

旅行速度と交通事故発生率を考慮した高速道路の除雪の効果

Effects of snow removal on expressways in consideration of travel speed and traffic accident rate

平沼 昇¹, 佐野 可寸志², 伊藤 潤³, 鳩山 紀一郎⁴, 高橋 貴生⁵

Noboru HIRANUMA¹, Kazushi SANO², Jun ITO³, Kiichiro HATOYAMA⁴ and Takao TAKAHASHI⁵

本研究では除雪による速度回復による効果と交通事故の減少効果より除雪の効果求めた。路面の積雪量を路側で観測された積雪量と除雪車の通過時間で簡易的に推定し、除雪による速度回復による効果を推定するために路面の積雪量より速度を求めるモデルを、交通事故の減少効果を推定するために路面の積雪量より事故率を推定するモデルを作成し、除雪基準の積雪量毎のそれぞれの損失額の算出を行った。結果、除雪基準を厳しくすることによって速度回復による効果と交通事故の減少効果が増加することが確認できた。

1 序論

1.1 背景

高速道路上で積雪によって速度低下が発生していることは感覚として明らかである。また、平成 29 年度の東日本高速道路株式会社新潟支社管内の交通事故の約 60%が 12 月から 3 月の 4 か月間に発生し、そのうち 72%が雪氷路面で発生している¹⁾ことから、冬期の雪氷路面で事故が多く発生していることが伺える。そして、積雪量が大きいくほど交通に影響に与えることが推察される。積雪による交通の障害を取り除くために除雪作業が行われており、路面の悪化による速度低下や事故の増加を防いでいる。そして、除雪水準を高めることでその効果をより大きくすることができると考えられる。一方、除雪水準を高めることによって現状よりコストがかかるため、便益と費用を明らかにする必要がある。既往研究では積雪量毎の旅行速度を推定し、除雪水準毎の路面の積雪を仮定するこ

とで旅行速度の変化による損失額と除雪コストを合わせた経済性の検証を行っているものがある²⁾。

1.2 目的

本研究では除雪による速度回復による効果と交通事故の減少効果を用いて除雪の効果と推定することを目的とする。除雪による速度回復による効果を推定するために、積雪量より速度を推定するモデルを、交通事故の減少効果を推定するために、積雪量より事故率を推定するモデルを作成し、速度回復による効果と事故の減少効果を算出する。

1.3 使用データ

東日本高速道路株式会社新潟支社管内の以下のデータを利用して研究を行った。

(1)トラフィックカウンターデータ

トラフィックカウンターによって観測され

1 非会員, 修士 (工学), 長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻

2 正会員, 工学博士, 長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 e-mail: sano@nagaokaut.ac.jp Phone: 0258-47-9616

3 正会員, 長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻

4 正会員, 工学博士, 長岡技術科学大学 産学融合トップランナー育成センター

5 正会員, 長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻

た5分間の普通車、大型車別の交通量、平均速度が記録されている。トラフィックカウンターは47カ所、概ねインターチェンジ間に1カ所ずつ、ジャンクションの各ランプに設置されている。

(2) 除雪車 GPS データ

除雪車の緯度、経度、上下線の区別、作業の種類などの情報が含まれ、作業時は概ね1分毎に記録されている。

(3) 事故調書

事故の発生日時、地点、天候、路面状況、道路状況、規制状況、死傷者数、事故当事者などの情報が記録されている。

(4) 気象観測データ

1時間間隔の降雪量と積雪量と5分間隔の気温、風速、雨量が記録されている。降雪量と積雪量はインターチェンジ付近の30カ所、インターチェンジや橋梁の付近などの58カ所で観測されている。

(5) 異常降雪量予測基準、標準除雪時間

異常降雪量予測基準は通常雪氷体制では交通の安全確保が困難となり長時間(5時間以上)の通行止めに及ぶ気象状況の基準で、区間により異なり、予測降雪量が30~60cm/24時間、15~20cm/3時間(土樽~湯沢 IC のみ 130cm/24時間、30cm/3時間)で設定されている。標準除雪時間は連続して除雪が行われている場合にある地点を除雪してから同一地点を次の除雪ができるまでの時間で、区間により異なり、0.2時間から2.5時間までで設定されている。

2 積雪時の旅行速度の分析

2.1 分析対象区間

本線に出入りするために減速するなどの影響を避けるためにインターチェンジやサービスエリア・パーキングエリアなどの出入り口から1km以上離れた地点にトラフィックカウンタ

ーが設置されている区間を分析対象区間とした。図1に分析対象区間を示す。気象観測地点は、トラフィックカウンターの設置された地点から最も近い地点のものを用いた。分析対象期間は2017年度の冬期に新潟県内で比較的多くの降雪が観測されている日として2018年1月11,12日を、中程度の積雪が観測されている日として1月24,25日を、ある程度の降雪が連続して観測されている日として2月4日から8日を選定した。



図1 分析対象区間の図

2.2 除雪車通過時刻を考慮した積雪量の推定

積雪時の速度を分析するために路面の積雪量を明らかにする必要があるが、現在、路面の積雪量は観測されていない。そのため、除雪を考慮した積雪量を簡易的に推定し、本研究で用いる積雪量とすることとした。自動車の走行の影響や温度変化による路面の凍結などの影響も考えられるが、観測データより簡素に推定できる積雪量を研究に用いた。推定積雪量は対象とする地点付近の観測地点の積雪量の差分の累積で表し、除雪が行われた時点で0cmとし、改めて累積するという方法で推定する。時間間

隔はトラフィックカウンターに合わせて5分間隔として推定した。この積雪量を除雪考慮推定積雪量と呼称する。除雪が行われた時刻は除雪車が通過した時刻とし、除雪車 GPS データを基に求める。対象地点と除雪車の位置が 500m 以内かつ一番短い距離で測位された時刻を通過時刻とする。

2.3 積雪量・速度データの整理

除雪考慮推定積雪量とトラフィックカウンターのデータより条件 1 から順にデータを除外した。

条件 1: 1 月 11,12 日, 24,25 日, 2 月 4 日から 8 日それぞれの内で最初に除雪が行われる以前のデータ

連続している時間の内で最初に除雪が行われる以前は除雪考慮推定積雪量が推定できないため。

条件 2: 速度が 0 になっているデータ

速度が 0 の場合、交通量も 0 となっているため

条件 3: 除雪が行われた 5 分間と前後の 5 分間ずつのデータ

除雪車に追従することで発生する速度低下を排除するため。

条件 4: 標準除雪時間から 20 分を経過しても除雪が行われていないかつ除雪考慮推定積雪量が 3 時間の異常降雪量予測基準の 1/3 を超えている時から次に除雪作業が行われる時または融雪により積雪が無くなるまでのデータ

除雪作業が行われていると推測される積雪時に除雪車 GPS データが欠損していて除雪車の通過時間を反映できないため。

条件 5: 速度の第三四分位数と第一四分位数から四分位範囲の 1.5 倍を超えるデータ

速度の外れ値を排除するため。

2.4 回帰分析を用いた速度予測モデルの作成

まず、速度を目的変数、積雪量と降雪量を説明変数とした重回帰分析を行ったが、R2 乗値が低く、精度が低いモデルとなった。速度には除雪考慮推定積雪量と降雪量を含めた複数の要素が関係していると考えられるため、除雪考慮推定積雪量と降雪量その他、交通データより交通量と大型車率、気象データより気温と風速を説明変数に加えて速度を目的変数とする重回帰分析を行った。その中から説明変数を選択し、自由度調整済み R2 乗値が高いモデルを作成した。作成したモデルを表 1 に示す。

区間毎に説明変数の係数が異なり、区間によって影響を与える要素が異なると考えられる。いずれの区間でも温度が速度を強く説明しており、冬期では温度により路面状況が変化することで速度に影響を与えていることが考えられる。

3 積雪時の交通事故の分析

3.1 回帰分析を用いた積雪量予測モデルの作成

積雪量毎の事故率の算出を行うために、ある程度の期間の積雪量が必要であるが、除雪考慮推定積雪量が推定できたのは除雪車 GPS データを入手できた 9 日間のみであるため、分析に用いることができる事故件数がかなり少ない。そのため、長期の得られている交通データや気象データからモデル推定積雪量を求め、モデル推定積雪量ごとの事故率を求める。

モデル推定積雪量は除雪考慮推定積雪量が推定できている 9 日間について、説明変数を大型車率、交通量、速度、降雪量、気温、風速、目的変数を除雪考慮推定積雪量とした重回帰分析を用いて作成する。その中から説明変数を選択し、自由度調整済み R2 乗値が高いモデルを作成した。作成したモデルを表 2 に示す。

区間によっては自由度調整済み R2 乗値が

3.2 積雪時の事故率

積雪量予測モデルで推定した積雪量毎の交通量と事故件数より事故率を算出した。対象期間は2013年度から2017年度の12月から3月とし、対象区間は積雪量推定モデルと速度推定モデルのR2乗値が0.3を超えている6区間とした。その区間のうち、トンネルで発生した事故は積雪の影響を受けていないと考えられるため、トンネルで起きた事故は分析対象外とした。6区間を合算した交通量と事故件数、事故率を表3に示す。

表3 対象区間の積雪量別交通量，事故件数，事故率

推定積雪量	積雪無し	0cm台	1cm台	2cm台	3cm台	4cm台	5cm台
交通量(台)	29,412,518	8,813,261	1,390,882	325,280	72,576	15,143	1,328
事故件数(件)	202	218	94	38	7	2	0
事故率(件/1億台・km)	71.62	252.06	642.35	1028.30	845.60	1294.80	0

この事故率を基に積雪量毎の事故率を推定するモデルを単回帰分析で作成した。事故率を目的変数として、積雪量を表す説明変数を積雪なしは0、積雪量0cm台は1、1cm台は2のように表した。作成した回帰式を式1に示す。

$$L = 236.6425x + 97.5141 \text{ (式1)}$$

L:事故率(件/億台・km)

x:積雪量

4 除雪の効果

4.1 除雪による速度回復による効果

除雪基準の積雪量を設定し、基準に達した時点で除雪が行われると仮定して積雪量を推定し、速度予測モデルで速度を推定、2017年12月から2018年3月の総走行時間を求め、走行時間コストを算出した。走行時間コストを算出する際の時間価値原単位は平成30年の「費用便益分析マニュアル」⁽³⁾に記載されたものを用

いる。

4.2 除雪による交通事故減少便益

除雪基準毎の積雪量を基に事故率を推定、交通量を用いて走行時間短縮便益と同期間で事故件数を求め、交通事故損失額を算出した。交通事故1件当たりの損失額は平成20年の「費用便益分析マニュアル」で交通事故減少便益の算出に用いられている人身事故1件当たり損失額11,406千円、物損事故1件当たり損失額469千円⁽⁴⁾を用いるが、本研究ではサンプル数の問題から人身事故と物損事故を区別していないため、東日本高速道路株式会社新潟支社管内の平成25年度から平成29年度の12月から3月の人身事故240件と物損事故4,132件より割合を求め、事故全体の損失額を求めた。求めた事故全体の損失額は1件当たり1,070千円である。

4.3 走行時間短縮便益と交通事故減少便益の和

走行時間短縮便益と交通事故損失額を合わせたものを、現状、5~6cmで除雪が行われていると考え、除雪基準が5cmの時と4cm以下の時の便益の差を区間毎に示した。例を図2、図3に示す。区間により、各便益額が大きく異なっているが、これは区間により交通量や降積雪の状況が異なること、区間長が異なっていることより来るものと考えられる。

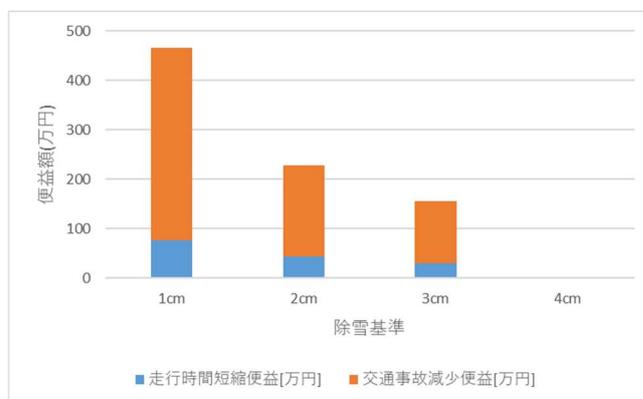


図2 親不知IC~糸魚川IC間除雪基準5cmとの便益差

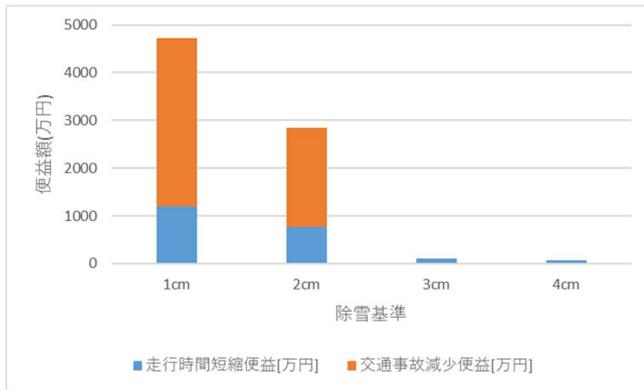


図3 小千谷 IC～長岡 IC 間除雪基準 5cm との
便益差

5 総括

除雪を考慮した積雪量を簡易的に推定し、積雪の速度への影響をある程度確認することができた。しかし、速度予測モデルでは温度が速度に大きな影響を与えており、冬期の路面状況には温度も大きく関わっていることが考えられるため、冬期においては温度も考慮した路面状況の予測を行い、速度との関係を分析する必要性があると考えられる。

降積雪と事故の関係について、速度より除雪車考慮積雪量を推定するモデルを作成し、モデルより推定したモデル推定積雪量を用いて分析を行い、モデル推定積雪量が大きくなると事故率が高くなる傾向が見られたが、モデル推定積雪量を用いて算出した積雪時の事故率が過大になってしまっていると考えられる。これはモデル推定積雪量が実際の積雪量より過少に積雪量を表してしまっていることが考えられるため、より長い期間の除雪車考慮積雪量を除雪車 GPS データを用いて推定して分析することが必要であると考えられる。また、今回の研究では積雪に着目して分析を行ったが、降雪時は吹雪などによる視程の悪化によって事故が発生していることも考えられるため、それらを考慮した分析が望ましいと考えられる。

そして、除雪による速度回復による効果と交

通事故の減少効果を用いて除雪の効果を推定し、除雪基準を厳しくすることで除雪の効果が高まることを確認した。今回は除雪コストを考えていないが、除雪コストを考えて経済性を計る場合、事故減少便益を加えることによって除雪基準を引き下げた場合に経済性が高まる可能性がある。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、多くの方々にご指導とご協力を頂きました。この場をお借りして深く感謝の意を表します。伊藤潤助教、鳩山紀一郎特任准教授、高橋貴生助教には本研究の構想から遂行に渡って数多くのご指導と力強い助言助力を賜りました。

また、東日本高速道路株式会社新潟支社の山田信行様よりデータのご提供を頂き、また、幾度にも渡り質問にお答えいただき、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 東日本高速道路株式会社 新潟支社・株式会社ネクスコ・エンジニアリング新潟「平成 30 年度保全点検業務等(新潟支社管内 H 2 9 事故統計作成業務)報告書」
- 2) 小泉倫彦, 直井聡一 「除雪作業出動基準の検証」
- 3) 費用便益分析マニュアル,国土交通省道路局都市局,平成 30 年 2 月
- 4) 第 4 回 道路事業の評価手法に関する検討委員会 参考資料 2 交通事故減少便益の原単位の算出方法,国土交通省,平成 20 年 11 月