

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

土田 晃久¹・水道 龍次²・大河 滉典³

¹新潟県道事務所 調査課 調査係 (〒950-0912 新潟県新潟市中央区南笹口2-1-65)

²新潟県道事務所 調査課長 (〒950-0912 新潟県新潟市中央区南笹口2-1-65)

³新潟県道事務所 調査課 調査係長 (〒950-0912 新潟県新潟市中央区南笹口2-1-65)

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往生の回避が重要である。本検討では、車両の詳細な挙動が把握できるコネクティッドカーデータを活用し、冬期の車両挙動分析結果を踏まえたスタック発生リスクの予測モデルの構築を行い、リスク予測結果を活用した情報提供方法について検討した結果を報告するものである。

キーワード 冬期交通障害、コネクティッドカー、リスク検知、統計分析、情報提供

1. はじめに

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（写真-1）。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往生の回避が重要である。

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、コネクティッドカーから取得できるデータ等を活用し、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。



写真-1 スタック車による滞留 (2022.12 柏崎市 米山大橋)

2. 冬期車両挙動分析

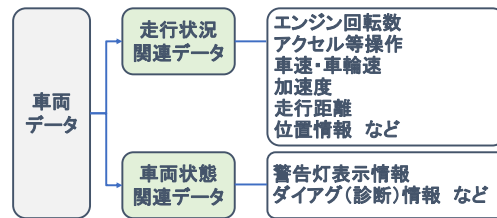
(1) コネクティッドカーデータの概要

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）。

本検討では、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。

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(ビースタビリティコントロールシステム)	横滑り防止機能



出典：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より（トヨタ自動車株式会社）

図-1 コネクティッドカーデータの概要

(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ラエティを考慮し、新潟県内の直轄国道から国道8号柏崎地区、国道17号新潟群馬県境、国道49号新潟福島県境の3区間を抽出した(図-2)。

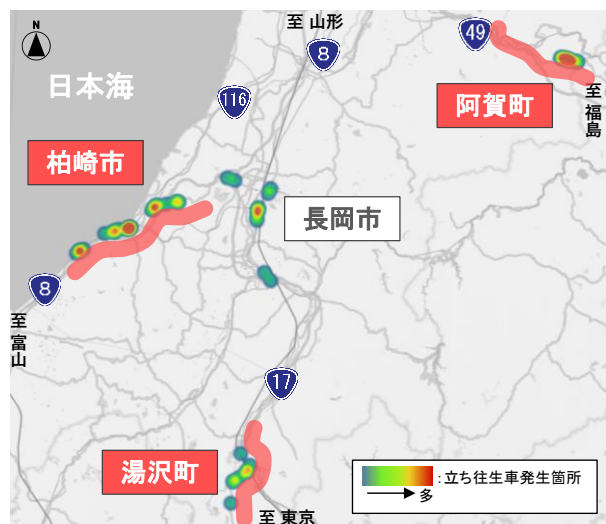
分析期間は、2021・2022年度の12月～2月(計6ヶ月)とした。

分析対象区間の特徴として、国道8号は、標高は低いアップダウンが激しい区間である。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を超える(図-3)。

(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車両挙動変化を分析した。

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-4)。



出典：立ち往生調査資料

図-2 スタック車両発生分布(2021・2022年度)

また、時間降雪量よりも6時間の累計降雪量で評価したほうが変化が顕著に確認できた(図-4)。

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-4)。これは、坂を上るためにアクセルを踏む等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-4)。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。

タイヤの車輪速差から算出するスリップ率は、降雪量の増加かつ急勾配ほど高まる傾向がある(図-4)。

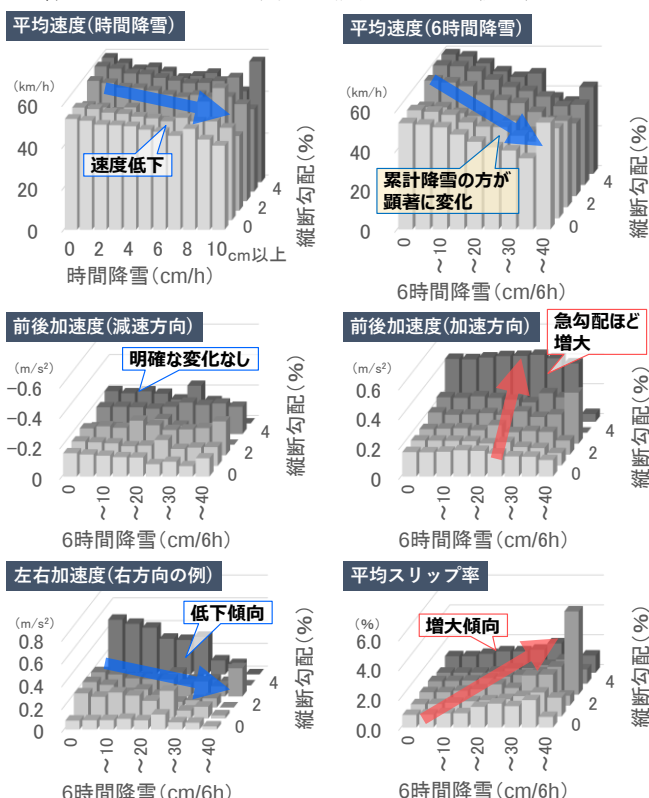


図-4 車両挙動変化(国道49号の例)



出典

標高：道路基準点案内システム

(国土交通省 国土技術政策総合研究所)

累計降雪：国交省テレメータ(2022年度)

図-3 分析対象区間の標高

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（タイヤ空転防止装置）の作動が顕著であった（図-5）。

(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が確認された（図-6）。

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-6）。

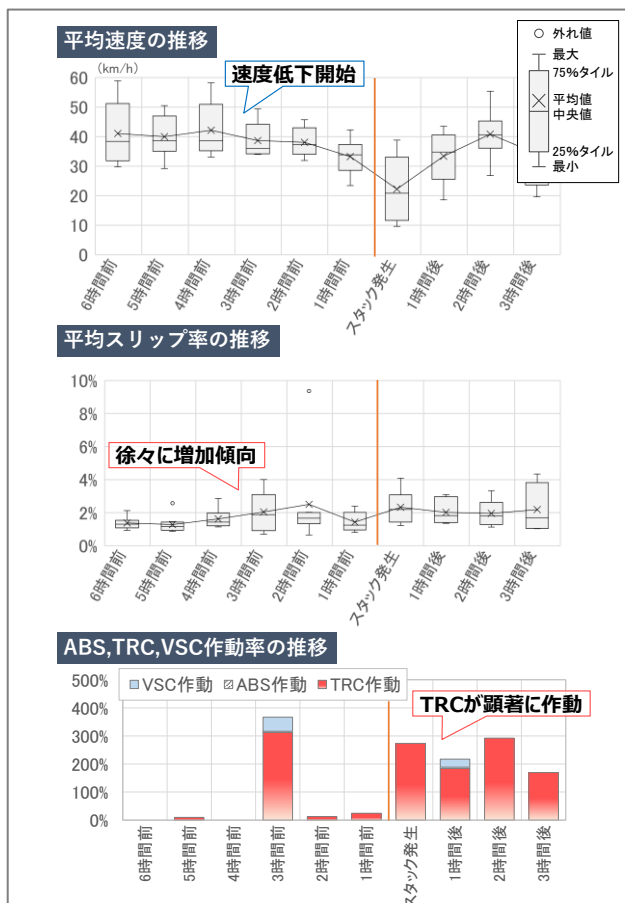
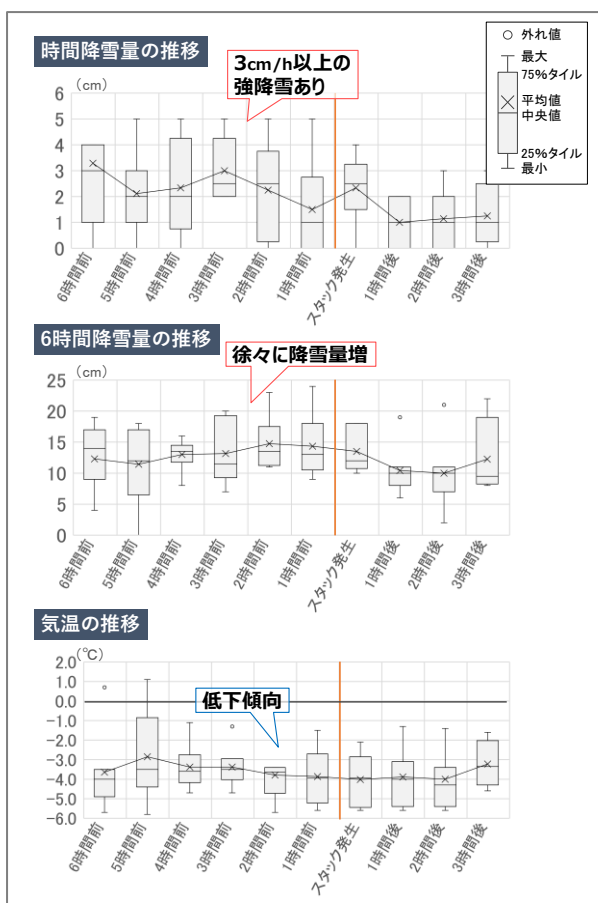
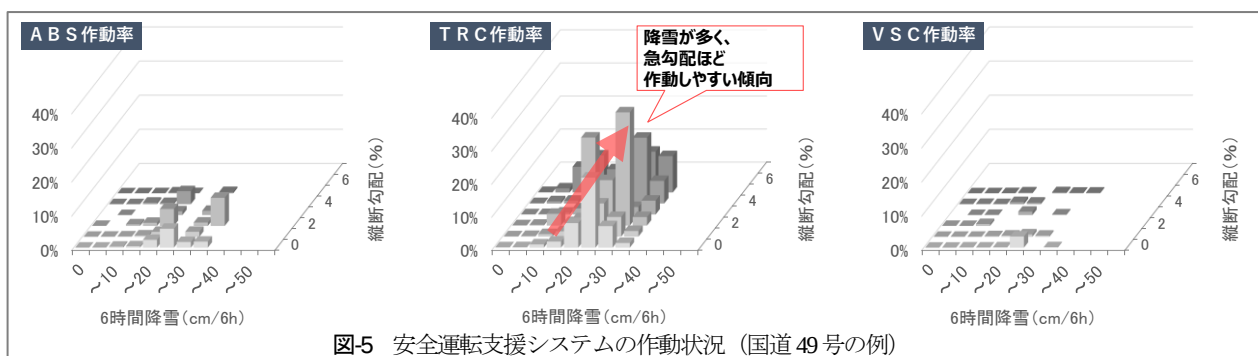
気温は氷点下であり、徐々に低下していく様子が確認できた（図-6）。

(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-7）。

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-7）。

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）。



3. スタック発生リスク予測モデルの構築

(1) 目的変数の設定

コネクティッドカーデータや気象・道路構造データからスタック車両が発生するリスクを予測しようと考えたものの、冬期の自動車の全走行台キロに対してスタック発生件数はごく僅かであり、モデル構築に必要な目的変数の設定が困難であった（表-2）。

このため、「2. 冬期車両挙動分析」からスタック発生と関係が強いと推察されたデータ（降雪時におけるTRC作動）をスタック発生危険水域として捉え（図-8）、この危険水域に達するリスク（スタックリスク）を検知する方向で検討を行った。

(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

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

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%)

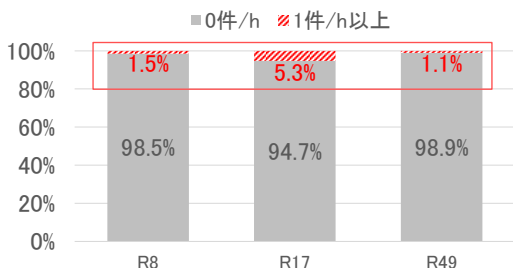


図-8 降雪時におけるTRC作動件数

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。

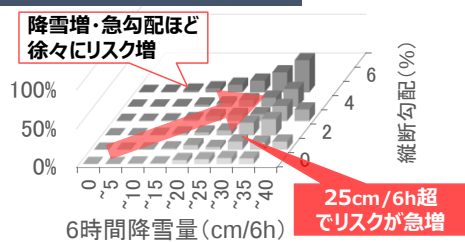
モデルは路線別に構築し、適合度指標などから概ね良好であることを確認している（表-3）。

(3) リスク予測モデルの評価

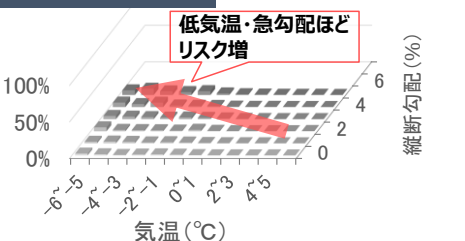
構築したモデルにより、検証用データからスタックリスク値を算出し評価を行った。各説明変数の変動に伴うスタックリスク値の変化を分析し、降雪量の増加・急勾配ほどリスク値が増加するなど、概ね一般的な感覚と相違無い結果が得られていると評価した（図-9）。

本モデルにより、どの程度の降雪量でスタックリスクが増加するかも評価可能であり、大雪時における除雪体制構築にも寄与できる可能性がある。

6時間降雪量別のリスク予測結果



気温別のリスク予測結果



速度別のリスク予測結果



図-9 スタックリスク予測モデルの評価（国道49号）

表-3 スタックリスク予測モデルの適合度（国道49号の例）

予測変数		係数	標準誤差	Z値	p値	オッズ比	VIF	R ² _{マク}		p値
コネクティッド カー データ	切片	-6.189	0.280	-22.09	<.001	0.002	-	0.35	<.001	
	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			

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向上を図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-10）。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。

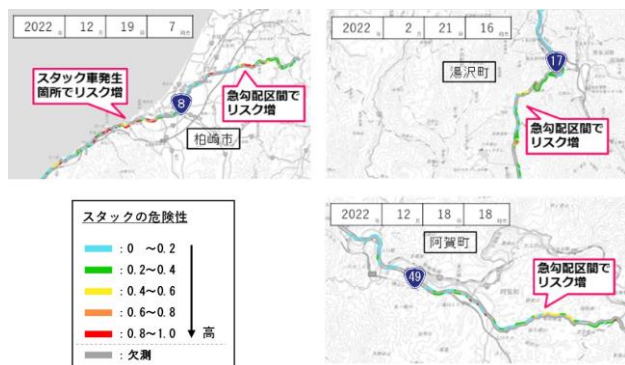


図-10 作成した(仮称)雪道リスクマップ

5. おわりに

本分析により、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、そこから得られるリスク値について検証を行った結果、一般的な感覚と相違ない結果が得られていると評価できた。

本検討で構築したモデルは、除雪体制構築のメルクマールとしての活用など、冬期道路管理への活用が期待される。

謝辞：本論文は、地域道路経済戦略研究会 北陸地方研究会の一環として研究を行ったものであり、研究会の構成員である長岡技術科学大学の佐野教授を始めとして、本論文の作成にあたってご指導・ご協力頂いた皆様に感謝申し上げます。