

ETC2.0 プローブデータを用いた 豪雪時の OD パターン分析

井岡 龍星¹・佐野 可寸志²・高倉 拓実³・伊藤 潤⁴・原山 哲郎⁵

¹非会員 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非会員 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 総合建設コンサルタント開発技建株式会社 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
E-mail:j_ito@khgk.co.jp

⁵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月半ばに新潟、群馬県付近の関越自動車道の上下線で豪雪により車両がスタックを起こし、立ち往生が発生した。こういった豪雪により長時間の立ち往生が発生している日における ETC2.0 プローブデータの車両軌跡データ数や対象ネットワークの OD パターンは非豪雪日のデータ数、OD パターンに比べ、どのような変化が生じるのかを調査する。さらに、ETC2.0 の普及率が低い地域における対象道路ネットワークにおける OD 交通量の推計方法を検討する。また、推計した OD 交通量を用いて交通シミュレーションし、豪雪時の高速道路ネットワークにおける適切な交通マネジメント施策の検討を行っている。

Key Words: OD pattern during heavy snowfall , OD traffic volume estimation during heavy snowfall

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(群馬県側)～小出IC(新潟県側)において集中降雪により複数の箇所で大規模な車両滞留に至った原因として、塩沢石打IC付近でのトラックのスタックにより2車線とも塞ぐ形で動けなくなったため、上り線は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。立ち往生に伴い、上り線では湯沢IC～小出IC区間で17日10:20から19日17:30まで、下り線では月夜野IC～湯沢IC区間で17日5:40から19日21:30まで通行止めになった。降雪状況は湯沢で12月15日(火)の午前4時から24時間降雪量が113mmと観測史上最大を記録した。

(2)研究目的・概要

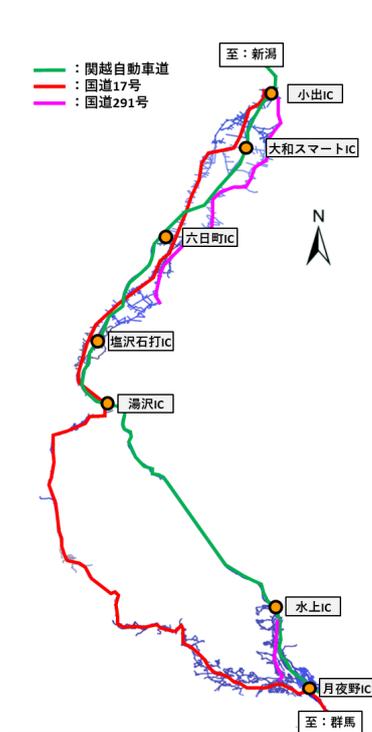
このような豪雪時において道路利用者の行動がどのよ

うな変化が生じるのかを定量的に分析することで今後、豪雪時に利用者の行動を変容させる対策を検討する際に重要なことであると考えられる。今回の立ち往生が発生した期間を中心に降雪の影響が比較的大きい地域での道路ネットワークを対象に ETC2.0 プローブデータを用いて非豪雪時(晴天・曇り・雨)と豪雪時の交通量の違いを明らかにする。将来的にミクロシミュレーションを用いて、気象状況を踏まえた最適なオペレーションの提案を目的としている。この目的を達成するためにまず、OD 交通量を比較し、天候に応じての交通行動にどのような変化が生じるのかを明らかにするべく ETC2.0 プローブデータの走行軌跡データをもとに OD 交通量を推計する。よって、本論文は ETC2.0 プローブデータから OD パターン(車両のトリップパターン)を作成し OD 交通量推計に向けての拡大手法を提案する。また、非豪雪時と豪雪時での OD パターンを比較し、拡大率の決定に影響するのかを分析する。

2. OD パターンの作成

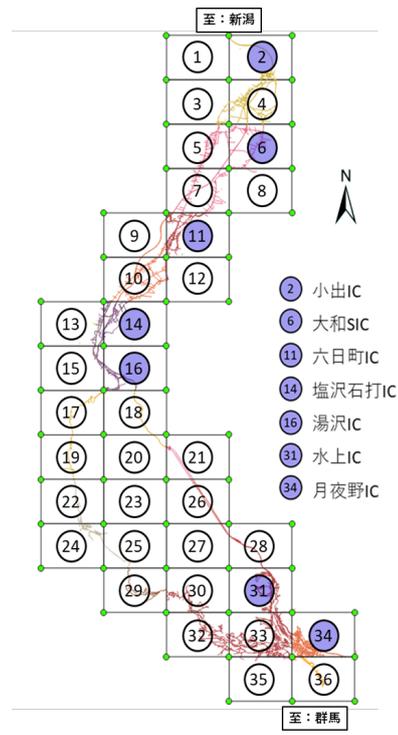
(1)対象ネットワークについて

立ち往生が発生した区間で OD パターンを作成するために関越自動車道は月夜野 IC～小出 IC 間を対象区間とし、迂回経路になりうる幹線道路は国道 17 号（三国峠）と国道 291 号を中心とする。上記の道路を利用する車両を調査したいため、主要な道路と従道路の必要な部分以外を削除し、最小限のネットワークを作成した。



-1 対象の道路ネットワーク

限定的な対象区間であるため、B ゾーン（道路交通センサス OD 調査の最小ゾーン単位）を基準に区分してしまうと各ゾーンの位置やサイズに偏りが生じてしまうため、調整が難しい。そこで 5 km×5 km メッシュで区分した。ETC2.0 プローブデータの様式 1-2 には 2 次メッシュコードが記載されている。2 次メッシュは 10 km×10 km メッシュであるため、4 等分に分割することによって、5 km×5 km メッシュを作成することが出来る。



-2 5 km×5 kmメッシュ

(2)ETC2.0 プローブデータについて

ETC2.0 の位置情報データから OD データを作成する。本研究で使用したデータは、様式 1-2 の走行履歴情報で 2020 年 12 月の 1 か月分である。車両一台一台に ID が振られているため、同じ ID を追っていくと走行軌跡が作成できる。様式 1-2 はでは DRM リンクとマッチングしているため、DRM のネットワークを参照することでどの道路を走行しているのかを知ることが出来る。但し、ETC2.0 では、個人情報保護のために正確な起終点は秘匿され大まかな位置しか把握できない。そのため分析ではメッシュで区切られたエリア間での起終点を使用して OD パターンを作成する。なお、本研究で対象としている区間は都市圏に比べ交通量が少ないことから、サンプル数も少ないと予測できるため日単位での OD パターンを分析する。

(3)ゾーニングについて

本研究で対象としている道路ネットワークではとても

表-1 メッシュ一覧

2次メッシュ名	5km×5kmメッシュ名	県名
553867	①, ②, ③, ④	新潟
553857	⑤, ⑥, ⑦, ⑧	新潟
553846	⑨, ⑩	新潟
553847	⑪, ⑫	新潟
553836	⑬, ⑭, ⑮, ⑯	新潟
553826	⑰, ⑱, ⑲, ⑳	新潟
553827	㉑	新潟
553816	㉒, ㉓, ㉔, ㉕	新潟
553817	㉖, ㉗, ㉘	新潟
553806	㉙	群馬
553807	㉚, ㉛, ㉜, ㉝	群馬
553900	㉞	群馬
543877	㉟	群馬
543970	㊱	群馬

表-1 に対象区間内の 2 次メッシュ及び 5 km×5 km メッシュを示す。5 km×5 km メッシュはメッシュ名が無い

め新潟方面から順に番号を振った。図-2 では対象区間内の 5 km×5 kmメッシュの位置と区間内にある各 IC が含まれる 5 km×5 kmメッシュを青丸で示している。

(4)OD パターン作成フロー

ETC2.0 プローブデータ様式 1-2 の走行履歴情報から OD パターンを作成するまでの手順を以下の図-3 に示す。また、走行履歴情報はデータ数が多いため本研究では Python を用いてデータの分析を行った。以下、a) ～d) で行った処理を説明する。

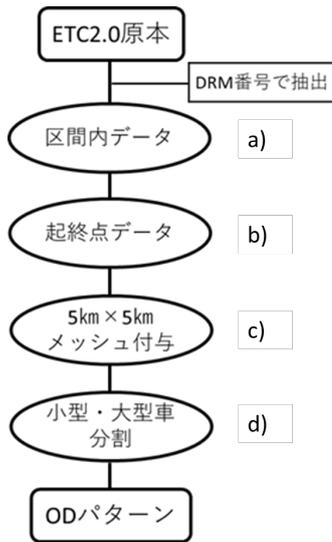


図-3 OD パターン作成フロー

a) DRM 番号による抽出

対象区間内のデータのみを抽出するために「全国デジタル道路地図データベース標準」の Shapfile 形式を使用した。Qgis を用いて Shapfile を加工し必要な道路ネットワークのみを残し、抽出したい道路のみのリストを作成した。Shapfile には DRM リンクの情報が入っており、同様に様式 1-2 にも DRM リンクとマッチングされているため、2次メッシュコード、流入ノード、流出ノードの3つからユニークキーを作成し、マッチングしたデータのみを抽出する。

b) 起終点データのみを抽出

ETC2.0 プローブデータの様式 1-2 には車両 ID と受信時刻が記載されているため、その2つで多重ソートする。第1キーを車両 ID でソートし、第2キーを受信時刻でソートすることで、車両 ID ごとに受信時間が昇順に並び替えること出来る。その後、車両 ID ごとの最初と最後の行のみにすることによって対象区間内での起点と終点のみを抽出することが出来る。抽出後のデータには、1つの車両 ID につき2つのデータが存在するが、まれに

道路ネットワークに1地点のデータしか存在しない車両が存在するため、起点と終点が揃っているかどうかを精査する必要がある。

c) 5 km×5 kmメッシュ名の付与

Qgis で 5 km×5 kmメッシュの各頂点にポイントを打ち、X、Y 座標 (WGS 84 世界測地系) を取得し、起終点データの X、Y 座標が範囲内に収まる 5 km×5 kmメッシュ名を付与する。メッシュ名により車両ごとの大まかな OD が決まり、発生・目的地ごとにトリップをカウントすることによって OD パターンを作成することが出来る。

d) 小型車と大型車の分割

小型車と大型車で ETC2.0 車載器の搭載率が違うため、拡大率も小型車と大型車で変える必要があるため分割する。また、区分方法として表-2のように分割した。

表-2 区分方法

種別	区分方法
小型車	軽自動車, 普通車
大型車	中型車, 大型車, 特大型車

大型車に区分される中型車はマイクロバスや普通貨物車を考慮するために ETC2.0 に記載されている車両種別の普通車かつ、車両用途の貨物・特殊・乗合に区分されている車両を中型車として判定している。

3. 豪雪時と非豪雪時の比較

ODパターンを作成した日別のサンプル数を表-3に示す。

表-3 日別のサンプル数

日付 2020/12	曜日	小型車 [トリップ/日]	大型車 [トリップ/日]	対象内サンプル数 [点データ]
01	火	350	992	1,168,555
02	水	352	1,010	1,172,223
03	木	381	1,021	1,192,668
05	土	565	465	823,936
06	日	542	353	707,848
07	月	374	862	1,069,552
11	金	471	865	1,144,453
12	土	543	448	789,452
13	日	506	341	711,097
14	月	354	824	1,128,586
15	火	353	1,012	1,216,158
16	水	335	705	936,566
17	木	163	255	246,472
18	金	263	180	236,543
19	土	363	153	199,462
20	日	493	326	559,101

実際に大雪が降っていたのは12月15日～17日の3日間であり、立ち往生が発生している期間は16日～18日の3日間である。表-3より、サンプル数が大幅に減っているのは17日～19日の3日間である。サンプルが減っている期間は関越道の上下線で通行止めされていた期間と一致するため、関越道が使用不可になるとトリップをやめる車両が一定数存在することが分かる。平日と休日それぞれ通常日（非豪雪日）と豪雪の影響でサンプル数が減少している日（豪雪日）でODパターンの比較をする。比較する平日の非豪雪日は12/1, 2, 3, 7, 11の4日間、豪雪日は12/17, 18の2日間の平均のODパターンを使用した。休日（土曜日）の非豪雪日は12/5, 12の2日間、豪雪日は12/19のODパターンを比較した。なるべく多くのODパターンを平均することでODの誤差を軽減することが出来る。

表-4 非豪雪日_平日_小型車

非豪雪（平日）	小出IC	大和SIC	六日町IC	塩沢石打IC	湯沢IC	水上IC	月夜野IC	合計
	②	⑥	⑪	⑭	⑯	㉑	㉔	
小出IC	58	1	1	0	0	0	11	70
大和SIC	2	11	1	0	0	0	1	14
六日町IC	3	0	60	0	0	0	6	69
塩沢石打IC	1	0	0	4	0	0	1	6
湯沢IC	0	0	0	0	45	1	11	57
水上IC	0	0	0	0	0	6	3	9
月夜野IC	10	1	4	5	19	22	196	256
合計	72	13	66	9	65	29	229	482

表-5 豪雪日_平日_小型車

豪雪（平日）	小出IC	大和SIC	六日町IC	塩沢石打IC	湯沢IC	水上IC	月夜野IC	合計
	②	⑥	⑪	⑭	⑯	㉑	㉔	
小出IC	45	1	3	0	1	0	2	50
大和SIC	2	10	0	0	1	0	2	14
六日町IC	2	1	40	1	1	0	1	44
塩沢石打IC	0	0	0	2	0	0	0	2
湯沢IC	1	1	0	0	19	0	2	22
水上IC	0	0	0	0	1	4	1	6
月夜野IC	1	0	0	2	11	3	60	77
合計	50	11	42	4	33	7	67	213

表-6 非豪雪日_平日=大型車

非豪雪（平日）	小出IC	大和SIC	六日町IC	塩沢石打IC	湯沢IC	水上IC	月夜野IC	合計
	②	⑥	⑪	⑭	⑯	㉑	㉔	
小出IC	36	1	3	1	0	6	152	199
大和SIC	1	0	0	0	0	0	8	10
六日町IC	3	0	7	0	1	3	39	53
塩沢石打IC	1	0	0	2	0	0	7	9
湯沢IC	0	0	0	0	3	0	2	5
水上IC	7	0	1	1	0	6	30	44
月夜野IC	101	11	13	24	1	48	670	868
合計	148	13	25	27	5	63	907	1188

表-7 豪雪日_平日_大型車

豪雪（平日）	小出IC	大和SIC	六日町IC	塩沢石打IC	湯沢IC	水上IC	月夜野IC	合計
	②	⑥	⑪	⑭	⑯	㉑	㉔	
小出IC	29	3	6	0	2	0	6	45
大和SIC	2	0	0	0	0	0	0	2
六日町IC	9	0	8	0	0	0	15	31
塩沢石打IC	1	0	0	1	0	0	2	4
湯沢IC	1	0	1	0	1	0	3	5
水上IC	0	0	0	0	0	3	6	9
月夜野IC	4	0	2	1	1	5	112	123
合計	45	3	16	2	4	7	143	218

上の表-4, 5, 6, 7 は平日の小型・大型車別で比較するために作成した OD パターンである。比較するにあたって、ゾーンが多すぎたため各 IC が含まれる 5km×5km メッシュ間の OD を抜粋して、パターン表を作成した。上記の表でどの OD が強いのかを比較しやすくするためにメッシュ間でのトリップで 5 km×5 km メッシュの内々トリップを除いた上位 10% に当てはまる OD に色をつけている。

(1) 平日、小型車の比較

表-4, 5 を比較する。全体のトリップ数は非豪雪日に比べ、269 台減っている。小出 IC から月夜野 IC や湯沢 IC から月夜野 IC、月夜野 IC から水上 IC で大幅にトリップ数が減っていることが分かる。

(2) 平日、大型車の比較

表-6, 7 を比較する。全体のトリップ数は非豪雪日に比べ、970 台減っている。小出 IC から月夜野 IC へのトリップ数が大幅に減少しているのに対して、小出 IC から関越道に乗って大和 SIC や六日町 IC で降りる人が増えているため、途中でトリップをやめる車両や立ち往生で日にちを跨いでいる車両がいるため、大幅に減っていると考える。

表-8 非豪雪日_休日_小型車

非豪雪（土曜日）	小出IC	大和SIC	六日町IC	塩沢石打IC	湯沢IC	水上IC	月夜野IC	合計
	②	⑥	⑪	⑭	⑯	㉑	㉔	
小出IC	57	2	1	0	2	0	10	70
大和SIC	3	7	1	0	0	0	1	11
六日町IC	3	1	53	0	1	1	6	64
塩沢石打IC	0	0	0	3	0	0	2	5
湯沢IC	0	0	0	0	32	1	17	49
水上IC	0	0	0	0	1	3	4	7
月夜野IC	13	2	6	7	41	49	232	349
合計	76	10	61	9	76	54	270	554

表-9 豪雪日_休日_小型車

豪雪（土曜日）	小出IC	大和SIC	六日町IC	塩沢石打IC	湯沢IC	水上IC	月夜野IC	合計
	②	⑥	⑪	⑭	⑯	㉑	㉔	
小出IC	37	0	3	0	1	0	2	43
大和SIC	0	6	1	0	0	0	0	7
六日町IC	2	0	37	0	1	0	0	40
塩沢石打IC	0	0	0	4	1	0	1	6
湯沢IC	1	0	0	0	30	0	12	43
水上IC	0	0	0	0	0	1	5	6
月夜野IC	5	0	3	4	24	16	166	218
合計	45	6	44	8	57	17	186	363

表-10 非豪雪日_休日_大型車

非豪雪（土曜日）	小出IC	大和SIC	六日町IC	塩沢石打IC	湯沢IC	水上IC	月夜野IC	合計
	②	⑥	⑪	⑭	⑯	㉑	㉔	
小出IC	17	0	2	1	0	1	27	47
大和SIC	1	1	1	0	0	0	2	5
六日町IC	2	0	3	0	0	1	9	14
塩沢石打IC	2	0	0	0	0	0	2	3
湯沢IC	1	0	0	0	1	0	0	1
水上IC	10	0	1	0	0	2	11	23
月夜野IC	67	3	7	6	1	15	267	364
合計	99	4	13	6	1	18	317	457

表-11 豪雪日・休日・大型車

豪雪(土曜日)	小出IC ②	大和SIC ⑥	六日町IC ⑪	塩沢石打IC ⑭	湯沢IC ⑮	水上IC ⑳	月夜野IC ㉔	合計
小出IC	21	0	4	1	0	0	5	31
大和SIC	0	0	0	0	0	0	0	0
六日町IC	3	0	3	0	0	0	6	12
塩沢石打IC	0	0	0	0	0	0	1	1
湯沢IC	0	0	0	0	4	0	2	6
水上IC	0	0	0	0	0	1	0	1
月夜野IC	16	2	5	1	1	14	63	102
合計	40	2	12	2	5	15	77	153

上の表-8, 9, 10, 11は休日の小型・大型車別で比するために作成したODパターンである。休日も平日と同様に、内々トリップを除いた上位10%に当てはまるODに色をつけている。

(3) 休日、小型車の比較

表-8, 9を比較する。全体のトリップ数は非豪雪日に比べ、191台減っている。湯沢ICや水上ICから月夜野ICへのトリップ数は他のODに比べあまり変化がなかったため、相対的にODが強くなっているといえる。

(4) 休日、大型車の比較

表-10, 11を比較する。全体のトリップ数は非豪雪日に比べ、303台減っている。水上～月夜野ICへ行くトリップが豪雪日では0台と大幅に減っている。対象区間内における最長のトリップである小出IC～月夜野IC間のトリップが減少していることから長距離トリップが小型車に比べ減っている傾向にある。

4. OD拡大について

本研究の対象期間は非常に特殊であるため、観測データを入手することが出来ない可能性が高い。そのため、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は適用できない。さらに、首都圏から離れている地域であるため、ETC2.0の普及率に偏りが生じている。そのため、実測交通量ではリンクを走っていても、ETC2.0のデータでは欠損しているケースがある。以下をことを考慮してODパターンを拡大し、OD交通量の推定方法を検討する。

- 欠損したデータの補正として隣接したゾーンからの補正を検討する。
- 地域によってETC2.0車載器の搭載率が異なっているためトリップに応じた拡大が必要である。そのため、都道府県ごとのETC2.0搭載率を小型・大型車ごとに求め、それぞれ補正を行う。
- 現時点でのODは、対象区間内での起終点のため、通過交通も含まれている。よって、関東地方と北陸地方を分析にかけ対象区間を走った車両の真のOD

をもとめる。

- 都道府県ごとの発生交通量とトリップ長の分布を作成し、車両のトリップ長と照らし合わせて起点となる場所を重みづけして補正値を決定する。

5. まとめ

平日・休日ともに大型車の方が多いため、対象区間内では多くの大型車が走っていることが分かる。5km×5kmメッシュの内々トリップが多く、月夜野ICが含まれるメッシュで一番多くなっている。理由として、使用した道路ネットワークの水上ICや月夜野IC付近の国道・県道以外の細かい道路が多いため、群馬県側の内々トリップが多くなったと考えられる。よって、Qgisにて対象の道路ネットワークを見直し、対象道路がもつDRM番号リストを改良する必要がある。ODパターンの種類として非豪雪日の平日・休日と豪雪日の平日・休日の4パターン存在するが非豪雪時のサンプルはODパターンを作成していない日があるため、すでに作成済みのODパターンと合わせて、より誤差の少ないODパターンを作成する必要がある。

謝辞:

本稿作成にあたりまして、国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所より、北陸・関東地方における令和2年12月のETC2.0プローブデータを提供していただきました。この場をお借りしまして、感謝申し上げます。また、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たものです。

参考文献

- ETC総合情報ポータルサイト, <https://www.go-etc.jp/fukyu/>
- 国土交通省国土地理院地図, <https://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/kenchokan.html>
- 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/kouenkai2015/pdf/151203_08.pdf
- 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

(?)

Using ETC2.0 probe data OD pattern analysis during heavy snowfall

Ryusei IOOKA, Kazushi SANO, Takumi TAKAKURA, Jun ITO, Tet-suro HARAYAMA

In mid-December 2020, heavy snowfall caused vehicles to get stuck on the upper and lower lanes of the Kanetsu Expressway near Niiga-ta and Gunma Prefectures. In this study, we investigate how the number of vehicle trajectory data and the OD pattern of the target network of ETC2.0 probe data change compared to the number of data and the OD pattern on non-snowing days when vehicles are stuck for a long time due to such heavy snowfall. In addition, we examine the estimation method of OD traffic volume on the target road network in the area where the penetration rate of ETC2.0 is low. In addition, we will conduct traffic simulations using the estimated OD traffic volume to examine appropriate traffic management measures on the expressway network during heavy snowfall.