

首都高速道路における事故発生時のランプ選択行動に関する実証分析*

Empirical analysis on ramp choice behavior in case of accidents on Metropolitan Expressway

小根山裕之**・秋元健吾***・大口敬****・鹿田成則*****・割田博*****

By Hiroyuki ONEYAMA**・Kengo AKIMOTO***・Takashi OGUCHI****・
Shigenori SHIKATA*****・Hiroshi WARITA*****

1. はじめに

首都高速道路において事故や通行止めなどの突発事象が発生した場合、入口・出口ランプの転換や利用の取りやめなど、ランプ選択行動が行われ、入口・出口ランプの流入・流出交通量が大きく変動することが、車両感知器ベースの分析により実証されている¹⁾。しかしながら、これらの分析では個々の利用者の突発事象に対する行動変化は十分に明らかになったとはいえない。

このような入口・出口のランプ選択行動の分析には、個別利用者の首都高速道路のランプ利用履歴が把握可能なETCデータの活用が有効である。著者らの先の研究²⁾にて、ETC利用履歴データを用いた分析により、事故時にはランプ選択行動だけでなく、首都高利用の取りやめが多く発生していること、目的地によってランプ選択行動の態様が異なること、高頻度利用者と低頻度利用者では反応が異なることなどを示した。しかし、本分析では、事故の発生時刻と流入時刻の関係を明確にしていないこと、5時～10時の利用IDのみを抽出したため、その時間を超えて流入する車両を分析せず、首都高の取りやめを多く見積もっていた可能性があることなど、分析上の問題が指摘される。

そこで、本研究では、ETCデータから把握される平常時の流入時刻と事故発生時刻の関係を踏まえつつ、事故発生時のランプ選択行動について詳細に把握することを目的とした分析結果を報告する。

2. 分析方法

(1) 分析の基本的考え方

*キーワード：ETC，ランプ選択行動，都市内高速道路
**：正会員，博(工)，首都大学東京大学院都市環境科学研究科
(〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1,oneyama@tmu.ac.jp)
***：非会員，修(工)，東京ガス(株)
****：正会員，博(工)，首都大学東京大学院都市環境科学研究科
*****：正会員，修(工)，首都大学東京大学院都市環境科学研究科
*****：正会員，博(工)，首都高速道路(株)

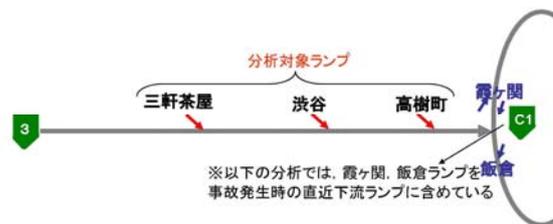


図-1 分析対象範囲

本研究では、比較的高頻度でかつ利用形態が安定している（平常時において、利用流入・流出ランプが大きく変更しない、流入時刻の変動が小さい等）首都高利用者を対象として、ETCの利用履歴データを用いて平常時と事故発生時の交通行動の違いを見ることにより、事故発生時の首都高利用者のランプ選択行動の特性を明らかにしようとするものである。ETCデータには、利用した入口・出口ランプ、日付、流入時刻、流出時刻、個人ID（特定の個人を特定不可能に乱数化されている）に相当する情報が含まれている。これらを用いると個別ID（利用者）の平常の利用形態が容易に把握可能であり、事故時の行動変化も容易に捉えられる。しかし、ETCデータでは、利用記録がない場合の交通行動が把握できず、また利用があってもなくても当日の交通目的や交通の意図（目的地、希望出発・到着時刻、希望経路など）まではわからない。そのため、個別利用者の行動変化を追っても、事故との直接的関係を見つけるのは困難である。

従って、本研究では利用者（ID）毎に利用の多い特定の入口・出口ランプ（メイン入口・出口ランプという。また、このODペアをメインランプODという）を主に利用する利用者グループを設定し、その利用者の事故あり／なしによる、首都高利用およびランプ選択の違いから事故発生時のランプ選択行動を分析しようとしている。基本的な方法は既往研究²⁾と同じであるが、今回は事故発生時刻とランプ流入時刻の関係を分析するため、メインランプO

D毎に代表（平均）流入時刻を設定する。

なお、分析は、利用ランプや流入時刻が比較的安定していると想定される平日朝の時間帯を対象とする。

(2) 分析対象 I D の抽出

本研究では、平日朝(5:00~10:00)の比較的高頻度で利用ランプ・時刻が安定している首都高利用者(普通車)を対象とした。分析対象は3号渋谷線上で発生した事故、対象ランプは三軒茶屋、渋谷、高樹町の3ランプ(図-1)、分析対象期間は2006年7月~12月の6ヶ月間(お盆の期間は除く)のデータを用いた。具体的な対象データ抽出の手順は以下の通りである。

- ① 対象時間帯より両側 2 時間ずつ広い 3:00~12:00 の E T C 利用履歴(当該 I D で当日初回の利用に限る)から、6ヶ月で 20 回以上利用している I D を抽出する。
- ② I D 毎にもっとも利用回数の多い入口・出口ランプをメイン入口・出口ランプとして設定する。その上で、当該メインランプ O D 間の利用回数が総利用回数の 1 / 4 以上になる I D を抽出する。
- ③ 今回の分析対象である三軒茶屋、渋谷、高樹町ランプを入口とするメインランプ O D について、平常時(3号線で事故の発生がない日)のみ取り上げ、入口ランプ流入時刻の平均値(以降、「平常時平均流入時刻」という)、標準偏差を算出する。
- ④ ③で算出した平常時平均流入時刻が 5:00~10:00 の範囲、標準偏差が 1 時間(3,600sec)以下となる I D を、分析対象として抽出する。

このようにして抽出したメイン流入ランプ別 I D は、三軒茶屋ランプ：1,369 I D(70,667 サンプル)、渋谷ランプ：674 I D(35,115 サンプル)、高樹町ランプ：366 I D(17,012 サンプル)である。各ランプ別の平常時平均流入時刻別 I D 数分布を図-2に示す。

(3) 対象とする事故データの抽出

「事故」の抽出は、車両感知器データに含まれる突発事象情報を用いる。この際、3号線で複数の事

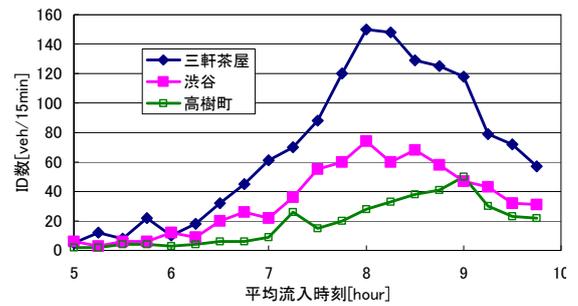


図-2 平均流入時刻別ランプ流入 I D 数

表-1 事故発生位置による事故の分類

	高樹町	渋谷	三軒茶屋
下流で事故あり (=「事故あり」)	15	23	30
上流で事故あり (=「対象外」)	25	17	10
事故なし (=「事故なし」)	69	69	69

象が時間をおいて発生している場合を除外した。メイン入口ランプ毎に、下流側で事故が発生したときを「事故あり」、3号線で事故が起らなかった日を「事故なし」とした。なお、各入口の上流側で事故が発生したときは「対象外」として、分析には用いなかった。各入口の「事故あり」、「事故なし」および「対象外」の日数を表-1に示す。

3. 分析結果

(1) 時間帯別流入台数の変化

分析対象 I D の事故有無別の流入台数の時間変化について、三軒茶屋メイン I D の例を図-3に示す。これによると、メイン入口ランプである三軒茶屋ランプからの流入量の時間分布は図-2で示した平常時平均流入時刻の分布と大きく変わらないが、その他のランプからの流入量の時間分布は大きく異なる。このことは、メイン入口ランプ以外からの流入には目的等が大きく異なるトリップが多数含まれていることを示唆している。ただ、いずれにしても事故なしとありの比較では、ピーク時にわずかに差が見られる程度で、平均にすると大きな差ではない。

また、事故あり、事故なしで標準偏差を比較したのが図-4である。事故ありの方は、流入ランプの変化、流入時刻の変化、利用取りやめの増加等があり、標準偏差が大きくなることが想定されたが、今回対象としている安定的な高頻度利用者について見る限り、事故の有無による大きな行動の変化はない

ようである。

(2) 事故発生時刻と平常時平均流入時刻の関係を考慮した分析

事故発生時刻と平常時平均流入時刻の関係から、対象 I D 毎に事故発生日の状態を、①事故発生前、②事故処理中、③事故処理終了後 30 分以内、④事故処理終了後 30 分以降、の 4 つに分ける。ここで、事故発生日には対象 I D が首都高を利用したか否かにかかわらず、平常時平均流入時刻を用いて対象 I D を分類できること、実際に対象 I D が当日、当該状態にあったかどうか（例えば、事故発生前に流入することを意図していたかどうか）は判断できない点に留意する必要がある。

その上で、各状態の首都高利用の有無、流入ランプおよび流入時刻を集計した。併せて、事故のない場合についても同様に集計した。

表 2 に三軒茶屋の事例を示す。ここでは、平常時平均流入時刻別（1 時間単位）に対象の全 I D を分類し、実際の流入時刻別（平常時平均流入時刻を中心に前・後の計 3 段階）、流入ランプ別（メイン入口ランプ、当該ランプの下流側に位置する 3 号線および都心環状線の霞ヶ関、飯倉ランプ、それ以外のランプ）の選択率を示している。この表は、「ある時刻に平常時出発する I D が、事故のない場合、あるいは事故が発生した場合に、ランプと流入時刻をどのような率で選択するか」を表すものと考えることができる。従って、事故なしと事故ありの選択率の変化率が、事故の有無による行動変化率を表すことになる。

一方、ここで表す率は対象 I D 全体に対する割合であり、その中に一定の割合で「首都高利用なし」や「メイン OD ランプ以外を他の目的で利用する I D」が含まれている。そこで、これらは平常時の割合で変化しないと仮定し、平常時（事故なし）にメイン入口ランプを利用した I D 数を基準として「事故あり」の場合の変化率を算出したものも表に示している（表中各セルの下段括弧内）。また、今回対象の 3 ランプについて合計値のみを図 5 に図示した。

これらの図表より、以下の状況が窺える。

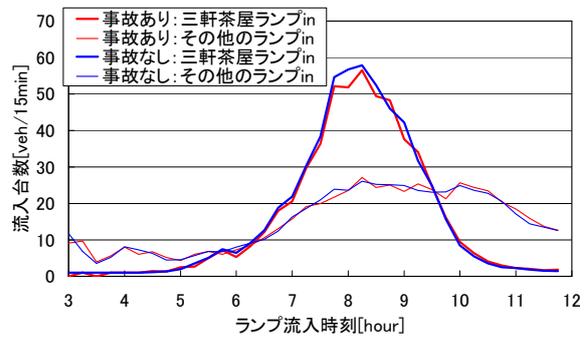


図 3 ランプ流入台数の時間変化

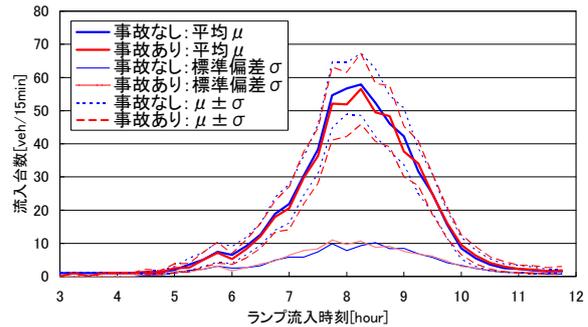


図 4 三軒茶屋ランプの流入台数および標準偏差の時間変化

- ・メイン入口ランプの利用 I D は「事故あり」では減っている場合が多く、特に、事故発生時では顕著である。その一方で、メイン以外のランプや利用なしが増加しており、事故を避けて入口を転換するか、利用を取りやめる場合が多いことがわかる。図 7 に示されるように、事故処理中（状態 = 2）では全時間帯合計で 12~16%程度メイン入口ランプの利用が減少し、そのうち他ランプへの変化が小さい高樹町ランプを除くと、約 5%前後が他のランプへ、6~14%程度は首都高利用を取りやめていることがわかる。
- ・転換率は時間帯によっても異なる。特に、早朝の時間帯（5~7 時台）の転換量が多く、転換先は下流のみならずその他のランプも含めて多岐にわたっており、利用取りやめも多い。この理由としては、当該時間帯は事故の発生した首都高と比較すると一般道の混雑状況が穏やかであり、一般道で可能な限り進むことが時間短縮につながる事が考えられる。一方、8 時、9 時台になると一般道も混雑が悪化するため、一般道で先回りして別のランプから乗ることの利益は小さく、首都高に通常通り乗るか、利用を取りやめるかの選択にな

表-2 対象ID区分別の首都高入口ランプ利用比率（三軒茶屋メインID）

状態	平常時平均 流入時刻	メイン入口ランプを利用			下流ランプを利用			その他のランプを利用			利用なし	n	
		EARLY	ONTIME	LATE	EARLY	ONTIME	LATE	EARLY	ONTIME	LATE			
事故あり	5時台	2.8% (3.3%)	30.0% (-9.2%)	2.2% (0.5%)	0.0% (-0.3%)	0.5% (-0.4%)	0.4% (-0.4%)	1.1% (-0.2%)	3.0% (0.3%)	6.2% (3.5%)	53.7% (3.0%)	1,089	
	6時台	2.1% (2.4%)	29.4% (-9.7%)	3.1% (1.7%)	0.2% (0.0%)	0.4% (-0.6%)	0.3% (-0.2%)	0.9% (1.4%)	2.0% (0.7%)	4.1% (2.2%)	57.5% (2.1%)	1,959	
	7時台	2.4% (0.4%)	34.9% (-3.6%)	4.2% (1.9%)	0.2% (0.1%)	0.3% (0.1%)	0.7% (0.6%)	1.2% (0.1%)	2.3% (0.5%)	3.8% (0.7%)	49.9% (-0.9%)	5,257	
	8時台	3.5% (-0.5%)	34.3% (-1.6%)	3.4% (0.5%)	0.3% (-0.1%)	0.6% (0.2%)	0.6% (0.3%)	1.7% (0.2%)	1.4% (-0.7%)	2.3% (-0.3%)	51.8% (1.9%)	6,974	
	9時台	4.1% (-2.8%)	30.9% (-1.1%)	5.1% (0.4%)	0.0% (-0.8%)	0.2% (-0.1%)	0.7% (0.6%)	3.1% (2.4%)	1.7% (-0.8%)	3.1% (1.8%)	51.1% (0.4%)	902	
	合計	3.0% (-1.2%)	33.4% (-2.0%)	3.6% (0.2%)	0.2% (-0.1%)	0.5% (0.1%)	0.6% (0.4%)	1.5% (-0.1%)	1.9% (-0.0%)	3.3% (1.2%)	51.9% (1.6%)	16,181	
	2	5時台	2.3% (1.9%)	4.7% (-77.6%)	0.0% (-5.5%)	0.0% (-0.3%)	16.3% (42.3%)	0.0% (-1.4%)	0.0% (-3.2%)	4.7% (4.7%)	7.0% (5.5%)	65.1% (33.7%)	43
	6時台	0.9% (-1.0%)	24.9% (-21.8%)	1.8% (-1.6%)	0.0% (-0.4%)	6.7% (16.6%)	0.6% (0.6%)	0.6% (0.5%)	1.5% (-0.7%)	4.9% (4.2%)	58.1% (3.6%)	329	
	7時台	1.9% (-0.8%)	26.5% (-23.7%)	3.4% (0.0%)	0.2% (0.0%)	2.2% (4.7%)	1.5% (2.4%)	1.2% (0.2%)	3.6% (3.6%)	4.3% (1.8%)	55.2% (11.7%)	1,156	
	8時台	4.2% (1.2%)	30.9% (-9.7%)	4.8% (3.7%)	0.4% (0.2%)	0.9% (1.0%)	0.5% (0.1%)	1.8% (0.5%)	1.7% (-0.1%)	2.7% (0.6%)	52.0% (2.5%)	1,906	
9時台	4.4% (-2.1%)	28.5% (-6.9%)	5.2% (0.6%)	0.4% (0.2%)	1.0% (1.7%)	0.8% (0.8%)	1.6% (-1.3%)	1.6% (-0.9%)	2.0% (-0.9%)	54.6% (8.7%)	1,719		
合計	3.6% (0.2%)	28.5% (-13.9%)	4.4% (2.0%)	0.3% (0.1%)	1.7% (3.2%)	0.8% (0.9%)	1.5% (-0.0%)	2.1% (0.5%)	3.0% (0.4%)	54.1% (6.8%)	5,153		
3	合計	3.7% (0.5%)	30.6% (-9.0%)	4.6% (2.6%)	0.3% (0.2%)	0.7% (0.8%)	0.5% (-0.0%)	1.7% (0.5%)	2.0% (0.2%)	2.6% (-0.6%)	53.3% (4.8%)	3,265	
4	合計	3.8% (0.8%)	30.6% (-8.8%)	4.5% (2.2%)	0.4% (0.3%)	0.6% (0.4%)	0.4% (-0.1%)	1.8% (0.7%)	1.9% (-0.0%)	2.6% (-0.6%)	53.4% (5.1%)	9,626	
事故なし	5時台	1.6%	33.4%	2.0%	0.1%	0.6%	0.5%	1.2%	2.9%	4.9%	52.6%	3,196	
	6時台	1.3%	32.9%	2.4%	0.1%	0.6%	0.4%	0.4%	1.8%	3.3%	56.7%	7,140	
	7時台	2.2%	36.4%	3.4%	0.2%	0.3%	0.5%	1.1%	2.1%	3.6%	50.3%	23,052	
	8時台	3.7%	35.0%	3.2%	0.3%	0.5%	0.5%	1.6%	1.8%	2.4%	51.0%	37,536	
	9時台	5.3%	31.4%	4.9%	0.3%	0.3%	0.4%	2.1%	2.0%	2.3%	51.0%	22,168	
合計	3.5%	34.3%	3.6%	0.3%	0.4%	0.5%	1.5%	1.9%	2.8%	51.3%	93,092		

※状態の1: 事故発生前、2: 事故処理中、3: 事故処理終了後30分以内、4: 事故処理終了後30分以降を表す。
 ※かっこなしの数値は対象ID区分別(事故あり/なし別、状態別、平常時平均流入時刻別)の各ランプ利用数の比率である。
 ※かっこ内の数値は、事故なし(平常時)の対象ID区分別のメイン入口ランプ利用IDを100%とした場合の事故時の変化率である。

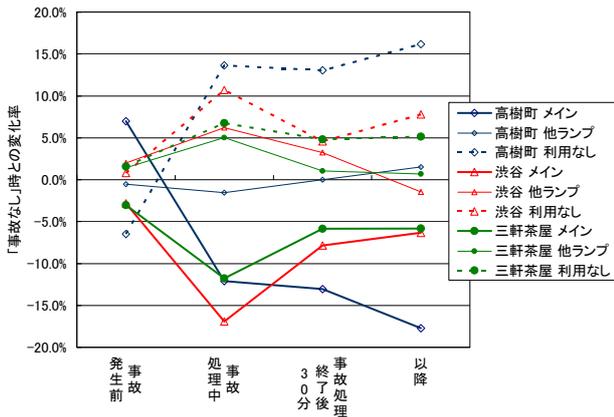


図-5 事故発生時点毎のランプ選択率の変化率
 っていることが想定される。

・事故処理終了後(状態=3, 4)でも、メイン入口利用者の減少は顕著である。その一方、他ランプの変化は小さく、メイン入口利用者の減少分の多くは利用を取りやめているようである。この理由としては、事故の影響により渋滞が通常より激しくなっており、それを嫌って首都高利用を取りやめている場合や、事故の交通情報に接して、そもそも自動車での移動を取りやめた(公共交通などへの転換)場合などが考えられる。

4. おわりに

本分析では、IDを識別できるETCデータを用

いて事故発生時の流入交通量の変動を分析した。高頻度利用者を対象として、メイン入口・出口に加え平常時平均流入時刻を算出し、事故発生時の入口ランプおよび流入時刻の変化を分析した。その結果、事故発生時には10%以上のメイン入口からの転換が見られること、その際他のランプへの転換だけでなく首都高の取りやめが5%前後は見られること、流入時刻によって行動が異なること、事故処理後もメイン入口からの転換が多いことなどが示された。今後、事故の規模(継続時間)や事故の種類等、事故の詳細との関係、交通状況の変化も考慮したランプ選択行動の分析などが必要である。

謝辞

本研究は首都高速道路(株)が推進する「新しいリアルタイムネットワークシミュレーション研究WG」での検討の一環として実施されたものである。実施に当たり首都高速道路(株)にはデータ提供その他で多大なるご協力をいただいた。この場を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) 田村, 割田, 桑原, 佐藤, 岡田: “首都高速道路における流入制御時の入口転換行動分析” 土木計画学研究・講演集, Vol. 37, CD-ROM, 2008
- 2) 小根山, 秋元, 大口, 鹿田, 割田: “ETCデータを用いた首都高速道路における事故発生時のランプ選択行動に関する実証分析,” 土木計画学研究・講演集, Vol. 39, CD-ROM, 2009