

# 冬期高速道路の通行可能性を考慮した経路選択行動モデルの構築

19107288 三膳 和馬

指導教員：佐野 可寸志

加藤 哲平

## 1. はじめに

近年の降雪の傾向として、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。また、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<sup>1)</sup>。

こうした事例を踏まえ、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、高速道路上の電光掲示板、SA、PAの情報版、テレビ、ラジオなど様々な媒体を使用した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、利用者が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、長期滞留が発生する可能性やそれによる被害の規模の低減が可能であると考えられる。しかし、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定量的に分かっていない。よって、高速道路利用者の行動変容がどのような理由で、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して、長期滞留を未然に防ぐ対策の通行止めに関する情報提供に着目し、冬期の高速道路の通行可能性が、貨物車の行動選択に与える影響について定量的に分析するとともに、冬期の貨物車の運行実態を明らかにすることを目的とする。分析では、アンケートによるSP調査（Stated Preference Survey）を実施し、得られた結果から2項ロジットモデルによるパラメータ推定によって行動選択に影響を与えている要因を明らかにする。

## 2. 既往研究

本研究は豪雪時において、情報提供を受けた際

のトラック事業者の行動選択を対象とした研究である。これまでに、貨物車を対象とした経路選択モデルに関する研究は多くなされてきている。

関谷ら<sup>2)</sup>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い、貨物車の経路選択に与える要因を明らかにした。

塩田ら<sup>3)</sup>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。

情報提供という点に着目すると、森井ら<sup>4)</sup>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、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。

大沼ら<sup>5)</sup>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ッドロジットモデルのパラメータ推定によって分析し、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。

このように、既往研究を整理すると、貨物車を対象とした経路選択モデルは多くなされているが、豪雨や豪雪などといった災害時の貨物車の経路選択に関する研究はなされていない。また、情報提供を考慮した行動選択モデルは普通車を対象としてもものが多く、筆者が知る限りでは見つからない。

これらを踏まえて本研究では、豪雪時の貨物車の経路選択の実態を明らかにする点、情報提供に着目している点で新たな知見を得るとともに、今後の情報提供の方策を検討する際に活用できると考える。

## 3. ヒアリング調査結果

### (1) 調査概要

SP 調査の実施に備え、新潟県トラック協会を対象にヒアリング調査を行った。調査の目的としては、トラック事業者の冬期の運行の実態や荷主企業との関係を把握し、得られた結果を基に SP 調査アンケートの設計を行うことを目的とした。

## (2) 調査結果

まず、豪雪の際の行動選択については、豪雪であっても基本的に運行を行うという実態であるということが分かった。運行を中止にできない理由として、配送先の在庫状況や配送先からの積荷もあるため運行せざるを得ない状況であることやトラック事業者は荷主に対して取引上の立場が弱く、十分な交渉が行えないことがほとんどであるからである。豪雪時の経路選択については、事前の情報によっては迂回路の走行や通行止め付近の SA・PA まで行き待機するといった対策をとっており、迂回路を走行する場合、所要時間が計画時よりかかるが、そうした場合でも荷主に交渉は行わず出発時刻の前倒しを行うなどの対策を取り自社で解決するということが分かった。また、運行判断のタイミングとしては、当日の出発直前まで検討を行っていることが分かった。

以上を踏まえて、豪雪時のトラック事業者の行動選択までの流れを図-1 に示す。まず、天気予報や通行止め情報といった情報から運行判断を行う。しかし、ここで中止の判断を行うトラック事業者は数少なく、ほとんどが運行を行い、迂回路の走行や出発の前倒し等の対策を取り到着時刻に間に合わせているという実態である。

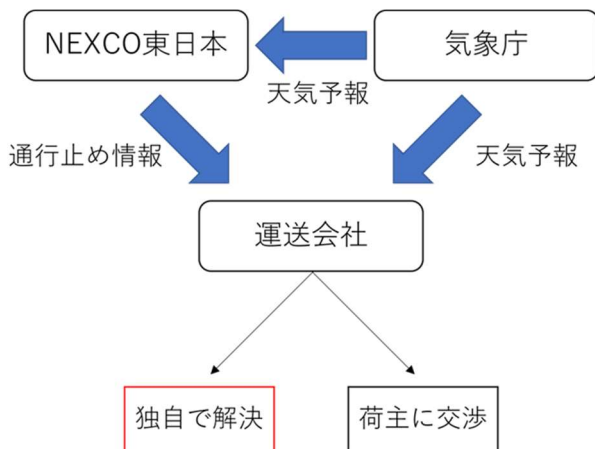


図-1 豪雪時のトラック事業者の行動選択の流れ

## 4. 豪雪時の行動選択調査の設計

### (1) 調査概要

冬期の情報提供を考慮したトラック事業者の経路選択モデルを構築する為、SP 調査を実施した。調査の対象は、新潟県トラック協会所属の運行管理者の方々に回答を依頼した。

調査の内容を表-1 に示す。まず初めに、企業属性として、所在地、種類別保有トラック、事業年数、資本金、取扱品目、ドライバーの1時間あたりの人件費を尋ねた。

次に、冬期の運行実態に関する設問を尋ねた。ここでは、モデルに使用するためのスクリーニングの項目とヒアリング調査の結果の検証を兼ねて設問を設定した。

行動選択では、経路選択モデルを構築するために、通行止め情報を提示した際の経路選択を尋ねる設問を設定した。

表-1 調査内容

調査項目	調査内容
企業属性	・所在地・種類別保有トラック ・事業年数・資本金 ・取扱品目・ドライバーの人件費(円/h)
冬期の運行実態	・関越道を利用して新潟関東間の運行の有無 ・大雪の際でも運行を行うか ・運行判断のタイミング ・どのような状況なら荷主に交渉を行うか
行動選択	・通行止め情報を参照した際の経路選択 (経路選択モデルに使用)

### (2) 前提条件の設定

ヒアリング結果を踏まえて、SP 調査では荷主への到着時刻を変更しないことを前提とし、行動選択のタイミングは当日のみを尋ねることとした。行動の選択肢としては、通常ルートか広域迂回ルートの2択のみとし、運行中止の選択肢は考慮しないこととした。中止の選択肢を考慮しない理由としては、ヒアリングの結果から豪雪の際でも基本的に運行を行うという実態であるため、選択肢を2択にした。

### (3) 想定トリップ

今回の調査で想定したトリップは、仮定のネットワークを想定し、所要時間が3.5時間の高速道路の走行を予定していることとし、代替路として、

所要時間が5時間の高速道路を使用した広域迂回ルートを設定した。ここで、高速道路のみを想定する理由としては、都道府県をまたぐ一般道路と高速道路は並行している場合が多く、高速道路を走行している場合と一般道路を走行している場合で気象状況や道路状況にほとんど差がないことが予想されることから高速道路の2択のみとした。

#### (4) 提示情報と水準の設定

提示する情報内容については図-2に示す。提示情報は大きく予測情報と道路情報に分類している。予測情報では、通行止め確率と通行止めが起った場合に通行止め解除まで要する時間を表現した予想通行止め時間の2つを提示した。道路情報に関しては、各経路の所要時間、距離、高速料金、ガソリン代を提示した。

水準については、通常経路の通行止め確率と予想通行止め時間、広域迂回ルートの通行止め確率についてそれぞれ3水準とした。通常ルートの通行止め確率は、数値的な提示ではなく、低、中、高といった提示方法とした。これは、現在NEXCO東日本で行っている提示情報の方法に合わせて設定した。広域迂回ルートについては、通常ルートよりも雪の影響が小さい設定にした為、ほぼなし、低、中の3水準とした。予想通行止め時間については、現在NEXCO東日本は通行止め解除時間に関する情報は提示していない。そのため、新たな提示情報の検証として提示することとした。水準については、1時間の幅を持たせることとし、3~4時間、5~6時間と、解除時間が発表されている場合とされていない場合の違いを明らかにするために、見通し不可を設定した。広域迂回ルートの予想通行止め時間は、3~4時間の固定とし、通行止め確率がほぼなしの場合のみ発表なしとした。以上の設定した各要因と水準をL9直交表に割り付けてSP調査の設問を設定した。表3-2に設定した要因と水準を示す。今回の調査では、新潟県トラック協会のみを対象とし、小サンプル試験になることが見込まれたため、回答者には全9パターンについて回答させた。

### 5. 豪雪時の行動選択調査の結果

#### (1) 企業属性の集計結果

表-2 設定した要因と水準

		水準		
		1	2	3
1	通行止め確率 (通常)	低	中	高
2	通行止め時間	3~4時間	5~6時間	見通し不可
3	通行止め確率 (迂回)	ほぼなし	低	中
4	通行止め確率 (迂回)	発表無し	3~4時間	

#### 通常ルートの道路情報

所要時間 : 3.5時間  
距離 : 300km  
高速料金 : 12000円  
ガソリン代 : 7500円

#### 広域迂回ルートの道路情報

所要時間 : 5時間  
距離 : 400km  
高速料金 : 12000円 (迂回割)  
ガソリン代 : 10000円

問3-1

#### ①通常ルートの予想情報

通行止め確率 : 中  
通行止め時間 : 3~4時間

#### ②広域迂回ルートの予想情報

通行止め確率 : 低  
通行止め時間 : 3~4時間

図-2 経路選択時に提示した情報

回収できたアンケートは86部であった。企所在地については、下越地区が53%、中越地区が36%、上越地区が11%という結果であった。種類

別保有トラック割合は、大型車が86%、中型車が69%という結果であった。資本金は、5千万円以下が78%という結果であり、トラック保有台数と資本金の結果から多くの事務所が小規模の事務所であると考えられる。

#### (2) 冬期の運行実態の集計結果

図-3に事前予報が大雪の場合の運行の有無についての集計結果を示す、55%が運行する、33%がほとんど運行するという結果となり、全体の88%が大雪の場合でも運行するという実態が分かった。事前調査で行ったヒアリングの結果の通り、ほとんどの事業所が運行を中止できないことが示唆されている。図-4に運行判断をするタイミングの集計結果について示す。運行当日が96%、2日前が4%という結果であり、運行を判断するタイミングは、ほとんどが当日に判断していることが分かった。図-5に中止の交渉を行う状況の集計結果を示す。大雪に関する緊急発表が発表されている場合が50%、事前に通行止め予定が分かっている場合は60%、高速道路で既に大規模滞留が起こっている場合が78%という結果となった。以上の結果から、大雪に関する緊急発表や計画的・予防的通行止め実施の告知は、トラック事業者が荷主に対して中止の交渉を行う理由になり、行動変容に効果的な情報であると考えられる。また、既に大規模滞留が起こっている場合約9割が

中止の交渉を行うという結果であり、滞留が発生した場合、迅速に広く広報することが重要であると考えられる。

## 6. 経路選択モデルの構築

### (1) モデルの概要

冬期高速道路の情報提供が経路選択に与える影響を分析するために、5章に記載したSP調査の結果を使用して経路選択モデルの構築を行った。モデル構築に使用するサンプル数は冬期に新潟関東間の運行があり、大雪の際でも運行を行う事業所とした。有効回答数は、53の事業所で9つの経路選択結果から計477サンプルをモデルの構築に使用した。

分析では、2項ロジットモデル(Binary Logit Model)を使用して推定を行う。なお、モデルの推定にあたっては、統計解析向けプログラミング言語であるRを用いた。最尤推定法のアルゴリズムでは、準ニュートン法を用いた。また、準ニュートン法におけるヘッセ行列の逆行列の近似行列の逐次更新にはBFGS(Broyden-FletcherGoldfarb-Shanno)を用いた。

### (2) モデルの推定結果及び考察

2項ロジットモデルの推定結果を表-3左側に示す。推定結果は、モデル全体の尤度比が0.292となり、十分な確からしさが得られ、モデル全体としては有効な結果となったと考えられる。

次に各説明変数に着目する。通常ルートの通行止め確率は低の場合パラメータが正、高の場合パラメータが負であると推定され、通行止め確率が低の場合は通常ルートが選択されやすく、高の場合は広域迂回ルートが選択されやすいことが分かった。予想通行止め時間については、見通し不可では負のパラメータとなり、選択されにくくなることが分かった。予想通行止め時間3~4時間については、t値が有意にならなかったものの、3.5時間程度の通行止め時間では、通常ルートを選択することが分かった。以上の結果から、通行止めが起こった場合、所要時間差が4時間以上となると広域迂回ルートを選択しやすくなること考えられる。また、見通し不可と発表すると広域迂回ルートを選択しやすくなることが分かった。生鮮食品取扱ダミーについては、パラメータは正

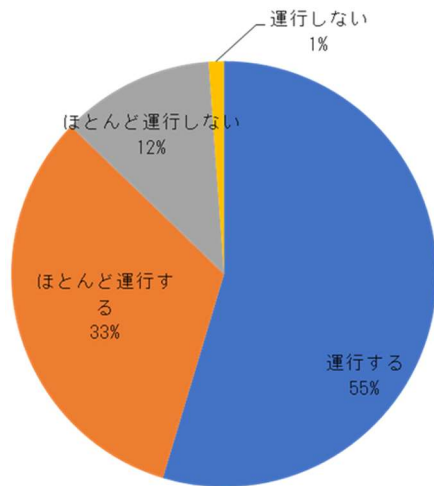


図-3 事前予報が大雪の場合の運行の有無 (n=86)

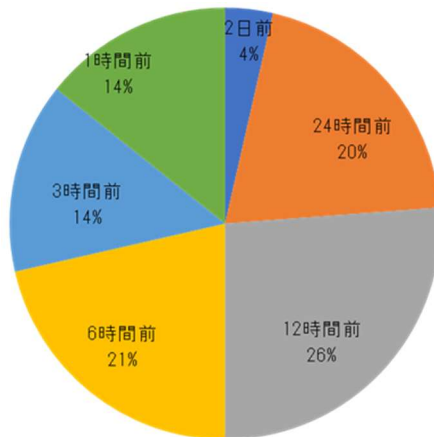


図-4 運行判断をするタイミング (n=84)

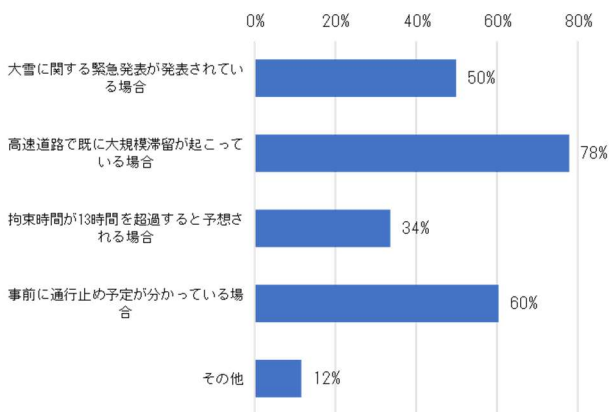


図-5 中止の交渉を行う状況 (n=86)

表-3 パラメータ推定結果

説明変数		修正前		修正後	
		パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
通常	通行止め確率低ダミー	1.242	3.925**	1.273	4.788**
	通行止め確率高ダミー	-1.962	-4.894**	-1.888	-5.256**
	予想通行止め時間 3~4 時間ダミー	0.373	0.987	-	-
	予想通行止め時間見通し不可ダミー	-1.261	-3.770**	-1.455	-5.242**
	生鮮食品取扱ダミー	0.737	2.013*	0.733	2.014*
広域迂回	通行止め確率ほぼなしダミー	0.811	1.908	0.786	2.914**
	通行止め確率中ダミー	-0.095	-0.205	-	-
	中止の交渉不可ダミー	1.146	2.558*	1.155	2.563*
	定数項 (広域迂回)	0.285	0.651	0.060	0.298
サンプル数		477		477	
初期尤度		-330.63		-330.63	
最終尤度		-225.02		-225.70	
尤度比		0.319		0.317	
修正済み尤度比		0.292		0.296	
的中率		76%		75%	

\*5%有意 \*\*1%有意

となり、生鮮食品を取り扱う貨物車は通常ルートを選択しやすいことが分かった。これは、食品の鮮度の関係から予定通りの時間に到着する必要があるからだと考えられる。

中止の交渉不可ダミーについては、パラメータは正となり、中止の交渉ができない場合、広域迂回ルートを選択しやすいことが分かった。これは、中止の交渉ができない場合確実に荷物を配送しなければならないため、通行止めの可能性が低い広域迂回ルートを選択しやすくなると考えられる。

推定結果から t 値が有意ではなかった、予想通行止め時間 3~4 時間ダミーと通行止め確率中ダミーを除いて、再度推定を行ったものを表 3 右側に示す。全ての説明変数において t 値は改善されており、通行止め確率ほぼなしダミーについては 1%有意という結果となり、最初のモデルと比較すると改善されたモデルとなったといえる。しかし、的中率については 76%から 75%になり、1%減少した。これは、モデルの説明変数がダミー変数のみであるため、説明変数を減らしたことによって

効用が 0 になるものが増え的中率が減少したと考えられる。

## 7. まとめ

本研究では、冬期の通行止め確率や予想通行止め時間といった不確定要素の情報を提示した際の選択行動を調べるためにアンケートによる SP 調査を実施し、データ収集及び分析と選択行動を予測する行動モデルの検討を行った。以下に得られた知見についてまとめる。

- 1) 冬期のトラック事業者の運行実態として、調査の集計結果より、豪雪時であっても約 9 割の事業所が運行を行うことが明らかとなった。また、運行の中止を行うことができないことや荷主に対して取引上の立場が弱いという理由から、運送会社独自で出発時刻の前倒しや迂回経路の走行などの対策をとっていることが明らかとなった。こうした背景から、ドライバーの拘束時間超過に関係してい

ると考えられる。

- 2) トラック事業者が荷主に対して中止の交渉を行う状況としては、約半数の事業所が「大雪に関する緊急発表」や「予防的・計画的通行止め」の発表がされている状況の場合交渉することが明らかとなった。「大雪に関する緊急発表」や「予防的・計画的通行止め」の実施を広く広報することは、豪雪時の行動変容に効果的であると考えられる。
- 3) 経路選択モデルの推定結果より、通行止め確率が経路選択に影響を与えていることが明らかとなった。通行止め時間については、見通し不可と発表することで、広域迂回ルートを選択しやすくなることが明らかとなった。また、通常ルートが通行止めになった場合、2つの経路の所要時間差が4時間以上となった場合、広域迂回ルートを選択しやすくなることが明らかとなった。
- 4) 企業属性では、品目や荷主との関係性が経路選択に影響を与えていることが明らかとなった。生鮮食品を取り扱う運送会社は、時間の制約が強く計画時の経路を選択しやすいと考えられる。荷主に対して取引上の立場が弱い事業所は、確実に予定時刻に到着できる経路を選択すると考えられる。

今後の課題としては、非降雪地域に対しても調査を行い、所在地が経路選択に影響を与えるかを明らかにする必要があると考えられる。また、荷主を対象として、どのような状況、情報であれば中止を許容するかや荷主の運行実態の調査が必要であると考えられる。

## 参考文献

- 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) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 大沼寛治, 佐野可寸志, 高倉拓実, 伊藤潤, 原山哲郎, 壹岐尚司: SP 調査を用いた豪雪時の交通行動モデルの構築, 土木計画学研究・講演集, CD-ROM2021