

コネクティッドカーデータによるスタック発生リスク予測に関する検討

山崎史紀、伊藤潤、池真弘＊1

1. 目的

2020年12月の関越自動車道や2022年12月の新潟県長岡市・柏崎市における立ち往生など、近年、短期集中豪雪による大規模な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、スタック車両の早期検知・救出やスタック発生の未然防止による立ち往生の発生回避が重要である。

そこで本分析では、スタック車の早期検知・救出やスタック発生の未然防止のため、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に着目し、気象及び道路構造データも用いてスタックリスクを早期に検知する方法について検討を行い、リスクを検知した結果を情報提供する方法について検討を行った。

表-1 安全運転支援システムの種類

種類	内容
TRC(トラクションコントロールシステム)	発進や加速時のタイヤ空転防止機能
ABS(アンチロックブレーキシステム)	タイヤロック防止機能
VSC(ビークルスタビリティコントロールシステム)	横滑り防止機能

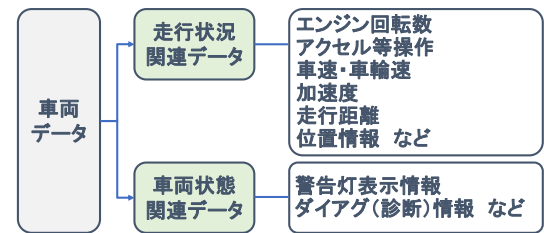


図-1 コネクティッドカーデータの概要¹⁾

2. 冬期車両挙動分析

(1) コネクティッドカーデータの概要

まず、スタック発生時の車両挙動特性を把握するために、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(表-1)の作動状況や車速、車輪速などのデータを取得して分析を行った。

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、車両に搭載した通信機により「走行状況に関するデータ」と「車両状態に関するデータ」を収集することができる(図-1)

(2) 分析対象の設定

分析の対象とする区間は、スタック車両の発生状況と道路構造等のバリエーションを考慮し、新潟県内の直轄国道から3区間(計85km)を抽出した。

分析期間は、2021・2022 度の12月～2月とした。

分析対象区間の特徴として、国道8号柏崎地区は、標高は低いがアップダウンが激しく、急勾配区間も複数存在している。国道17号は上り勾配が連続し、年間累計降雪量も20m近くに達する区間である。国道49号も上り勾配が連続しており、年間累計降雪量が10mを越える(図-2)。

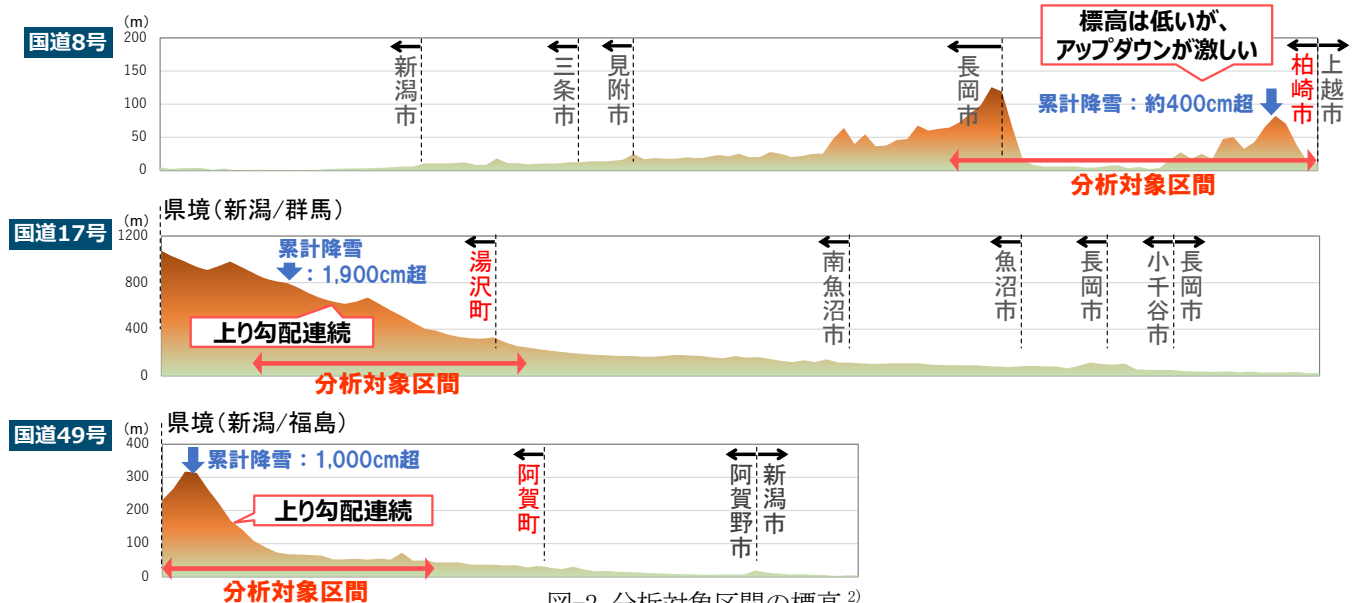


図-2 分析対象区間の標高²⁾

＊1 開発技建株式会社

(3) 冬期車両挙動特性の分析

スタック多発区間から設定した分析対象区間の降雪量と縦断勾配別にコネクティッドカーデータから取得した車両挙動データの変化を分析した。

平均速度は、降雪量の増加に伴い徐々に速度が低下していく様子が見られた（図-3）。

また、時間降雪量よりも6時間の累計降雪量で評価した方が、変化が顕著に確認できた（図-3）。

前後加速度について確認すると、減速方向は明確な変化が見られなかったのに対し、加速方向は降雪に関係なく急勾配ほど増大する様子が見られた（図-3）。これは、坂を上るためにアクセルを踏むなどの動作の影響が考えられる。

左右加速度は、降雪量が増加するほど低下する傾向が見られた（図-3）。ドライバーが雪道で急ハンドルを避ける行動が現れているものと推察される。

各タイヤの車輪速の差から算出する平均スリップ率は、降雪量の増加かつ急勾配ほど高まる傾向がある（図-3）。

安全運転支援システムは、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TRC（発進や加速時のタイヤ空転防止機能）の作動が顕著であった（図-4）。

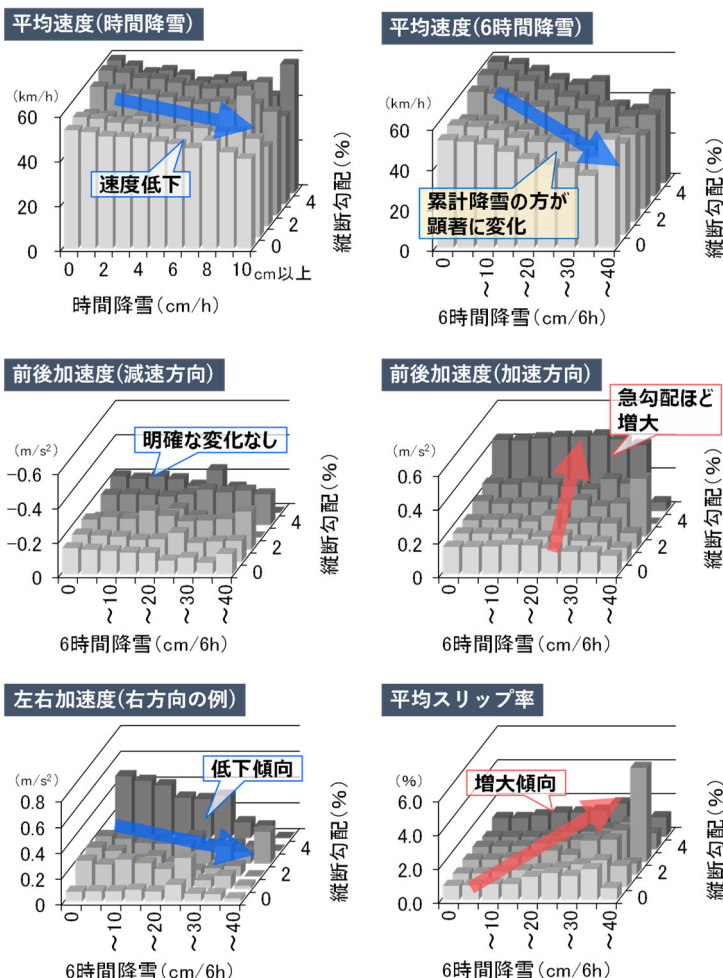


図-3 車両挙動変化（国道49号の例）

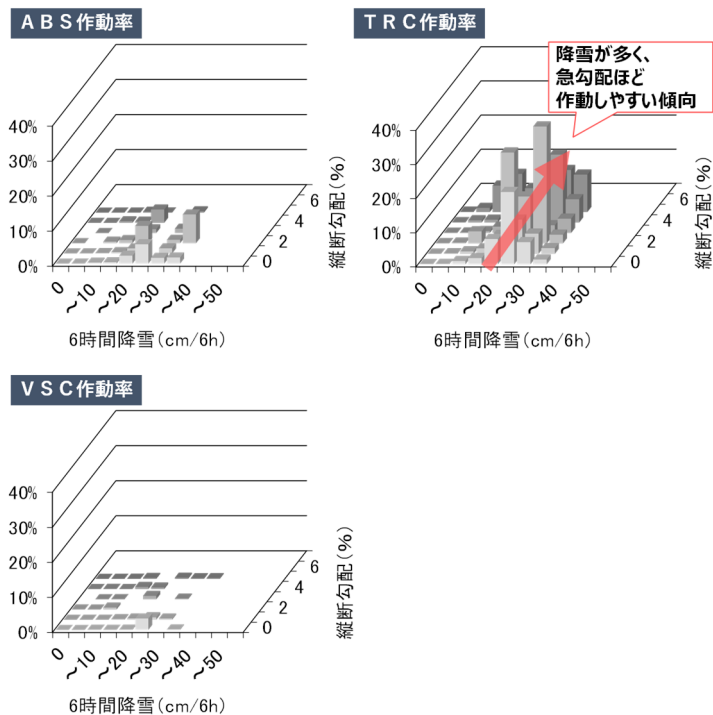


図-4 安全運転支援システム作動状況（国道49号の例）

(4) スタック発生時の気象変化

スタック発生時の気象変化について分析した。スタック発生6時間前から3時間後までの気象データの推移を分析すると、時間降雪量は0~5cmまでバラつくものの、スタック発生前までに強降雪(3cm/h以上)が確認された（図-5）。

6時間累計降雪量は、徐々に増加していくことが確認でき、スタックしやすい路面状況に発展していると推察される（図-5）。

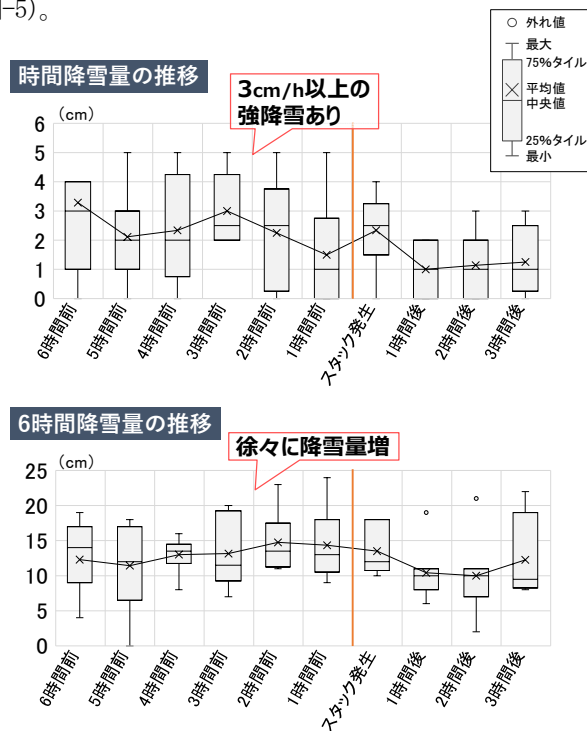


図-5 スタック発生時の気象変化（国道17号の例）

(5) スタック発生時の車両挙動変化

スタック発生時の車両挙動変化について分析した。気象変化と同様にスタック発生 6 時間前から 3 時間後までの車両挙動データの推移を分析すると、平均速度は約 3 時間前から低下し始めている (図-6)。

平均スリップ率は、徐々に増加傾向となっていく様子が確認できた (図-6)。

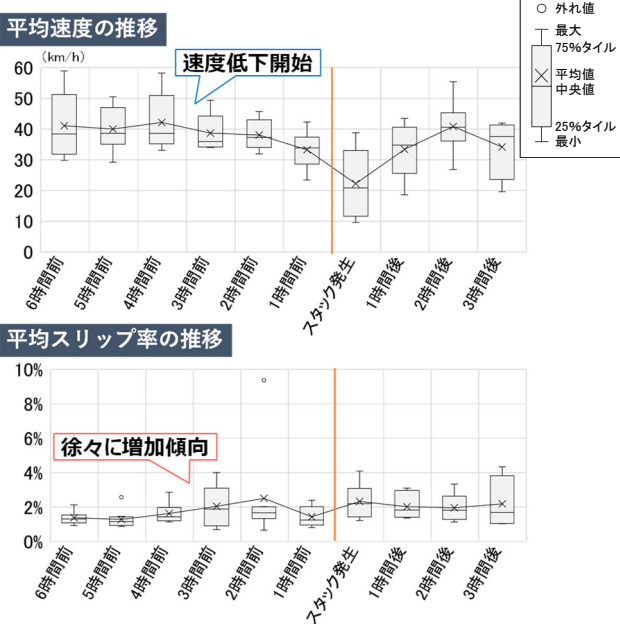


図-6 スタック発生時の車両挙動変化 (国道17号の例)

安全運転支援システムは同じタイミングで、特に TRC の作動率が顕著に増加しており、これらはスタック発生に関連性の高い車両挙動だと推察した (図-7)。

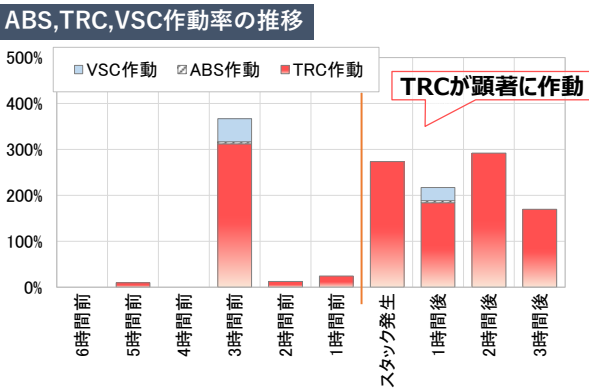


図-7 ABS等の作動率の推移 (国道17号の例)

3. スタック発生のリスク予測モデルの構築

(1) スタックリスク (目的変数) の設定

スタック車が発生する件数は、冬期間の自動車の全走行台キロに対して極僅かであり、スタックは発生率が非常に低い事象である。実績値のみではモデル構築に必要な目的変数の設定が困難であるため、スタックに至らなかったものの、リスクが高かったと推測される状態を含めて検討することとした。

前章にて分析した冬期車両挙動からスタック発生と関係が強いと推察された降雪時の TRC 作動 (降雪時に TRC が作動した割合は各路線平均約 1.5~5.3%程度) をスタック発生危険水域として設定し、この危険水域に達するリスクの予測モデルを検討した。

本検討では、分析対象区間を 200m ピッチで分割し 12 月~2 月までの車両挙動データを 1 時間単位で集計化しているため、2 カ年分で計 4,320h に区間数を乗じたデータ数が最大となるが、コネクティッドカーデータを取得できた件数は表-2 に示すとおりである。一方、スタック発生実績とマッチングできた件数は各路線 2~10 件となり、平均して 0.002%程度であった。ここに、スタック危険水域のデータを加えると、約 1 万件弱 (1.3%) のデータが確保される。

表-2 コネクティッドカーデータ取得率と目的変数の設定

路線	分析期間 × 区間数	データ 取得件数 ※欠測除	取得率	スタック 実績	スタック実績 + 危険水域 データ
R8	734,400件 =4,320h×170区間	347,297件	47%	10件 (0.003%)	1,826件 (0.5%)
R17	540,000件 =4,320h×125区間	233,451件	43%	6件 (0.003%)	6,947件 (3.0%)
R49	561,600件 =4,320h×130区間	144,822件	26%	2件 (0.001%)	920件 (0.6%)
計	1,836,000件	725,570件	40%	18件 (0.002%)	9,693件 (1.3%)

(2) リスク予測モデルの構築

リスク予測モデルは、ロジスティック回帰分析より構築した。データを訓練用と検証用に 7:3 の割合で分割し、訓練用データよりモデルを構築した。モデルを作成後、検証用データにてリスク予測値を評価した。

ロジスティック回帰式
$$p = \frac{1}{1 + \exp(-(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b))}$$

説明変数は各適合度指標などを考慮し、複数回トライアルのうえ、ABS 作動の有無や VSC 作動の有無、車速、平均スリップ率、6 時間累計降雪量、気温、縦断勾配の 7 つの変数を選定した。スタック発生と関係が強いと考察された TRC の作動は目的変数に使用しているため、説明変数からは除外している。

モデルは路線別に構築し、適合度指標などから概ね良好であることを確認している (表-3)。

表-3 スタックリスク予測モデル (国道49号)

R ² マク	p 値	予測変数	係数	標準誤差	Z 値	p 値	オッズ比	VIF
0.35	<.001	切片	-6.189	0.280	-22.09	<.001	0.002	-
コネクティッド カー データ		ABS作動有無	4.497	0.280	16.06	<.001	89.700	1.039
		VSC作動有無	6.017	0.455	13.22	<.001	410.125	1.008
		車速	-0.014	0.005	-2.95	0.003	0.986	1.969
		平均スリップ率	0.325	0.021	15.43	<.001	1.384	1.567
		6時間降雪	0.110	0.005	21.70	<.001	1.117	1.282
		気温	-0.365	0.023	-15.88	<.001	0.694	1.096
		縦断勾配	0.321	0.027	11.68	<.001	1.378	1.192

(3) リスク予測モデルの評価

構築したモデルにより、検証用データからスタックリスク値を算出し評価を行った。各説明変数の変動に伴うスタックリスク値の変化を分析し、降雪量の増加・急勾配ほどリスク値が増加するなど、一般的な感覚と相違無い結果を得ることができた（図-8）。

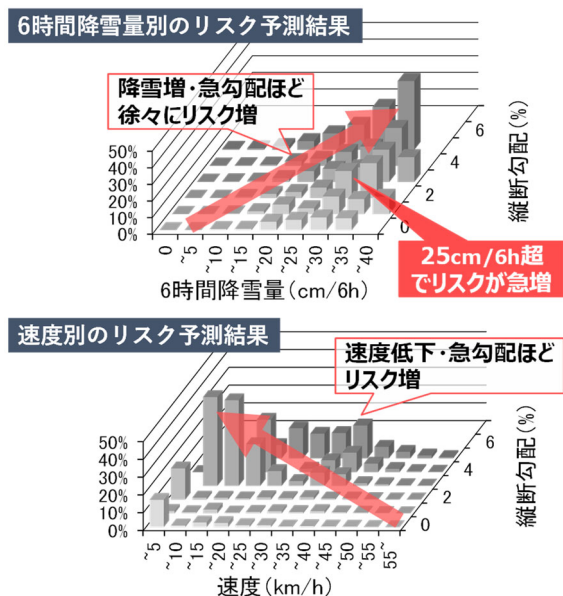


図-8 スタックリスク予測モデルの評価（国道49号）

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から3区間を分析対象区間として抽出し、スタックリスク予測モデルを構築した。今後は、本検討で対象とした区間とは交通状況が異なる路線においてもデータを蓄積し、モデルの精度や汎用性の確認を実施する必要があると考えられる。また、本検討で用いたコネクティッドカーデータから得られる車両挙動情報や気象状況の他に、除雪車の稼働状況等を含めた冬期の路面状況や、降雪時の視界不良状況（ワイパー作動状況）などを考慮した分析・検討を行うことで、予測精度の向上が期待される。

(2) リスク予測結果を活用した情報提供方法

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。

本検討では、新潟国道事務所の既存媒体である、「ゆきみちポータル」への掲載を想定し、予測モデルを活用した各路線のスタックリスクを視覚的に表現する「(仮称)雪道リスクマップ」を作成した（図-9）。なお、「(仮称)雪道リスクマップ」は、過去の実績を基に試行的に作成したものであり、今後は、リアルタイム性の向上や予測値の算出に必要なデ

ータの取得方法およびモデル式への反映手法についての検討が必要と考えられる。

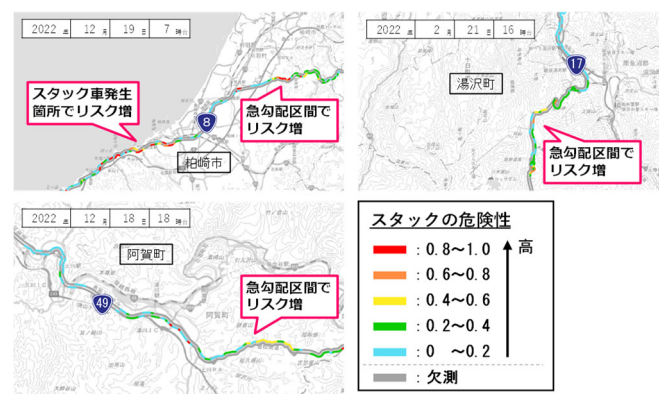


図-9 作成した(仮称)雪道リスクマップ

5. 今後の展望

本分析から構築したスタックリスク予測モデルは、将来的なスタック発生リスク検知への活用や立ち往生回避に向けた情報提供等の各種施策への活用が期待される。また、本検討で構築したモデルにより、どの程度の降雪でスタックリスクが増加するかも評価可能であり、除雪体制構築におけるメルクマールとしての活用など、冬期道路管理への活用も期待される。

謝辞：本論文は、国土交通省北陸地方整備局新潟国道事務所より受注した業務成果の一部を活用して作成したものであり、同職員の皆様ならびに分析内容について助言をいただいた長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻佐野教授に厚く御礼申し上げ、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) トヨタ自動車株式会社：コネクティッドカーから取得するデータの利活用・保護の取組みについて
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所：道路基準点案内システム