豪雪時の貨物車の行動実態把握および情報提供が降雪回避行動にもたらす効果の分析

高倉 拓実[1]・佐野 可寸志[2]・加藤 哲平[3]・原山 哲郎[4]・松田 曜子[5]

[1]正会員　エヌシーイー株式会社　新事業戦略室（〒950-0954 新潟県新潟市中央区美咲町 1 丁目 7 番 25 号）
E-mail: T-Takakura@nceinc.co.jp

[2]正会員　長岡技術科学大学教授　環境社会基盤系（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1）
E-mail: sano@nagaokaut.ac.jp

[3]正会員　長岡技術科学大学講師　環境社会基盤系（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1）
E-mail: tkato@vos.nagaokaut.ac.jp

[4]正会員　長岡技術科学大学大学院 工学研究科先端工学専攻（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1）
E-mail: s237007@stn.nagaokaut.ac.jp

[5]正会員　長岡技術科学大学准教授　環境社会基盤系（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1）
E-mail: ymatsuda@vos.nagaokaut.ac.jp

近年，短期集中的は降雪の影響により，通行止め及び滞留事象が多発している．集中的な降雪が予想される場合は，その地域の迂回や出発時刻を変更し，空間的もしくは時間的に避けることが望ましい．そのため，道路管理者等は降雪予報に基づき，降雪区間を避ける迂回や出控えを促す広報を実施しているが，貨物車は荷主との契約などにより走行ルートや配送時間の制約がその他の車両よりも強く，そのような行動を行うことが困難であると考えられる．本研究ではプローブデータを活用し，2020 年 12 月に関越道で発生した長期滞留事象を起点に新潟県内で発生した通行止め・滞留事象の前後の貨物車の行動実態を把握する．さらに，道路管理者等の情報提供の内容や情報量と行動結果の関係を分析し，貨物車の降雪区間を空間的または時間的に避ける行動に与える影響を把握する．

Key Words: *Freight car, Heavy snow, Detour, Providing information*

1. はじめに

近年の日本における降雪の傾向として，短期集中的な降雪へ変化している．こうした降雪の傾向から，2020 年の 12 月中旬には，日本海側を襲った強い寒気の影響により日本海側は豪雪となった．この影響により，新潟と東京を結ぶ関越自動車道の月夜野 IC～小出 IC では，大型車のスタックを契機に，約 2,100 台の大規模滞留が発生した．国土交通省の発表によると，令和 2 年度の立ち往生発生要因の約 7 割が大型車によるものである[1]．

この事例を踏まえ，東日本高速道路株式会社（以降，NEXCO 東日本）では，車両の滞留を未然に防ぐために，様々な媒体で情報提供を行っている．こうした事前の情報提供によって，広域迂回や出控え等に行動変容することで交通量が減少し，長期滞留発生の可能性や被害規模の低減が可能であると考えられえる．具体的な対策としては，強い降雪が予想される区間を事前に通行止めの可能性がある区間として示すことや，事故やスタック車両の発生による通行止めが発生する前に，集中除雪を行うための通行止（以下，予防的通行止）を行っている．予防的通行止は 2023 年 1 月 28 日（土）～1 月 29 日（日）にかけて実施され，新潟県及び北陸の高速道路及び並行する国道を対象に実施された．この際の予防的通行止は開始の 2.5 時間前に告知された上で実施されたため，移動の取りやめや走行経路の変更の検討に活用されたと考えられる．一方で，このような対策が高速道路利用者の行動変容にどの程度影響を与えているかは分かっていない．よって，高速道路利用者の行動変容が，どの程度なされているかに関する定量的な分析を行うことは，今後の豪雪時における情報提供などの方策を検討する際に重要であると考えられる．

以上の背景を踏まえて本研究では，滞留を引き起こすスタックの事例が多い貨物車を対象とする．豪雪時の貨物車の運行実態を把握するとともに，道路管理者等の情報提供の内容や情報量と行動結果の関係を分析し，貨物車の降雪区間を空間的または時間的に避ける行動に与える影響を

把握することを目的とする.

2. 既往研究

本研究は豪雪時において，豪雪時の貨物車の行動の把握と情報提供が降雪を回避する行動に与える影響を把握することを目的とした研究である．冬期や，豪雨及び豪雪といった災害時の交通行動の把握や，情報提供を考慮した行動選択に関する既往研究を以下に整理する．

(1) 降雪時の経路選択モデルに関する研究

伊藤ら [2]は，交通時間価値に対する冬期気象条件の影響を分析するため，プローブカーデータから推定する手法と，アンケート調査から推定する手法を試み，いずれの手法でも交通時間価値は冬期の方が有意に高まることを確認した．交通時間価値を推定するために構築した経路選択モデルのうち，アンケート調査を元にしたモデルでは降雪時には高速道路を走行しやすい傾向にあることが示されている．また，伊藤ら [3]は，さらに交通時間価値に対する冬期気象条件の影響を分析するため，トラック事業者にアンケート調査を行い，経路選択モデルを構築している．交通時間価値は降雪無しの場合と降雪時を比較して，約 3 倍となることを明らかにしている．この交通時間価値の上昇は，アンケート調査の中で，荷主の指定時刻に対する時間的余裕がなくなるという選択肢に対し，約 86%があてはまると回答しており，指定時刻に間に合わせるために支払い意思額が上昇する（高速道路を利用する）からであると考えられる．

(2) 貨物車を対象とした経路選択モデルに関する研究

関谷ら [4]は，物流センサスを基に輸送品の特性に着目し，「要冷蔵の有無」，「到着時間指定の有無」から高速道路利用率のモデル化を行った．配送する品目や時間指定の有無が経路選択に与える影響を明らかにした.

塩田ら [5]は，荷主との契約や事故リスク情報の提供を考慮した高速道路と一般道路の経路選択モデルを構築した．高速道路料金の収受や指定時刻への余裕といった荷主との契約がトラック事業者の経路選択に影響を与えていることを明らかにした．また，経営的に厳しく，高速道路料金や所要時間によらず，固定的に一般道を利用するトラック事業者も存在することを明らかにした.

(3) 情報提供を考慮した経路選択行動に関する研究

森井ら [6]は，豪雨時を想定した情報提供時の経路選択行動を分析するために Web による SP 調査を実施した．分析では，豪雨発生時の情報提供がドライバーの意思決定に，カーナビの経路案内や，日常の運転経験等がどの程度影響を与えているのかについて多項ロジットモデルのパラメータ推定により検証した．分析の結果，豪雨範囲の情報が，ドライバーの経路選択に影響を与えていることを明らかにした.

有村ら [7]は，気象条件が厳しく，天候や路面状況の変化が大きい峠部を対象とする道路利用者への局所的な道路情報提供実験の評価を目的として，実験のモニターに対してアンケート調査を行い，峠部の情報提供便益を試算している．その一過程で，対象としている 2 つのルートの選択確率は所要時間及び遅れ時間により決定され，路面状況や通行止め時の代替経路情報を提示した場合，迂回路の選択確率に上昇することが示されている.

大沼ら [8]は，豪雪時を想定した情報提供時の選択行動について分析を行っている．分析では，利用者の個人属性や提示する情報の精度および提供タイミングに加え，通行止め確率，所要時間のばらつきといった不確定要素が，選択行動にどのような影響を与えるかをネスティッドロジットモデルのパラメータ推定によって分析した．分析の結果，高速道路情報と不確定要素の提示が経路変更や移動中止の行動変容をさせることを明らかにした.

川崎 [9]は，機械学習により，西日本豪雨時の被災による商用車の迂回を検出するとともに迂回の原因を分析した．分析の結果，所要時間の短い合理的な経路のみを選択するわけではなく，大きく迂回する場合があることが示唆された．また，商用車の迂回の原因は，交通障害のリスクが一因であることが示唆された.

(4) 既往研究の整理と本研究の新規性

このように，既往研究を整理すると，降雪時は普通車及び貨物車は高速道路を走行しやすい傾向にあることが分かっているものの，災害の恐れがある豪雪時の経路選択行動の実態把握がなされた研究はない.情報提供に関する研究では，普通車を対象としたものが多く，荷主の意思決定の影響を受けると想定される貨物車がどのような情報や状況が選択行動に影響しているのかは明らかになっていない．冬季の情報提供の効果としては，峠部のルートについて触れられているが，豪雪時に高速道路を使用する貨物車の広域な迂回を扱うものはない．川崎らの商用車を対象とした研究は，プローブデータを用いた研究であり，実際にどのような情報や状況が経路選択に影響を与えているかについては明らかになっていない.

これらを踏まえて本研究では，豪雪時の貨物車の実態を明らかにする点．豪雪時の情報提供による貨物車への行動に与える影響を分析する点．以上の 2 つの点で新たな知見を得るとともに，今後の豪雪時の情報提供の方策を検討に活用できると考える.

3. 分析対象期間と使用データ

(1) 分析対象期間

NEXCO 東日本では，2020 年 12 月 17 日からの関越道における大規模滞留の発生をうけ，その後の降雪が強い期間は対策を強化していることから，上記の事象に加え，2022-23 シーズンにあった通行止め事象を対象とし，本研究では表 1 に示す 3 期間について分析を行う．

期間①は，新潟県内湯沢町において，12 月 16 日 4 時までの 24 時間降雪量が観測史上最高の 113 cmを記録した非常に強い降雪があった．関越自動車道及び並行する国道 17 号線では立ち往生車両を起因とする車両滞留が発生し，災対法に基づく区間指定及び集中除雪等が実施された．特に関越道の下り方面の小出 IC～塩沢石内 IC 間では車両滞留が最大 1750 台，上り方面では水上 IC～湯沢 IC 間で最大 350 台発生した．通行止めは 17 日 11 時頃から始まり，解消まで約 64 時間を要した．

期間②は，新潟県柏崎市において，2022 年 12 月 19 日から短期・集中的な降雪があり，観測史上最大の日降雪量（72cm）を記録した．事前に強い降雪が予想されたことから，NEXCO 東日本より 12 月 15 日から出控えの呼びかけがなされていた．しかし，降雪前からの事故に起因して北陸自動車道が約 52 時間に及ぶ長期の通行止めとなり，並行する国道 8 号線に多くの車両が流入したことにより，記録的な降雪と相まって大規模な車両滞留が発生した．国道 8 号線では約 800 台の滞留が発生し，通行止めの解消には約 38 時間を要した．また，長岡市においても観測史上 3 位の日降雪量(75cm)を記録し，同じく北陸自動車道の通行止めによる交通の流入や，通勤時間帯の交通量増加と集中降雪が重なった影響により，大規模な車両滞留が発生した．こちらも国道 8 号線において約 1000 台の滞留車両が発生し，通行止め解消まで約 26 時間を要した．

期間③は，2023 年 1 月 24 日～26 日に寒波が予想されていたことから新潟県，富山県，石川県において国道の予防的通行止めを実施し，1 月 28 日～29 日の寒波においては，高速道路及びその並行する国道において予防的通行止が実施された．高速道路と国道の同時予防的通行止めは，約 11 時間で解除され，通行止中は集中除雪を実施した．NEXCO 東日本では予防的通行止め実施前約 2.5 時間前には通行止実施の情報提供を行っていた．また，期間③の期間中は，通行止の可能性がある区間（高速道路及び国道）を路線図とともに示す情報提供も行われていた．

表 1　分析対象期間

	期間
期間①	2020 年 12 月 11 日（金）～17 日（木）
期間②	2022 年 12 月 15 日（木）～21 日（水）
期間③	2023 年 1 月 23 日（月）～29 日（日）



図 1　期間①の通行止め発生状況



図 2　期間①の通行止め発生状況

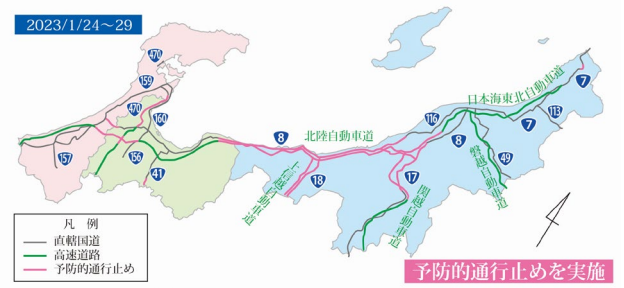


図 3　期間③の通行止め発生状況

(2) 使用データ

本研究では，貨物車の行動実態を把握するため商用車プローブデータを用いた分析を行う．商用車プローブデータは矢崎総業(株)より，新潟県内で位置情報が取得されていた車両のデータを提供して頂いた．商用車プローブデータは，業務用車両の約 45%に搭載されているデジタルタコグラフ（矢崎総業(株)のシェアはデジタルタコグラフ装着車両中 50%の約 60 万台）から取得されており，貨物車の行動を把握するために優れたデータであるため使用することとした．また，本研究で使用したプローブデータは 10 分に 1 点の取得間隔で，運転手が運行記録を開始した時点から終了した時点までが 1 つの運行として記録されている．この運行記録は複数箇所を回る場合

も含まれていたため，本研究では 1 時間以上位置情報の記録が無かった場合（エンジンを切って停止等）には別の移動（別トリップ）として分割した．この際，エンジンをかけたまま停止している時間は休憩時間及び，滞留等に巻き込まれていた時間と判断し，停車時間として記録し，トリップの分割は行っていない．

4. 豪雪時の貨物車行動把握

(1) 分析方法

商用車プローブデータを用いて，期間①～③において新潟県内の日本海東北自動車道及び磐越自動車，関越自動車道，北陸自動車道，上信越自動車道を使用したトリップ数を 1 時間単位で集計し，どのように変化をしているかを確認することで，豪雪時の貨物車の行動把握を行う．時系列でトリップを整理する際には，トリップの開始時間を使用して集計する．これは，出発前に提供されていた通行止情報や通行止の可能性がある区域の情報を入手して走行の有無や経路を決定していると想定するためである．また，NEXCO 東日本が期間①～③中に行っていた主な情報提供を整理し，各高速道路のトリップ数と併せて確認することで情報提供によってどのように変化しているかを考察する．情報提供の内容については，NEXCO 東日本の HP で発表された情報を元に整理を行った．

(2) トリップ数と情報提供の関連

a) 期間①：湯沢町周辺の関越道で大規模滞留発生

この期間中の情報提供については，2020-2021 年の初雪であったこともあり，大雪に関する注意喚起等は特に実施されていなかった．そして，大規模滞留が発生した 12 月 17 日になってはじめて通行止の情報提供がなされた．通行止は関越自動車道と上信越道で 12 月 17 日より実施されたが，その直前までトリップ数は減少していないことが分かる．このことから非常に強い降雪がある場合でも貨物車も運行を取りやめることは少ないことが示唆される．貨物車は荷主との契約があることから，乗用車と比べて大雪の場合でも走行を取りやめないケースが多いことが想定され，天気予報の情報だけでは，豪雪区間の走行を取りやめる判断には至らないと思われる．

b) 期間②：柏崎市及び長岡市の国道 8 号線で大規模滞留発生

この期間中の情報提供としては，12 月 15 日から大雪が予想されることから出控えの呼びかけが行われていた．しかし，貨物車については荷主との運行の契約があることから，出控えをすることが難しいと想定され，ほぼトリップ数には影響が無いと考えられる．これは今後，降雪期間以外のトリップ数と比較して定量的に確認する必要がある．

18 日 16 時前後には，日本海東北自動車道及び磐越自動車，関越自動車道，北陸自動車道の通行止めが実施され，通行止の情報提供が行われた．通行止め情報が出ると全ての路線でトリップ数が減少しており，期間①と同様の傾向が見られた．

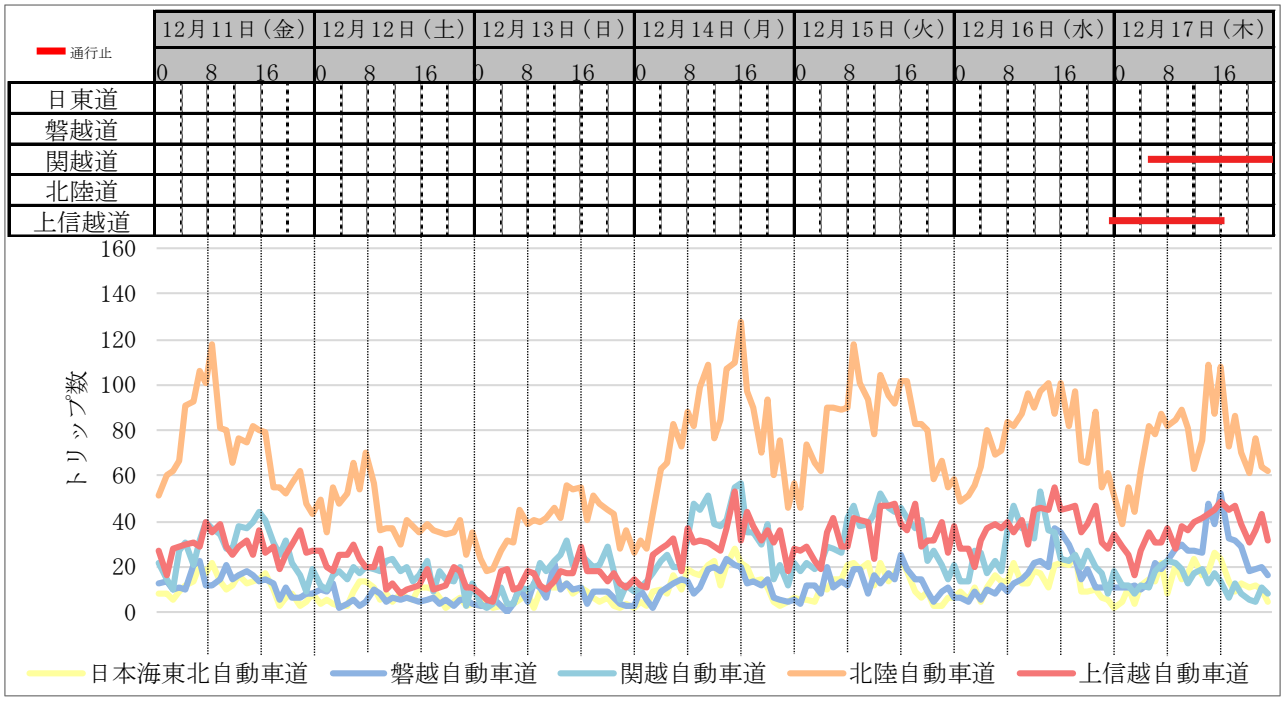


図 4　期間①における NEXCO 東日本による情報提供内容と各高速道路利用トリップ数の推移

c) 期間③：高速道路及び国道で予防的通行止実施

この期間の情報提供については，全ての路線について，通行止が予想される区間を示していた．また，1 月 28 日から 29 日にかけて予防的通行止（高速道路及び国道）を実施する際には，予防的通行止の予告を 2.5 時間前に実施していた．通行止めが予想される区間が示されている間はトリップ数に大きな変化は見られないが，予防的通行止の予告があった時間からトリップ数が急激に減少していた．このことから予防的通行止の事前告知を行うことにより，貨物車であっても運行を取りやめることが想定される．これは，今回の予防的通行止めが高速道路と国道を同時に通行止にしたため迂回路が無くなったためだと考えられる．また，事前に道路管理者からの予防的通行止の情報提供があったことによって，荷主と時間変更の調整が可能となった等の理由も考えられる．大規模滞留が発生した期間①は通行止め時間が最大 64 時間，期間②は最大 38 時間であったが，期間③の通行止め時間は 11 時間であったことから，高速道路及び国

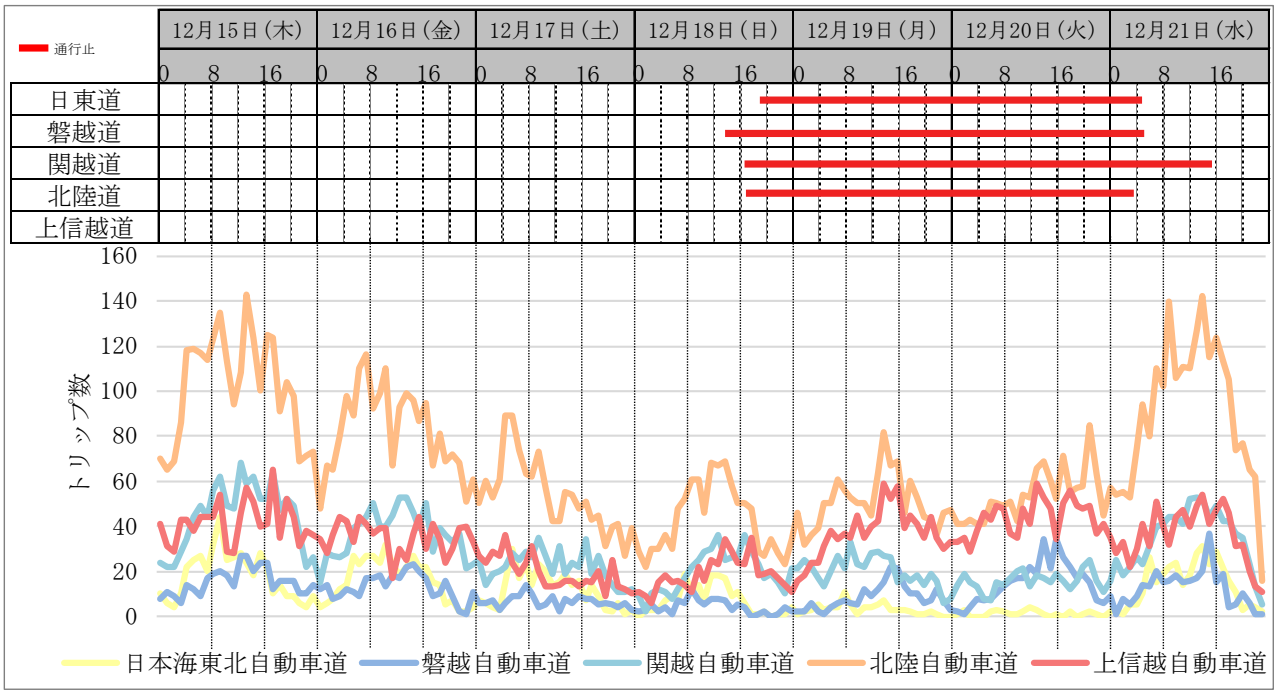


図 5　期間②における NEXCO 東日本による情報提供内容と各高速道路利用トリップ数の推移

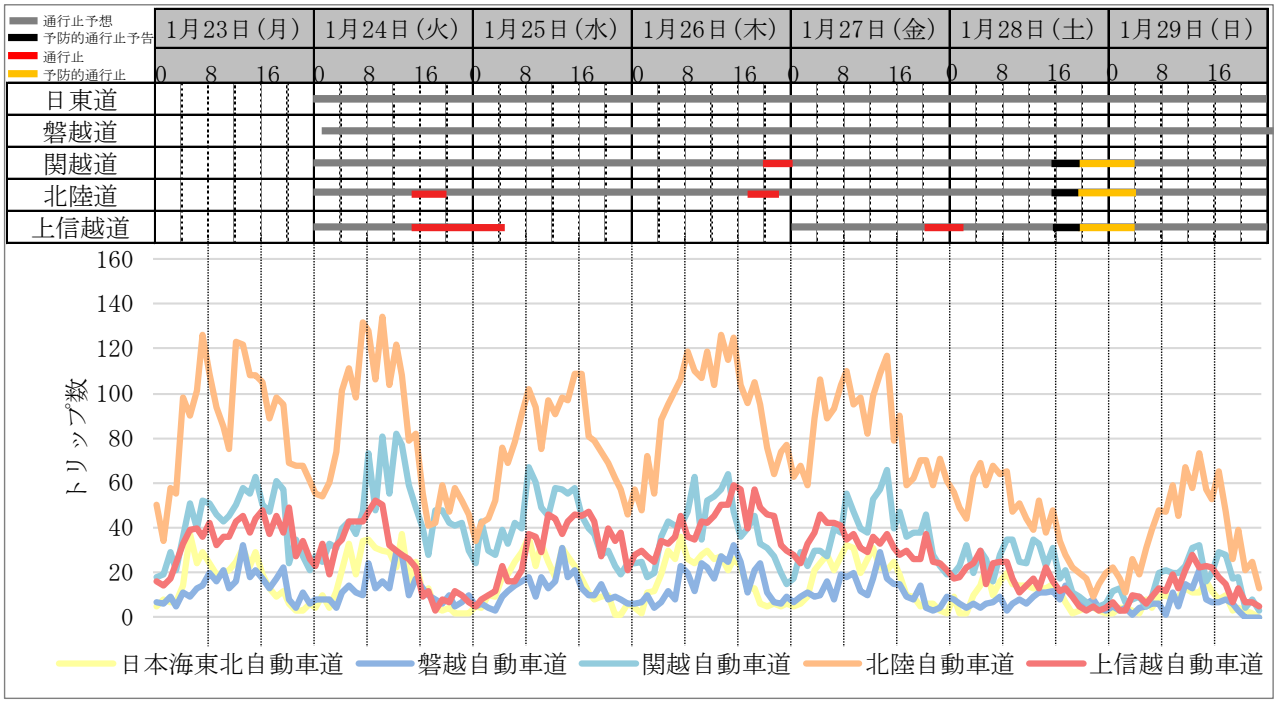


図 6　期間③における NEXCO 東日本による情報提供内容と各高速道路利用トリップ数の推移

道の同時予防的通行止とその事前告知は貨物車の移動の取りやめを促しつつ，道路の機能停止を短期間に抑え，滞留に巻き込まれる被害も抑えることができる施策である可能性がある．一方で，今回扱った滞留事象が 3 期間のみかつ，通行止を行った箇所が異なり，周辺の道路環境等も異なることから，その他の通行止事象や今後の予防的通行止実施時の分析を十分に行う必要がある．また，予防的通行止の実施によって減少したトリップ数等のマイナスの影響を定量的に把握し，予防的通行止とその告知（情報提供）の効果を総合的に測る必要がある．

6. おわりに

本研究では豪雪によって通行止が行われた３つの期間（期間①～③）について，NEXCO 東日本によって行われた情報提供と新潟県内の５つの高速道路の利用トリップ数の推移を時系列で整理し，貨物車の豪雪時のトリップ数の変化と情報提供の関連について考察を行った．貨物車は基本的に通行止情報が提供されるまでは，各高速道路を利用するトリップ数が減少していないことから，通常通り運行していると考える．このことから，期間②から出控えの情報提供などはされているものの貨物車の行動変容に影響を与えていることは確認できなかった．そのため，通行止が発生しかねない大雪の場合でも貨物車は運行を続けていることが想定され，そういった車両がスタックや事故を引き起こし，結果として大規模滞留が発生している可能性も考えらえる．一方で，期間③における予防的通行止の予告が出た時点からトリップ数が急激に減少しており，通行止を事前に告知することで，運行の取りやめや迂回行動を促す効果がある可能性がある．今回扱ったデータが各期間 1 週間のデータのみで，通行止が行われた期間であることから，通常時のデータが少なく，かつトリップ数の傾向が異なる平日と休日を分けるとサンプル数が少なく統計的な分析ができていない．今後はデータの期間を広げ，平休別に集計し，各期間で見られたトリップ数の減少が統計的に有意であるか検証するなど定量的に分析を行い，豪雪時の貨物車の行動実態把握を目指す．また，今回の分析では迂回行動の確認ができていないため，普段の走行経路を把握し，迂回行動を検出することを試みる．これは，商用車プローブデータの ID が常に固定されている（ETC2.0 は数日で変化）ことを活用して取り組むことを考えている．この迂回行動の検出によって，情報提供によって迂回または移動の取りやめのどちらがどの程度促されているのかを把握し情報提供の効果を確認する．

謝辞：本研究で使用した商用車プローブデータは，矢崎総業(株)より提供して頂いた．ここに記して，感謝の意を表す．

REFERENCES

1) 冬期の道路交通確保について　～「中間とりまとめ」改定を踏まえて～，国土交通省（https://www.road.or.jp/event/pdf/20211118-1.pdf）
2) 伊藤潤,酒井教行,佐野可寸志,鳩山紀一郎：冬期気象条件が交通時間価値に及ぼす影響，交通工学論文集,第 6 巻,第 2 号（特集号 A）,ppA_286-A_295,2020.2
3) 伊藤潤,酒井教行,佐野可寸志,鳩山紀一郎：冬期交通時間価値に着目した道路事業の走行時間短縮便益評価に関する研究，交通工学論文集,第 7 巻,第 2 号（特集号 A）,A_44-A_53
4) 関谷浩孝，上坂克巳，小林正憲，南部浩之：輸送品の特性と貨物車の高速道路利用率との関係，土木学会論文集 D3，Vol.67，No.5，pp.I_769-I_777，2011
5) 塩田朋史，佐野可寸志，鳩山紀一郎，高橋貴生：荷主との契約を考慮したトラック事業者の高速道路選択モデル，交通工学論文集, 第 5 巻, 第 2 号(特集号 A), pp.A_176 - A_183, 2019.2
6) 森井健介, 宇野伸宏, 中村俊之, 織田利彦, 倉内文孝, 清水 明彦：SP 調査による豪雨情報提供時の経路選択行動に関 する基礎的研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.72, No.5 (土木計画学研究・論文集第 33 巻), I_1187-I_1197, 2016
7) 有村幹治,松田泰明,佐藤直樹,加治屋安彦,田村亨：峠部の冬季道路情報価値の試算：表明選好法によるアプローチ，土木計画学研究・論文集 No.23 no.4 2006 年 9 月
8) 大沼寛治,佐野可寸志,高倉拓実,伊藤潤,原山哲郎，加藤哲平,松田曜子：豪雪時における高速道路利用者への情報提供と行動選択に関する研究, 土木学会論文集 D3(土木計画学) , Vol.78, No.5 (土木計画学研究・論文集第 40 巻), I_561-I_571, 2023
9) 川崎洋輔，梅田祥吾，桑原雅夫：機械学習による西日本豪雨時の商用車の迂回の検出および迂回原因の分析，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.75，No1，143-154，2019