

豪雪時の通行止め施策評価に向けた 交通シミュレーションの検討

井岡龍星¹・佐野可寸志²・高倉拓実³・加藤哲平⁴・伊藤潤⁵・原山哲郎⁶

¹学生会員 長岡技術科学大学大学院 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:s193242@stn.nagaokaut.co.jp

²正会員 長岡技術科学大学教授 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

E-mail:sano@nagaokaut.ac.jp

³正会員 エヌシーイー株式会社 (〒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

⁴正会員 長岡技術科学大学講師 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

E-mail:tkato@vos.nagaokaut.ac.jp

⁵正会員 開発技建株式会社 (〒950-0954 新潟市中央区紫竹山7丁目13番16号)

E-mail:j_ito@khgk.co.jp

⁶正会員 東日本高速道路株式会社 新潟支社 道路事業部 (〒950-0145 新潟市江南区亀田早通3233)

E-mail: t.harayama.aa@e-nexco.co.jp

2020年12月中旬に関越自動車道の月夜野 IC (群馬県)～小出 IC (新潟県)で豪雪により車両がスタックを起し、長時間の立ち往生が発生した。それらを受け、高速道路ではスタックによる滞留車両の発生抑制および滞留に巻き込まれる車両台数を軽減するために通行止めを実施している。こうした事例を踏まえ、立ち往生の予防とその早期解決にむけた冬期道路交通確保対策が必要である。本研究では、降積雪の著しい地域において、路面状況や道路規制など複数の要因から影響を受ける交通流のシミュレーションを再現するためにシミュレーションモデルを構築することにより、通行止めが周辺ネットワークに与える影響を明らかにする。

Key Words: Heavy snowfall, Winter traffic accidents and stuck, Road closure, Traffic simulation

1. はじめに

(1) 研究背景

令和2年(2020年)12月16日(水)から18日(金)の3日間にかけて E17 関越自動車道の月夜野 IC～小出 IC において豪雪により複数箇所で大規模な車両スタックを起し、長時間の立ち往生が発生した。大規模な車両滞留に至った原因として、塩沢石打 IC 付近での大型トラックのスタックにより、2車線ともに塞ぐ形で動けなくなったため、上り線が通行不能となったことが挙げられる。3日間を通して最大約2100台の車両が滞留し、全体を通して立ち往生が完全に解除されるまで約52時間に渡った。今後、こうした車両滞留の発生を防ぐために、気象条件や路面状況によって変動する車両挙動ならびに交通流を定量的に分析することで、豪雪時の道路交通確保に向けた対策に役立つと考える。

(2) 既往研究

冬期における車両挙動は積雪による路面状況の悪化

により、大きな影響を受ける。さらに、事故やスタックが発生した時に通行止めなど道路規制が実施されることで夏期平常時に比べ、経路選択が変化すると推測される。これより、冬期の交通流を表現するためには、気象条件や交通規制による車両挙動の変動特性を考慮したシミュレーションモデルが必要となる。しかし、冬期の車両挙動に関する既往研究は、信号交差点や特定区間などの狭域において、晴天時と降雪時を比較する分析⁹⁾が多く、交通シミュレーションを用いて降積雪の影響を考慮した研究は少ない。また、各種施策の動的な評価を行うための様々な交通シミュレーションは開発されてきたが、積雪による路面状態の悪化や除雪車などの要因を考慮した冬期における総合的な評価をすることができる交通シミュレーションは開発されていない。

2. 研究概要と目的

本研究では、関越自動車道とそれに並行する国道 17

号の簡易的なネットワークを対象とし、冬期における交通流がどのように変化するかを定量的に分析することのできる交通シミュレーションの作成を目的とする。なお、冬期の交通流に影響を与える要因の中には、観測値が容易に得られない指標も多いため、プロトタイプシミュレーションモデルを検討する。

3. シミュレーション作成のフロー

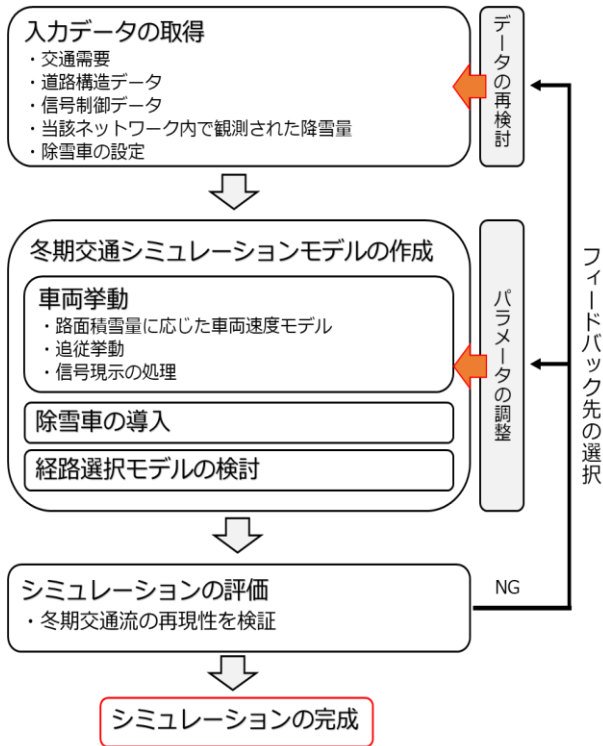


図-1 交通シミュレーション作成フロー

2. シミュレーションモデル

本シミュレーションモデルは、Pythonを用いて作成を行う。スキャン単位時間を1秒として、1秒毎に各車両の状態を更新していく処理を行う。

(1) シミュレーション内時計の進行方法

シミュレーション内のシステム時計の進め方⁷⁾は、大きく分けてピリオディック・スキャン方式とイベント・スキャン方式の2種類がある。本研究ではシステム時計を一定の単位時間ごとに進行させ、車両の状態を順次更新するピリオディック・スキャン方式を採用する。一定単位時間を1秒とし、スキャン毎に車速を更新することで動的に車両速度の変動を表現でき、車両の進行に応じて不定期に発生する事象(スタック・事故、交通規制など)に対しても、スキャン毎に事象の

処理を判断することが出来る。

(2) 入力データ

a) 交通需要

作成するシミュレーションに入力する交通需要はOD交通量を用いる。OD交通量を算出するにあたり、当該ネットワークは非常に特殊であるため、道路交通センサスのODデータからOD交通量を逆推定する手法⁸⁾は適用できない。ETC2.0プローブデータの走行履歴情報⁹⁾を基に、ODパターンの作成を行い、そのODパターンを残差平方和モデルを用いて拡大し、OD交通量の推定を行った。この手法はODパターンと観測リンク交通量からOD交通量を推計する手法であり、観測リンク交通量と発生交通量のそれぞれの残差平方和を最小化する「結合モデル」を活用した。残差平方和最小化モデル¹⁰⁾は次式のようなになる。拡大したOD交通量を時間帯別・車種別に分割し、発生交通量をセントロイドから対象ネットワークに流入させる。残差平方和モデル最小化モデルの目的関数を(1a)、制約条件を(1b)、(1c)に示す。

目的関数

$$\sum_a (\sum_i \sum_j X_i h_{ij} P_{ij}^a - V_a)^2 + \sum_i (X f_i - X_i)^2 \Rightarrow \text{Min} \quad (1a)$$

制約条件

$$X = \sum_i X_i \quad (1b)$$

$$X_i \geq 0 \quad (1c)$$

ここで、

X : 総トリップ数

X_i : ゾーン*i*の発生交通量

f_i : ゾーン*i*の発生交通量比

V_a : リンク*a*の観測交通量

P_{ij}^a : OD交通量*ij*のリンク*a*の利用率

h_{ij} : ゾーン*i*からゾーン*j*への目的地選択確率

b) 対象ネットワーク

2020年12月中旬に立ち往生が発生した区間である関越自動車道の月夜野IC~小出IC間を対象区間とし、交通シミュレーションの作成を行う。上記の区間に加え、一般道は迂回経路になりうる幹線道路(国道17号、国道291号)のみに路線を絞り、最小限の対象ネットワークとした。

c) 対象ネットワークの構造

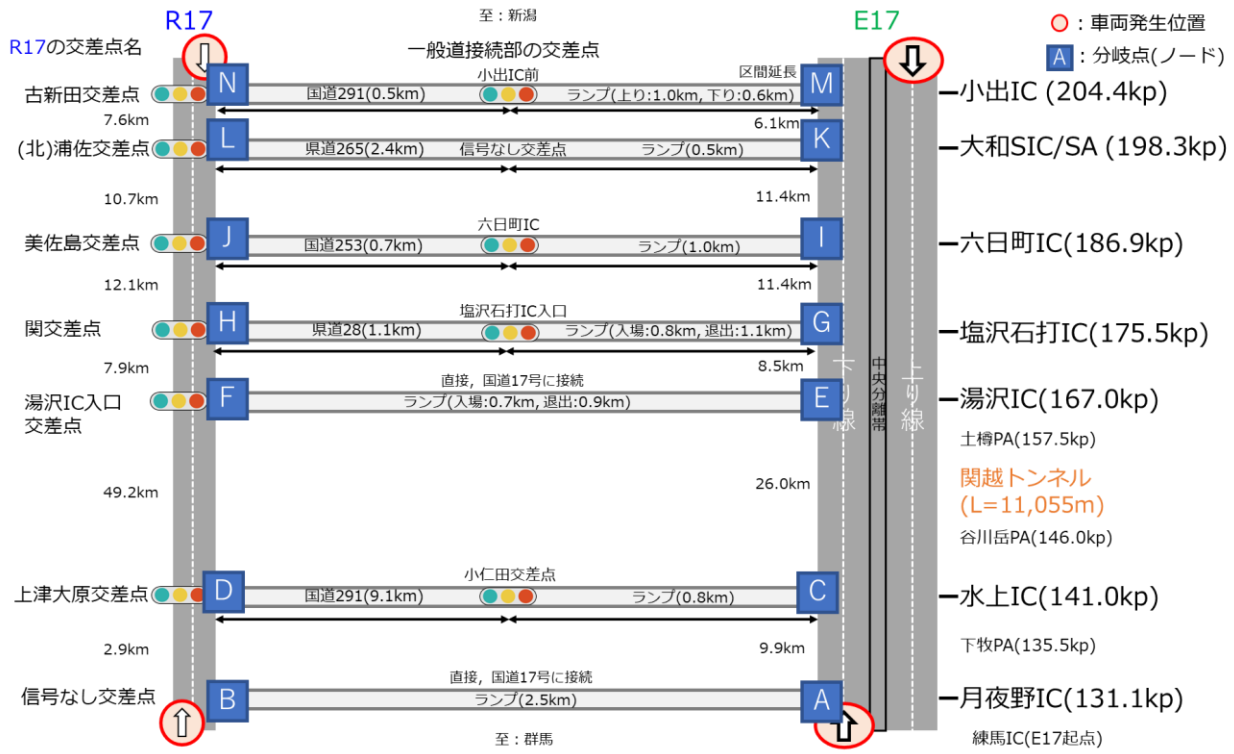


図-2 簡易ネットワークの構造

シミュレーションに必要なデータである道路構造データ（ノード位置，リンク長，ネットワーク構成）²を図-2に示す。各ノードの位置設定は，対象区間内のあるICと国道17号に位置かつICから直近の交差点のみとする。また，各リンクの延長は「全国デジタル道路地図データベース標準データ」を用いて算出した。

d) 平面交差点内のリンク

平面交差点内のネットワーク表現を図-4に示す。各交差点内に方向別リンクを設定することで1つのノードで交差点中心を表すだけでは表現できない右折，左折，直進別の交差点を通過するときの遅れを表現することが出来る。

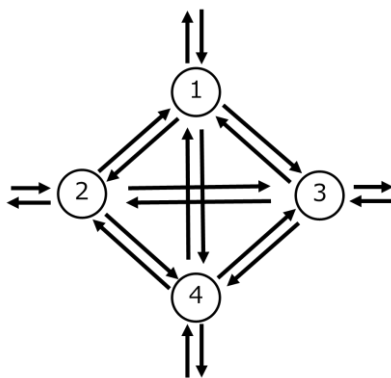


図-4 平面交差点のネットワーク

e) 信号現示データ

国道17号に位置する対象交差点は実際のサイクル，スプリット，オフセットのデータ入力を行う。また，これらパラメータは同交差点においても時間帯によって変化するため，シミュレーションをする時間帯に対応したデータを用いることに留意する。

(3) 車両発生

本研究で使用する車頭時間間隔(車両発生から次の車両発生が起こる時間間隔)の確率分布は，指数分布モデルを採用する。指数分布モデルは，ネットワークに流入してくる車両同士が独立して自由走行している時に適用可能な分布である。

(4) 車両速度推定モデル

冬期の車両速度は，道路構造や交通量，大型車混入率に加え，路面上に積もる雪が大きく影響する。よって，降雪データによる積雪量の増加分と除排雪作業による減少分から路面積雪量を推定し，モデルに組み込むことで路面積雪量の影響を考慮した速度推定モデルの構築を行うことが出来る。車両速度推定モデルを用いることでスキャン毎，リンク毎に更新される路面積雪量の影響を考慮した逐次的に変化する車両挙動の再現が可能となる。

(5) 除雪車の導入

現在の除雪車出動は、現場の気温や路面状況、気象予報などから判断されているがシミュレーション内の除雪車の設定は、リンクの路面積雪量に閾値を決め、出動させる。また、当該区間において2台梯団除雪体制が多く締めているため、除雪中は一般車が除雪車を追い越しを禁止し、必ず追従させるように設定する。

(6) 経路選択モデル⁵⁾

ネットワークレベルで施策を評価する上で、特定の時間間隔に生起する車両がどの経路を通るかをモデル化する必要がある。積雪による交通状況や道路規制およびそれに伴う交通量の変化によって移動時間が変化する。本研究では、こうした移動時間の変化に対して利用者が経路を選択するモデルを用いて、経路交通量を求める。具体的には、静的な交通量配分で用いられる分割配分によって、これらの交通量を求めることとする。本研究の対象ネットワーク構造は、簡易的な構造に設定したため、すべての経路の列挙が容易である。このため、OD ペア間のすべての経路移動時間をリンク移動時間から求めることができる。したがって、先述した分割配分を容易に適用することが可能である。通行止めでない限り、リンクの移動時間はBPR関数などを用いて交通量から求められるものとする。

(7) 交通シミュレーションの評価⁶⁾

OD、時間帯、車種別に平均旅行時間を算出し、ETC2.0軌跡情報から算出した観測値と比較を行う。また、各リンクの断面交通量と観測リンク交通量の実績値を比較し、経路選択モデルの精度を検証する。

4. 今後の展望

作成した交通シミュレーションから出力される結果

は、冬期における交通流を再現するシミュレーションとして機能しているのかを判断する必要がある。そのため、再現性の検証および精度向上を図るために繰り返しフィードバックを行い、各パラメータをキャリブレーションすることによって、シミュレーション結果と観測値の誤差を最小化していく必要がある。しかし、冬期の交通環境は、夏期に比べ車両挙動に与える要因が多くかつ不確実性とバラツキが大きいと推測できるため、実態が正確に把握がしづらいパラメータが存在するため、すべての場面で再現性を高めるのは厳しい。そのため、再現性を重視すべき項目を絞り、取捨選択をすることによって、効率的にパラメータの調整を行う。

謝辞：本研究は令和2年 NEXCO 東日本技術研究助成制度（共通テーマ：高速道路の安全性またはサービスレベルの向上に資する研究）の一部として実施されました。

参考文献

- 1) ETC 総合情報ポータルサイト, <https://www.go-etc.jp/fukyu/>
- 2) 国土交通省国土地理院地図, <https://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/kenchokan.html>
- 3) ETC2.0 データを用いた道路交通の見える化, http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kouenkai/kou-enkai2015/pdf/151203_08.pdf
- 4) 國分 恒彰・倉内 文孝・嶋本 寛・飯田 恭敬・船本 洋司・栄徳 洋平, ETC2.0 を用いた OD 交通量逆推定, 第 53 回土木計画学研究発表会・講演集
- 5) 土木学会：交通ネットワークの均衡分析-最新理論と解法-, 1998
- 6) 一般社団法人 交通工学研究会：交通シミュレーション活用のススメ, 2012
- 7) 塩嶋 耕平：暫定 2 車線高速道路の効果的な付加車線長および設置位置の検討
- 8) 伊藤 潤：降積雪地域における冬期交通現象に基づく道路整備評価のあり方に関する研究, 2020

(?)