

首都高速道路全域を対象とした事故発生時における 入口転換行動の特性分析

佐藤 理久斗¹・小根山 裕之²・柳原 正実³・石倉 智樹⁴・割田 博⁵

¹非会員 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)
E-mail: satou-rikuto@ed.tmu.ac.jp

²正会員 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)
E-mail: oneyama@tmu.ac.jp

³正会員 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)
E-mail: yanagihara@tmu.ac.jp

⁴正会員 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)
E-mail: iskr@tmu.ac.jp

⁵正会員 首都高速道路株式会社 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)
E-mail: h.warita1116@shutoko.jp

首都高速道路ではその緻密なネットワーク構造に非常に多くの交通が流れており、さらには出入口間の一般道ネットワークも充実している。そのため、事故が発生した際の入口転換行動や、首都高速道路利用の取りやめなどの行動が存在することがこれまでの研究で確認されている。しかしながら、利用頻度や利用時刻を考慮した転換予測モデルの構築には至っていない。そこで本研究では、転換行動予測モデルを構築する知見を得るためにETCデータを用いてメイン入口利用率や事故発生時の転換行動を分析した。具体的には、利用者の行動を首都高利用の有無、入口、流入時刻によって6つの行動パターンに分類し、それらの割合の通常時と事故時の差分により利用者毎に事故時の行動変化を把握した。更に、行動パターン割合の差分をデータとしてクラスター分析を行い、利用者を事故時転換行動特性別に分類した。その結果、都心部と郊外部といった入口のエリアによって特徴的な事故時転換行動特性がみられることが明らかとなった。

Key Words : ETC data, ramp choice behavior

1. 本研究の背景と目的

首都圏の交通を支えている首都高速道路では非常に多くの交通が流れている。これらの交通は首都高速道路内の入口や都市間高速から流入するが、緻密なネットワーク構造を有し出入口間の一般道ネットワークが充実している首都高速道路では、事故が発生した際に入口の転換行動や、首都高速道路利用の取りやめなどの行動がとられることが予想される。このような高速道路利用者による事故発生時出入口転換行動についての予測は、事故発生時の適切な交通管制や情報提供などを行う上で重要となる。この事故発生時出入口転換行動については実証分析により確認されている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。しかしながら、これまでの分析は出入口転換行動を集計的に捉えており、利用者毎の行動の違いには着目していない。実際には利用者

間のトリップ目的や選好の違い、ODの空間的特性や交通状況の違いなどによって、事故発生時に容易に入口を変更する利用者や、変更を行わない利用者など、様々なパターンが考えられる。事故発生時の行動変更パターンを定量的に明らかにすることができれば、パターン別転換予測モデルの構築など、事故発生時の需要予測の高度化にも結びつくことが期待される。

これらを踏まえて、本研究ではETCデータを用いて首都高速道路ネットワーク内事故発生時と通常時の利用者行動を比較することによって転換行動を分析し、利用者別の転換行動パターン分類を導出するとともに、それらの時空間的な特性を明らかにする。

2. 分析手法

(1) 分析の基本的な考え方

本研究では、日々の行動パターンを主に ETC データから把握される「流入時刻」と「利用入口」などによって分類した。この行動パターンを設定する際に、利用者ごとの「平常時に最も利用される入口（メイン入口）」と「平均流入時刻」を設定して、それらとの違いを考慮している。

その行動パターンの割合を事故時と通常時で比較し、その差分をとることによって事故発生時の利用者の転換行動の傾向について把握できるという仮説のもとに分析を行った。行動パターン割合の差分は、利用者の行動変化の傾向によって異なると考え、このデータを用いて利用者を分類し、その傾向を明らかにしようとしている。このような分析手法をとるため、対象期間内で一定数以上の利用回数がある利用者を対象として分析を行った。

以下、分析手法の詳細について説明する。

(2) 利用データ

本分析では 2012 年 7 月から 12 月までの半年間の首都高速道路全域における ETC データと事故データを用いた。対象ネットワークを図-1 に示す。なお、当該期間の 2012 年においては中央環状線が完成しておらずその路線の大井ジャンクション～品川ジャンクション間は開通していない。また、料金制度については 2012 年 1 月より「6km 毎の料金距離に応じて加算される料金体系」へ移行していた。しかしながら、2016 年現在行われているような都心流入・湾岸線流入割引などは実施されていない。

ETC データには利用者の ID、流入日時、利用入口などが記録されている。この ID はスクランブルがかけられており個人を特定することはできないが、半年間を通じて変わることがないので、利用者の利用特性を把握することができる。

事故データには首都高速道路内で発生した事故の路線、方向、キロポスト、発生時刻、事故処理終了時刻が記録されている。

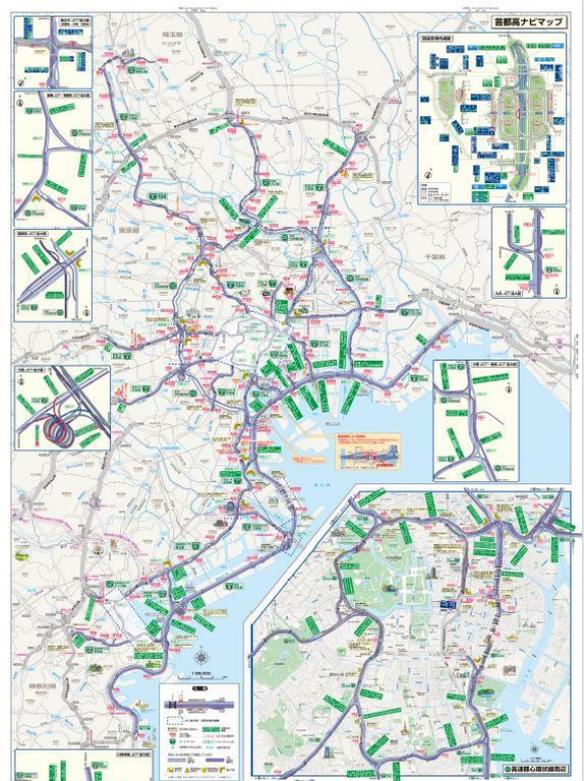


図-1 首都高速道路ネットワーク図
(首都高速道路株式会社 HP より)

(3) 対象利用者

ETC 利用履歴データを用いて分析対象利用者の抽出と分類を行った。午前中に発生する往路トリップを念頭に置いて 3:00-12:00 を分析対象時間帯とした。

商業利用など通常時の行動パターンが一般的な利用者とは異なる特殊な利用者を除外するため、半年間の対象期間内の対象時間帯において首都高を 1 日 5 回以上利用したことの無く、かつ 1 日 3 回以上利用した日が 3 日以内の ID を分析対象として抽出した。

更に、事故時と通常時の行動パターンの差分を算出するため、事故時の利用が 3 回以上ある利用者を対象とした。

(4) 利用者分類

対象利用者について、半年間の利用日数が 24 日(平均週 1 日程度)以内の利用者を“低頻度利用者”，25 日～72 日(平均週 1～3 日程度)の利用者を“中頻度利用者”，それ以上の利用を“高頻度利用者”と設定した。

なお、低頻度利用者については利用回数が少なく、意味のあるメイン入口の決定が困難であるため、本分析では分析対象から除外した。

これら(3)(4)により抽出あるいは除外された ID 数、およびそれぞれの利用回数を表-1 に示す。分析対象 ID は全 ID の約 6% であるが、利用回数では約 41% が分析対象となっている。

表-1 対象利用者数・利用回数

	ID 数	利用回数
元データ	6,266,149 (100%)	56,442,909 (100%)
高頻度利用者	77,464 (1.2%)	8,776,927 (15.6%)
中頻度利用者	316,927 (5.1%)	14,428,262 (25.6%)
低頻度利用者	5,798,858 (92.5%)	23,530,787 (41.7%)
高・中頻度合計	394,391 (6.3%)	23,205,189 (41.1%)

(5) 事故影響入口定義

事故データを用いて、事故影響入口を定義した。各入口から下流 5 km 以内、または入口から下流 5 km 以内にジャンクション(以下、JCT)を利用して他路線へ行くことができる場合には、その JCT から 2 km 以内に事故処理が存在している場合にその入口を事故影響入口とした。

図-2 に路線と事故影響について表す。実線部の路線に事故があった場合に“事故影響がある”とし、斜線部に事故があった場合には、本研究では“事故影響がない”とする。

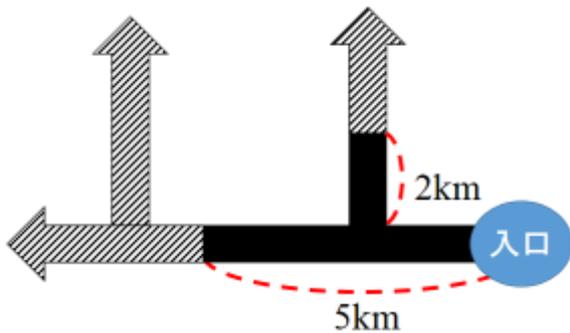


図-2 事故影響入口図

(6) パターン分類

各利用者は首都高利用において「メイン入口利用」, 「その他入口利用」のいずれかを選択する。「メイン入口利用」は対象期間内に最もその利用者の利用回数の多い入口の利用, 「その他入口利用」はメイン入口以外からの流入による利用とした。

また、各利用者について平均流入時刻を算出し、その前後 15 分間を“メイン流入時間帯”とし、流入時刻を「メイン流入時間帯」と「その他時刻」に分類した。

対象時間帯に利用がない場合を「帰宅のみ利用」と「利用無し」に分類した。朝の対象時間帯と対になる復路想定時間帯を 15:00~24:00 とし、「帰宅のみ利用」については復路想定時間帯にメイン入口以外から

の流入がある場合、「利用無し」は復路想定時間帯にメイン入口以外からの流入もない場合とした。

各利用者の行動を、表-2 に示すように、「通常利用」, 「他入口利用」, 「他時刻利用」, 「他入口・他時刻利用」, 「帰宅のみ利用」, 「利用無し」の 6 パターンに分けて、通常時と事故影響時別でパターン割合を算出した。

なお、事故影響時については、出発時刻を考慮するために各利用者のメイン入口に平均流入時刻の 60 分前から 15 分後または実際の流入時刻までに事故影響がある場合を“事故影響時”とした。

表-2 パターン分類

パターン	流入時刻	入口
通常利用	メイン流入時間帯	メイン入口
他入口利用	メイン流入時間帯	その他入口
他時刻利用	他時刻	メイン入口
他入口・他時刻利用	他時刻	その他入口
帰宅のみ利用	帰宅利用のみ	
利用無し	時間内利用なし	

(7) グループ分類

利用者の通常時・事故時パターン割合の差分を算出し、それを用いてk平均法による非階層クラスタリングを行い、グループ分けを行った。クラスタ数はパターン数に対応することを想定し、6 に設定した。なお、これらの分析は高頻度・中頻度に分けて行った。

3. 分析結果

(1) 頻度別事故時パターン割合変動

図-3 に高頻度利用者による通常時・事故時におけるパターン割合を示す。図-4 に中頻度利用者のそれを示す。これらより、高頻度・中頻度にかかわらず、首都高速道路の利用（通常利用、入口変更、時刻変更、時刻・入口変更）の割合が減少し、首都高速道路利用取りやめ（帰宅のみ利用、利用無）が増加していることがわかり、転換行動の存在が確認できる。

高頻度利用者では、事故時に高速道路利用取りやめの 2 パターンは増加し、通常利用が減少する傾向が見受けられるが、中頻度利用者は利用無の割合が事故時には減少している。中頻度の利用者が利用する日は交通量が多くなることから、結果的に事故も起きやすくなっている可能性が想定される。

高頻度利用者では事故時に入口を転換して首都高速道路を利用する利用者の割合が増加しており、さらに帰宅のみと利用無の割合も増加している。しかしながら中頻度利用者は事故時には帰宅のみ利用が大きく増

加しており、首都高速道路利用の割合は減少している。このことより、首都高速道路の利用頻度が高まると事故発生時に柔軟な対応をとることができ、日々首都高速道路を利用しているのではない中頻度利用者は首都高速道路の利用をあきらめて一般道への転換行動をとる傾向があることが明らかとなった。

時刻転換行動については減少する傾向を示したが、これは各IDの流入時刻の分散を考慮できていないので、より詳細な時刻転換行動をとらえるためには各IDのメイン流入時間帯の定義を平均流入時刻の前後15分でなく、分散を考慮したものにする必要がある。

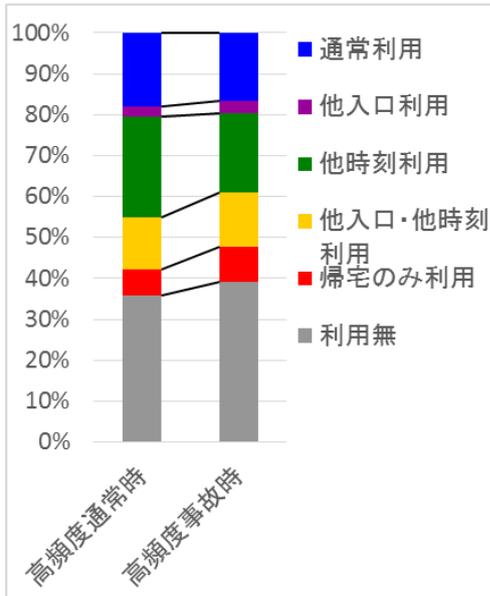


図-3 高頻度パターン割合

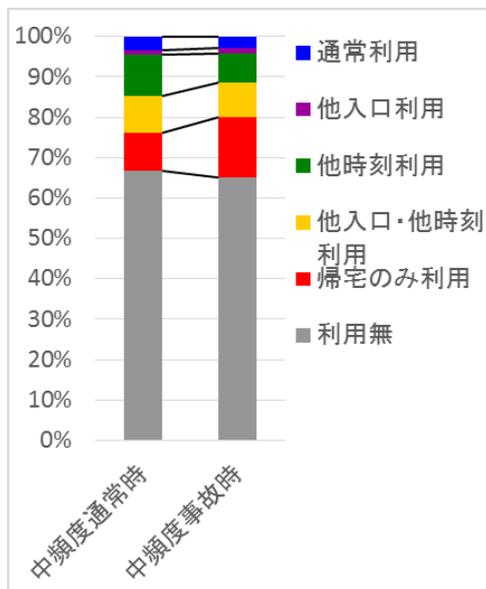


図-4 中頻度パターン割合

利用者のパターン差分平均を示す。図-6 に中頻度利用者における同様のグラフを示す。

これらより、高頻度利用者に関しては傾向の違うグループに分類することができたが、中頻度利用者に関して、各パターンの差分の正負、大小関係についてはほぼ同様の傾向を示しているため、中頻度利用者の分類に関しては課題を残す結果となった。

以下、高頻度利用者について分析をする。この傾向より、それぞれを“利用取りやめグループ”、“首都高利用傾向グループ”、“メイン以外利用減少グループ”、“時刻-入口転換グループ”、“時刻のみ転換グループ”、“事故時無転換グループ”と名付けた。全てのグループで傾向が異なっており、それぞれ意味のあるクラスタリングが得られたと考えられる。また、表-3 に高頻度利用者の各グループの ID 数を示す。

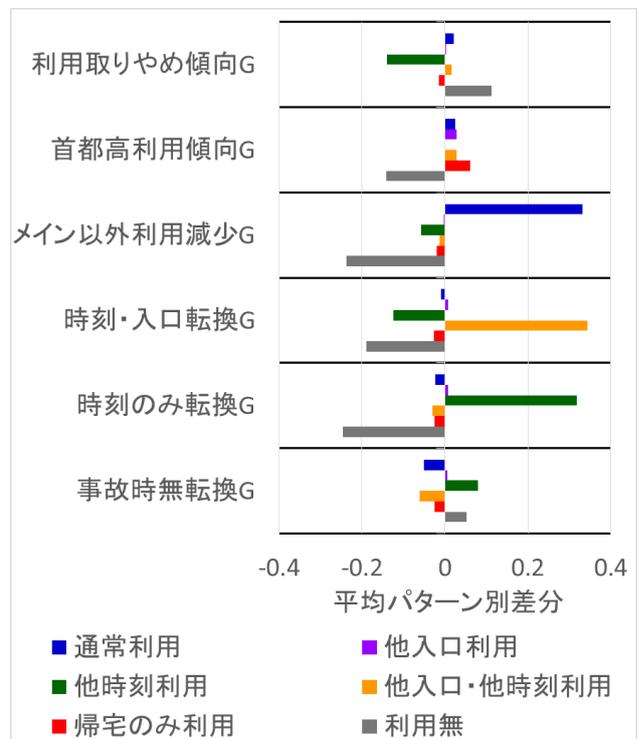


図-5 高頻度グループ別平均値

(2) 入口特性分析

a) 非階層クラスタリングによるID分類

図-5 に、高頻度利用者を k 平均法による非階層クラスタリングを行い得られた 6 つのグループについて、

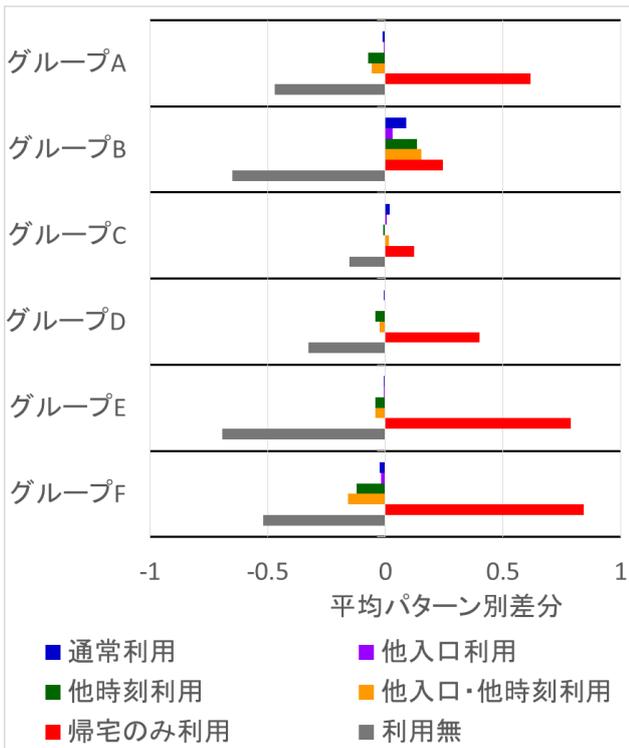


図-6 中頻度グループ別平均値

表-3 高頻度グループ別 ID 数

グループ名	ID 数
利用取りやめ傾向グループ	2,550 (21.1%)
首都高利用傾向グループ	2,603 (21.6%)
メイン以外利用減少グループ	1,484 (12.3%)
時刻・入口転換グループ	1,396 (11.6%)
時刻のみ転換グループ	1,513 (12.6%)
事故時無転換グループ	2,499 (20.7%)

b) 入口特性分析

前述した ID のグループを各利用者のメイン入口ごとに集計し、そのグループの割合を算出した。その割合の大きさを円の大きさとして GIS を用いて地図上に表した。図-7 に時刻・入口転換グループ、図-8 に時刻のみ転換グループ、図-9 に事故時無転換グループの割合を表す。これらより、各グループや各入口・エリアによって傾向が異なることがわかる。

図-7 より、時刻・入口転換グループは郊外と都心では郊外のほうが割合が大きくなる傾向が見られる。よって時刻・入口転換グループはエリアごとの特性に影響を受けていることがわかる。

図-8 より、時刻のみ転換グループは都心のほうが大きな割合になっていることがわかる。よって、エリア特性を受けるグループであることが明らかとなった。

図-9 より、事故時無転換グループも時刻・入口転換グループと同様に郊外が比較的大きな割合であることがわかる。よって、エリア特性を受けていることが明らかとなった。

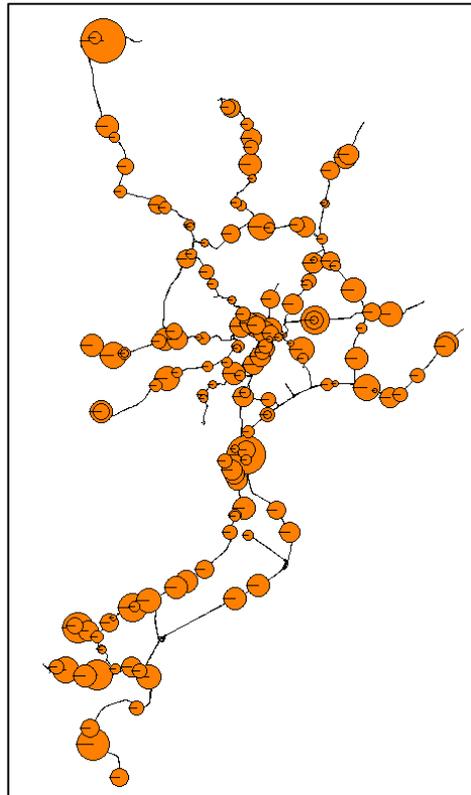


図-7 時刻・入口転換グループ割合

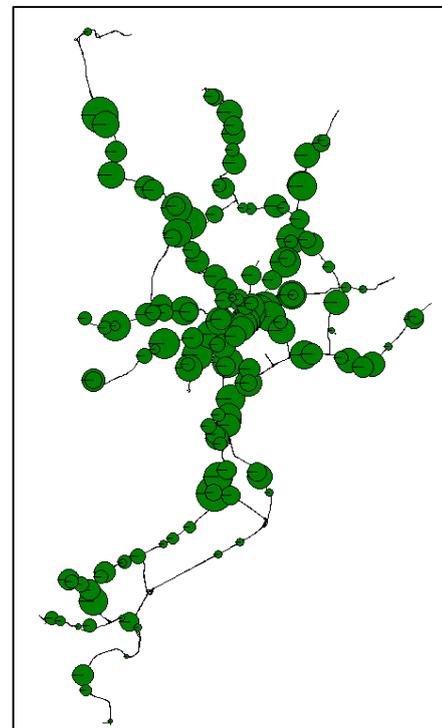


図-8 時刻のみ転換グループ

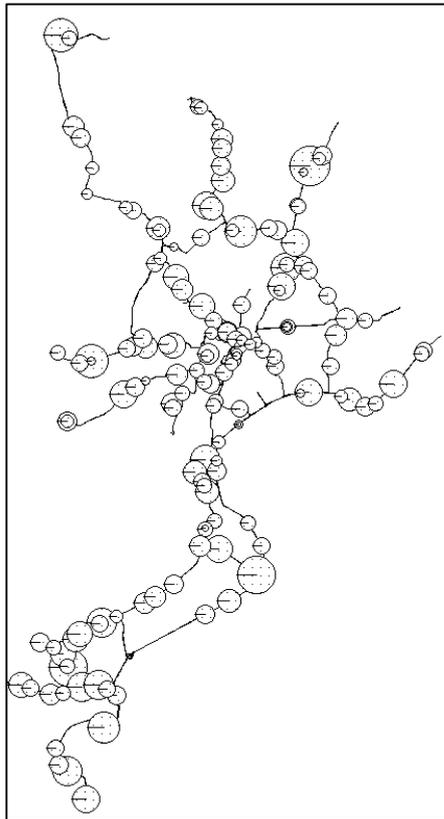


図-9 事故時無転換グループ

c) グループ割合変動分析

各利用者の平均利用時刻を用いて30分ごとに集計し、利用時刻ごとにグループの割合を算出した。図-10にメイン時間帯別ID数を示す。これより、グループごとにID数の差異はあるが、変動傾向には大きな差異は見られなかった。一方、図-11に平均流入時刻別グループの割合を示す。これより、3時～6時の早朝では各時刻で大きなばらつきがあるが、7時以降では緩やかな変動が見られた。このばらつきについては、早朝を平均流入時刻としている対象利用者が少ないことが原因として考えられる。変動については、時間帯により一般道・首都高双方の交通状況が変化していることに起因していると考えられる。

図-12、図-13に1号羽田線と横羽線内に存在する入口をメイン入口とする利用者の、図-14、図-15に都心環状線内に存在する入口をメイン入口としている利用者の平均流入時刻別グループのID数と割合をそれぞれ示す。これらについては、一定数以上の分析対象利用者数を確保するために、7～12時を平均流入時刻とする利用者のみを分析した。

羽田・横羽線と都心環状線ではその位置関係から異なる入口エリアであるが、それにより各グループの平均流入時刻のピークと、各グループの割合が異なることがわかったこれは、時間帯により交通状況が異なるが、さらにエリアによって交通状況が異なり、それが各グループの平均流入時刻に影響していることが考え

られる。

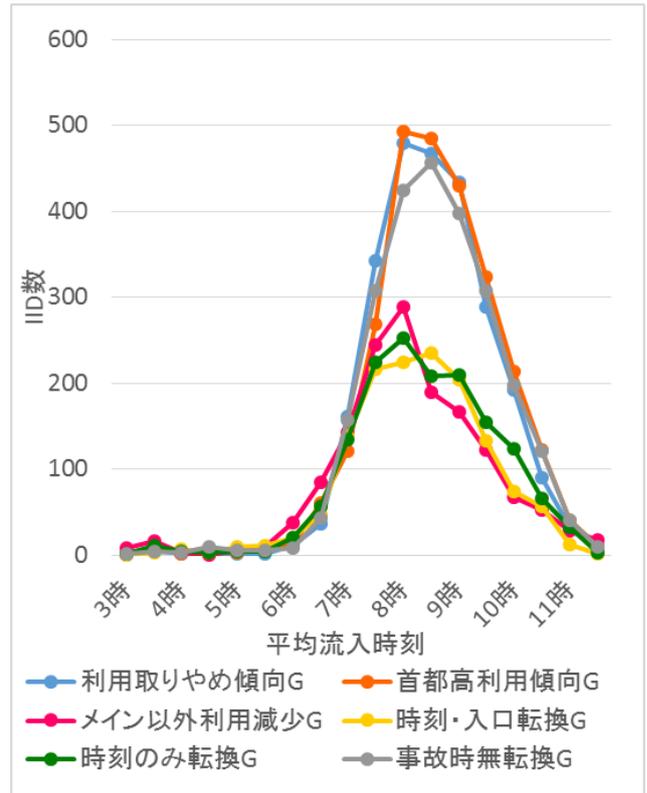


図-10 全入口平均流入時刻別グループID数合計

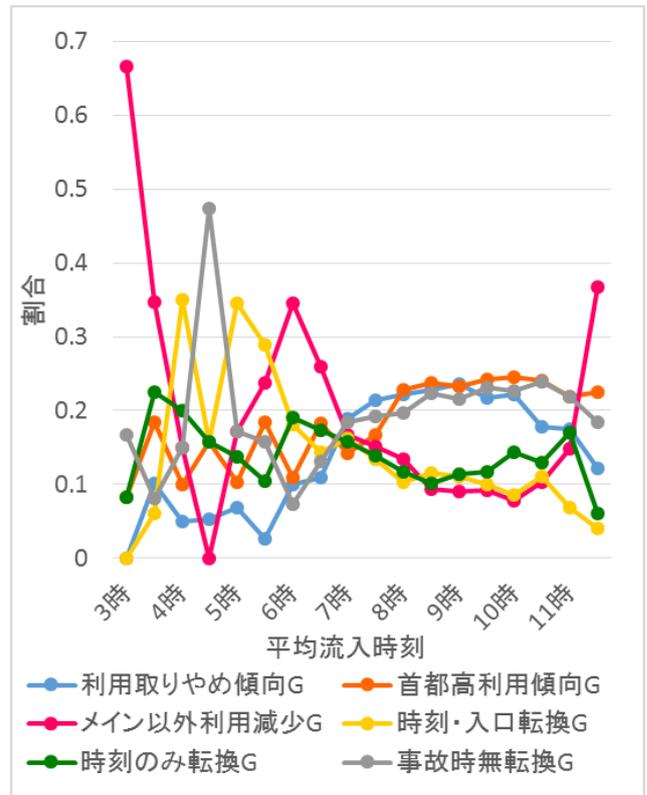


図-11 全入口平均流入時刻別グループ割合

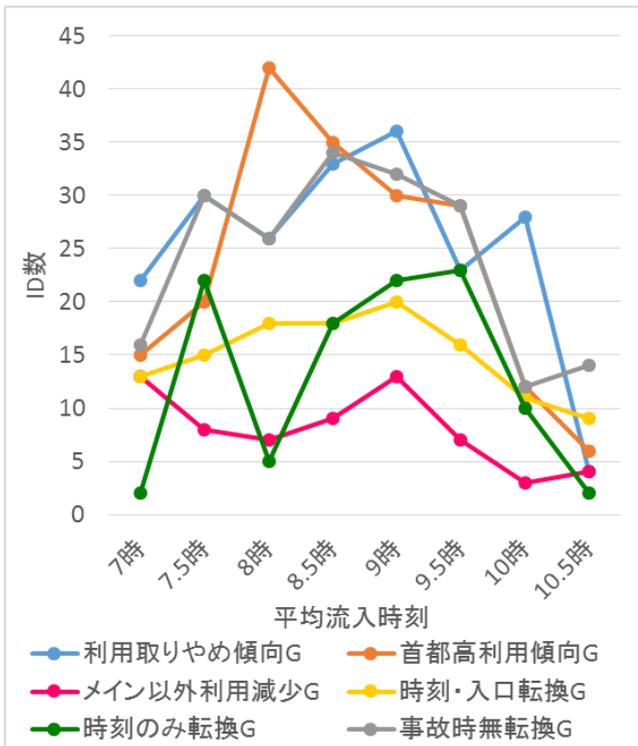


図-12 羽田・横羽線平均流入時刻別グループID数

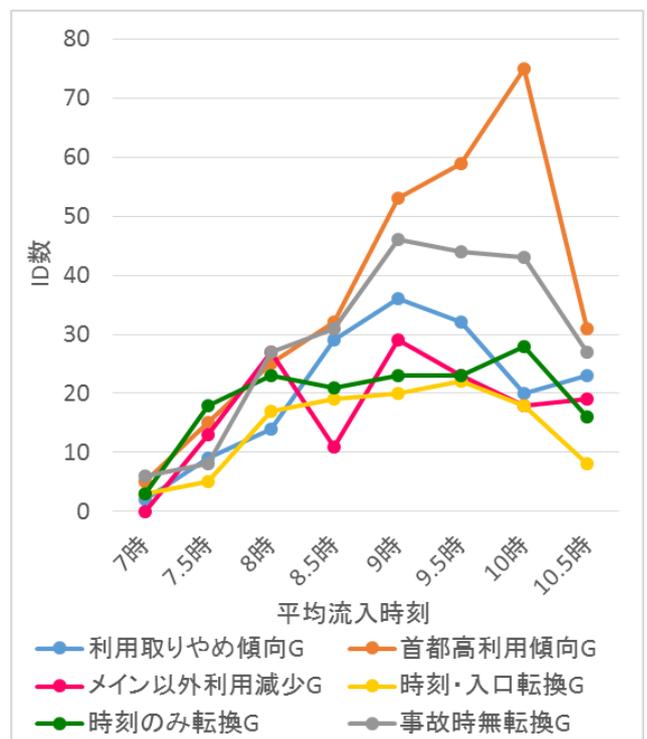


図-14 都心環状線平均流入時刻別グループID数

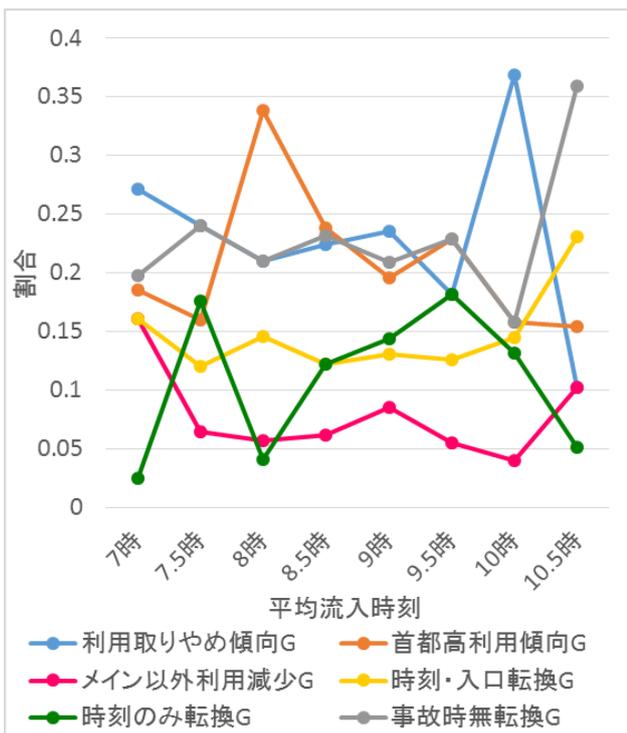


図-13 羽田・横羽線平均流入時刻別グループ割合

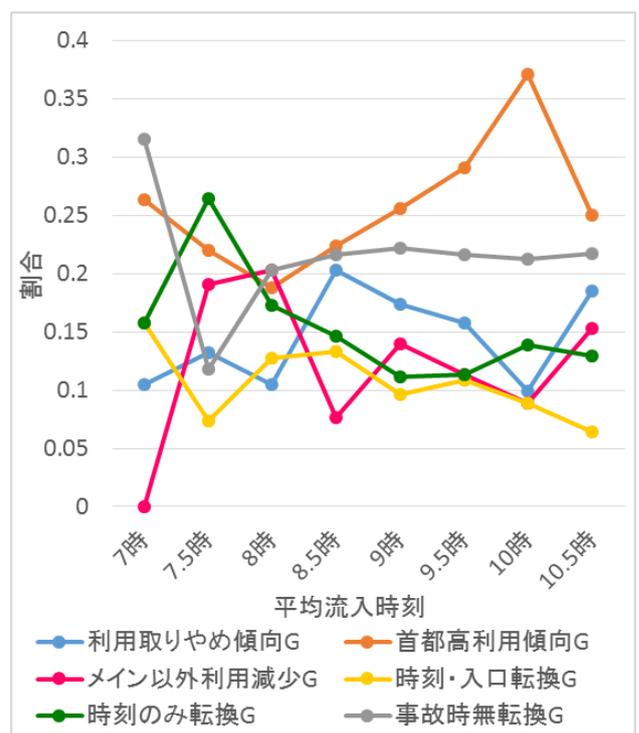


図-15 都心環状線平均流入時刻別グループ割合

4. 考察および結論

(1) 事故時転換行動分析に対する考察および結論

事故時転換行動分析の結果より、利用頻度によってとられる転換行動のパターンが異なることが明らかと

なった。これは頻度によって転換行動についての熟練度が高まり、事故時にも柔軟に対応できるようになっていくことが考えられる。また、利用分析に対する考察および結論より通常時の高頻度利用者はメイン入口利用率が高かったことに対し、図-3と図-4より事故時にはメイン入口の利用を取りやめる傾向が強いことがわかった。これからも、高頻度利用者は事故時にも柔軟に対応していることが考えられる。

(2) 入口特性分析に対する考察および結論

入口特性分析の結果より、入口・エリアごとに特性が存在していることが明らかとなった。しかしながら、とられる転換行動パターンの傾向によって入口・エリア特性の影響の有無が偏る結果となった。これは、入口特性に影響を受けにくい転換行動と受けやすい転換行動に分類できることが考えられる。

(3) グループ割合変動分析に対する考察および結論

グループ割合変動分析より、時間帯によってグループの割合が変動することが明らかとなった。また、入口の存在するエリアによって、その変動の傾向も異なることがわかった。一般道ネットワークや、その交通状況、さらに首都高のそれらによってその傾向は異なっていることが考えられる。

しかしながら、本分析では早朝時間帯の対象利用者数が少ないため、今後分析対象を拡大した分析を行うことによって早朝時間帯の傾向をとらえる必要がある。

5 今後の課題

今後の課題として、利用頻度をより細かく分類した転換行動との関係性分析や、IDごとにメイン出口または方面を考慮したOD別転換行動分析を行っていく必要があると考えられる。また、時刻転換行動について、本研究ではメイン時刻内かその他時刻かで判断しているが、これが前後どちらに転換したのかを分析する必要があり、さらにはメイン時刻の定義にIDごとの分散を考慮する必要がある。

これらを踏まえたうえで事故時入口転換需要推計モデルを構築していくことが課題として挙げられる。

参考文献

- 1) 小沢尠丈・小根山裕之・石倉智樹・割田博：首都高速道路利用者の事故発生時出入口転換行動の3時点間比較分析，土木計画学研究・講演集，Vol51，CD-ROM，2015
- 2) 田村勇二・割田博・桑原雅夫・佐藤光，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，Vol37，CD-ROM，2008
- 3) 大口敬，佐藤貴行，片倉正彦，鹿田成則：交通情報に基づく代替経路選択行動と交通渋滞の実態解析，Proc. 1st Sympo. on ITS, pp585-590, 2002
- 4) 小根山裕之・秋山健吾・大口敬・鹿田成則・割田博：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転換行動に関する実証分析，土木計画学研究・講演集，Vol39，CD-ROM，2009
- 5) 小根山裕之・秋山健吾・大口敬・鹿田成則・割田博：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，Vol40，CD-ROM，2009