3) 除雪による平均速度の変化

速度に関しては除雪車への追従走行などの影響があると考えられ、時速 30km/h 以上の領域では改善が確認されなかったが、大雪時の速度低下が大きい国道 8 号は柏崎市街地部を含み交通量も多いため、大雪時に速度が大きく低下しやすい特徴がある。このような状態のなかで除雪車が出動したことで、速度の改善効果が現れやすかったものと推察される。(図-7)

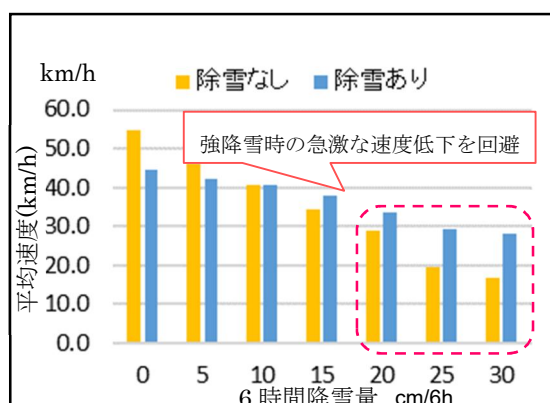


図-7 国道 8 号における平均速度の例

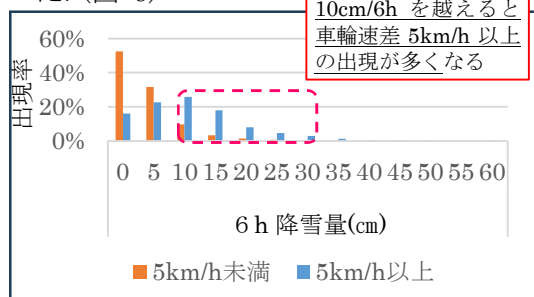
2. スタック発生リスク検知モデルの構築

(1) スタック発生危険水域の設定

過年度に検討されたモデルでは、スタック発生危険水域を降雪時に TRC 作動があった場合として設定していた。一方で TRC 作動データはスタック発生と非常に密接な関係を示すデータであることが確認されており、説明変数に設定することが望ましいデータであると言える。

本検討ではコネクティッドカーデータから取得可能なデータを用いて、スタック発生危険水域を定量的に分析し、危険水域を示すデータとして最大スリップ率及び最大車輪速差に着目し、分析を行った。

次に最大スリップ率及び最大車輪速差に対して気象階級別の出現率分析を行った。最大スリップ率は閾値 10%として 2 群に分類し、両群の気象階級別出現率を比較した結果、気象条件による明確な差異を確認することができなかった。最大車輪速差については閾値 5km/h として同様に 2 群に分類した。この結果 6h 降雪量 10cm 以上、気温 0°C 以下で最大車輪速差 5km/h の出現率が高まることを確認した。(図-8)



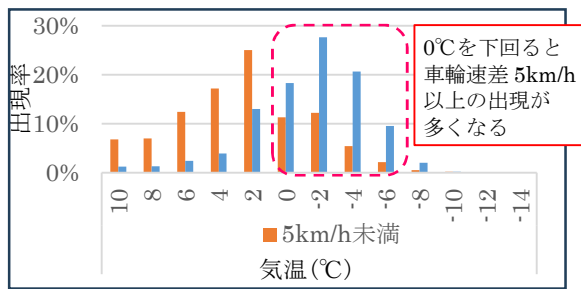


図-8 降雪量気温別の最大車輪速差

(2) モデルの構築

本検討ではロジスティック回帰分析によりスタック発生リスク検知モデルの構築した。路線別データベースを学習・検証用に分割(7:3)し、学習用データからモデルを構築後、検証用データにてリスク予測結果を評価検証した。国道17号の例を以下に示す。(表-1)

ロジスティック回帰分析

回帰式(確率)

$$P = \frac{1}{1 + \exp(-(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b))}$$

予測変数	推定値	標準誤差	Z値	p値	オッズ比	VIF
切片	-3.879	0.093	-41.70	<.001	0.021	-
TRC件数	0.047	0.001	38.33	<.001	1.048	1.064
ABS件数	0.191	0.008	22.92	<.001	1.210	1.028
車速	-0.053	0.002	-27.42	<.001	0.949	1.278
6時間降雪	0.041	0.002	19.25	<.001	1.042	1.145
気温	-0.188	0.009	-21.81	<.001	0.830	1.180
縦断勾配	0.322	0.015	21.59	<.001	1.380	1.202
除雪車通過ダミー	-0.632	0.050	-12.72	<.001	0.531	1.220
朝タビークダミー	0.258	0.046	5.64	<.001	1.294	1.016

表-2 国道17号の例

(3) リスク予測結果

各説明変数の変動に伴うスタックリスク値の変化(平均)を分析した結果、各路線概ね妥当な結果を得ることができた。国道17号を例とすると、降雪量増大に伴い、スタックリスク値が上昇している。併せてTRCの作動件数についても他路線に比べて多く、分析結果が顕著に現れている。

特に湯沢の地域特性、車両個々の属性(タイヤ・チェーン等)が影響していると考えられる。また湯沢地区は関東からの玄関口でもあり、他の地区に比べてノーマルタイヤの比率がその他地区では2%前後なのに対して湯沢地区では14%と比率が高い。

4. 今後の課題

(1) データの拡充・蓄積の必要性

本検討では新潟県内の直轄国道の3路線を対象に大型車及び除雪車稼働状況を追加して検討を行ったが、本検討区間と交通状況が異なる路線においてもデータを蓄積し、検知モデルの汎用性を向上させることが必要であると考えられる。また、モデルの活用にあたってはリアルタイムデータを取得し、モデルへインプット・アウトプットを図る一連の流れを自動化、特に車輪速差をモニタリングすることで滑りやすい路面状態を検知できる可能性がある。検知のための閾値設定等についてもデータの蓄積、分析を進めることで予測精度の向上が期待される。

(2) リスク検知結果の情報提供

本検討で構築したスタックリスク予測モデルを用いて得られるリスク予測結果の活用方法について検討を行う必要がある。

現段階ではインターネット経由でPCやスマートフォンから閲覧可能なものとなり、運転中のドライバーなど道路利用者への効果的な情報提供手法について検討していく必要があると考えられる。

5. おわりに

本検討により、降雪時における車両挙動の特徴を把握することができた。また、ロジスティック回帰分析からスタックリスクの予測モデルを構築し、大型車の視界状況、除雪車稼働状況を追加分析したため、スタックリスクの差異を把握可能なモデルへ改良することができた。

本検討で構築したモデルは交通状況の異なる路線を追加することや情報提供手法などの課題はあるが、冬期の道路利用者への活用を視野に検討する必要がある。