

# ETC-OD マッチングデータを用いた首都圏高速道路ネットワークにおける経路選択行動および時間価値の詳細分析

相 尚寿<sup>1</sup>・清水 哲夫<sup>2</sup>・吉田 正<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 非会員 東京大学助教 空間情報科学研究センター (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

E-mail: hisaai@csis.u-tokyo.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 首都大学東京教授 大学院都市環境科学研究科観光科学域 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: t-sim@tmu.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 スマートインフラ総合研究所 (〒104-0043 東京都中央区湊 3-5-7)

Email: t-yoshida@sird.co.jp

本研究では、ETC-OD マッチングデータを用い、通行料金の異なる経路選択肢がある OD ペアに着目しながら首都圏高速道路ネットワークを 4 方面に分類し、それぞれで平休別時間帯別の経路選択特性を把握した。複数の経路でシェアが分かれるのは選択肢間で所要時間や通行料金が比較的拮抗する場合に限られ、高速道路利用者がかなり合理的な選択をしていると示唆された。また、特定の時間帯や通行方向でのみ経路選択傾向が大きく変化する場合は認められ、混雑や渋滞が経路選択に影響する可能性が指摘された。

集計ロジックモデルを用いて時間評価値を算出したところ、ほとんど有意なパラメータが得られなかった。この結果も経路選択が所要時間や通行料金に限らず、混雑状況など他の要因に影響されているとの解釈を支持すると考えられる。

**Key Words:** ETC-OD matching data, route choice behavior, time value, urban expressway network

## 1. 研究の背景と目的

近年、首都圏では首都高中央環状線や圏央道など環状方向の高速道路整備が急速に進んでおり、複数の放射方向の高速道路相互間が東京都心部を経由せずに連絡されるようになってきた。高速道路網における経路の選択肢が増大したことで、都心部から通過交通が排除されて交通量が分散することによる渋滞や混雑の緩和、災害や工事による通行止め時における代替経路の確保などの効果が期待されている。

首都高都心環状線や東名高速道路など高度経済成長期に建設された高速道路は建設後約 50 年が経過しており、構造物の長寿命化や修繕のために長期間かつ大規模な交通規制が必要になると考えられる。また、2020 年の東京オリンピック・パラリンピック開催期間中は選手など関係者輸送のため、大規模な交通規制が予想される。このように計画的な交通規制を行う状況下で多様な経路選択肢を持つ高速道路網を有効活用するためには、効果的な交通管制、誘導策が重要となる。

本研究では、その基礎資料として首都圏高速道路網において、選択した経路によって通行料金が異なる起終点の組み合わせに着目し、それらの区間の走行実績により経路選択行動の特性および時間価値を把握することを目的とする。分析にあたっては、平日朝夕の出退勤時や平日日中の業務関連、あるいは休日の行楽などトリップ目的によって経路選択や時間価値が異なると想定されることから、平休別時間帯別の分析も行う。

本研究では、ETC-OD マッチングデータを使用する。既往研究では ETC データ、カープローブデータ、ETC2.0 データなど多様なデータが分析に用いられている。ETC データは高速道路流出入時の決済情報が基本となるため、流出入 IC に加えて利用時刻や通行料金を把握することが可能である。ETC の特性上、高速道路以外の通行については捕捉することができないものの、ETC は普及率が高く、大量データの入手という点では優れている。例えば、車載器 ID をもとに首都高利用頻度の高い利用者を抽出し、事故発生時の他の入口への迂回などを把握する研究<sup>1)</sup>や OD 間の所要時間の分布形を

分離し、経路ごとの所要時間分布を導出する研究<sup>2)</sup>などに活用されている。カープローブデータは通行料金が把握できないものの、一般道を含めた起終点間の走行経路を把握できる。例えば、タクシーのプローブデータを用いて道路リンクごとの旅行速度を算出して任意の2地点間の旅行時間を予測する手法の提案<sup>3)</sup>がなされている。しかし、プローブデータは分析対象がタクシーや貨物車などの営業車または特定の会員制カーナビを搭載する車両などに限定される点に留意しなければならない。ETC2.0 は一定の条件下で位置情報を継続的に取得する機能があるため、高速道路内に留まらず一般道路を含めた走行経路の把握も可能であり、例えば ETC2.0 プローブデータを用いて旅行時間を把握する際のデータクレンジング手法の適用について検証<sup>4)</sup>が行われるなど、今後活用が期待される。しかし、現状では ETC2.0 の普及率が低いと、データの代表性や再現性の点で課題がある。

本研究で利用する ETC-OD マッチングデータは、料金体系の異なる高速道路間に跨って走行した場合であっても、発着 IC や本線料金所の隣接関係およびこれら IC と料金所間の通過所要時間をもとに、高速道路上の連続した走行とみなせる条件を満たしたものを一連のトリップとしてマッチングしたものである。したがって、分析対象区間が高速道路網の中に限定されるものの、起終点間の通行料金が把握可能で、途中で本線料金所を通過すれば走行経路の把握も可能である。さらに、元データは ETC であるため、その普及率は高い。本研究では、高速道路網の中での経路選択特性や時間価値の把握を目的としているため、分析目的に適うデータであると言える。

## 2. 使用したデータと分析対象区間

本研究では、ETC-OD マッチングデータより 2014 年 11 月に首都高または外環道を利用した車両および同月に北関東道以南、中央道大月 IC 以東、東名大井松田 IC 以東のいずれかの IC を発着した車両のデータを抽出した。

分析対象区間の選定にあたっては、1 章で述べたように、選択した経路によって通行料金が異なる起終点の組み合わせを 4 方面 5 ケースに分類した。西方面は、東名、中央道、関越道相互間の通行において、首都高を経由するか圏央道を経由するかを選択に注目する。北方面は 2 つのケースを想定する。北方面(1)のケースでは、関越道、東北道、常磐道相互間の通行において、外環道を経由するか北関東道を経由するかを選択に注目する。分析データの時点では当該高速道路間の圏央道は未開通である。北方面(2)のケースでは、東北道、常磐道と両路線に直接接続する首都高川口線、向島線・三郷線相互間の通行において、外環道を経由するか首都高都心方面を経

由するかを選択に注目する。東方面は、宮野木 JCT 以東および以南の IC と首都高各地との相互間の通行において、京葉道、東関東道、東京湾アクアラインのいずれを経由して首都高に接続するかに着目する。南方面は、第三京浜および横浜横須賀道路と首都高各地との相互間の通行において、三ツ沢線三ツ沢、狩場線保土ヶ谷、湾岸線並木のいずれを経由するかに着目する。

本研究と同様に ETC-OD マッチングデータを用いて首都圏高速道路網における経路選択傾向を概観した先行研究<sup>5)</sup>では、分析用データが 2013 年 11 月時点であり、当時は圏央道による東名と中央道の接続はなされていない。また、分析対象区間も概ね圏央道の内側に限定されていたことから、本研究では対象区間を拡大し、より多くの経路選択を扱うこととした。

分析対象区間の郊外側の終端については、放射状路線同士が合流する個所および長野道や磐越道など首都圏外

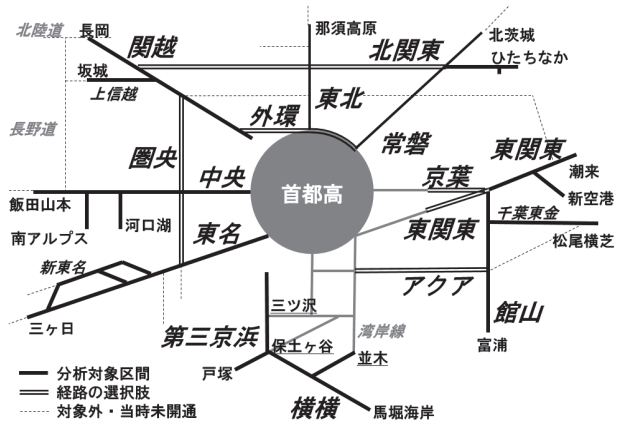


図 1 分析対象区間の概念図

表 1 分析対象区間と経路選択肢

方面	発着地 1	発着地 2	経路
西方面	東名：東名川崎～横浜町田 中央：調布～八王子 関越：所沢・川越	東名：厚木～三ヶ日・浜松いなさ 中央：相模湖東～飯田山本・河口湖・南アルプス 関越：鶴ヶ島～長岡・坂城	圏央道 首都高
北方面(1)	関越：所沢・川越 東北：浦和・岩槻 常磐：流山～谷田部	関越：鶴ヶ島～長岡・坂城 東北：久喜～那須高原 常磐：桜土浦～北茨城・ひたちなか・茨城空港	外環道 北関東道
北方面(2)	東北：浦和～那須高原 常磐：流山～北茨城・ひたちなか・茨城空港	首都高：中央環状線扇大橋・千住大橋、川口線、三郷線	外環道 首都高
東方面	東関：千葉北～潮来・新空港 京葉・館山：穴川～富浦・木更津南	首都高速道路全線 (ゾーン集計)	京葉道 東関東道 アクア
南方面	第三京浜玉川～横浜 横須賀道路佐原・横浜新道戸塚	首都高速道路全線 (ゾーン集計)	三ツ沢線 狩場線 湾岸線

で放射状路線間を連絡する高速道路との接続箇所を考慮して、図1および表1のように設定した。また、発着地に首都高を含む場合は首都高にハーフインターが多いことを考慮し、ゾーン集計とした。

本研究ではODペアごとに平休別、時間帯別の経路選択傾向を把握するため、分析対象ODペアに一定規模以上の通行実績が存在していることが必要となる。この制約から本分析での対象は最も通行台数の多い普通車に限定した。普通車であれば、通勤、業務、私事、帰宅など多様なトリップ目的のデータが含まれ、時間帯別の各々のトリップ目的での特徴が表れる可能性がある。

### 3. 経路選択傾向の把握

基礎資料として、経路別に各方面のIC間の通行台数を集計した。発着地間の双方向に一定規模の通行台数があり、かついずれの経路も一定の割合で選択されている

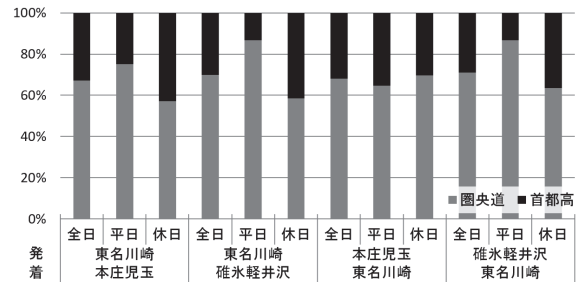


図2 西方面の平休別経路別選択割合

ODペアを抽出して分析対象とした。

#### (1) 平休別の経路選択傾向

西方面では2通りの発着地、ODペアとしては双方向で4通りの場合が分析対象となった。図2に示す通り、全般に圏央道選択割合が5割を超えており、圏央道利用が定着していることがうかがえる。また、本庄児玉発→東名川崎着以外では平日の圏央道選択割合が休日よりも

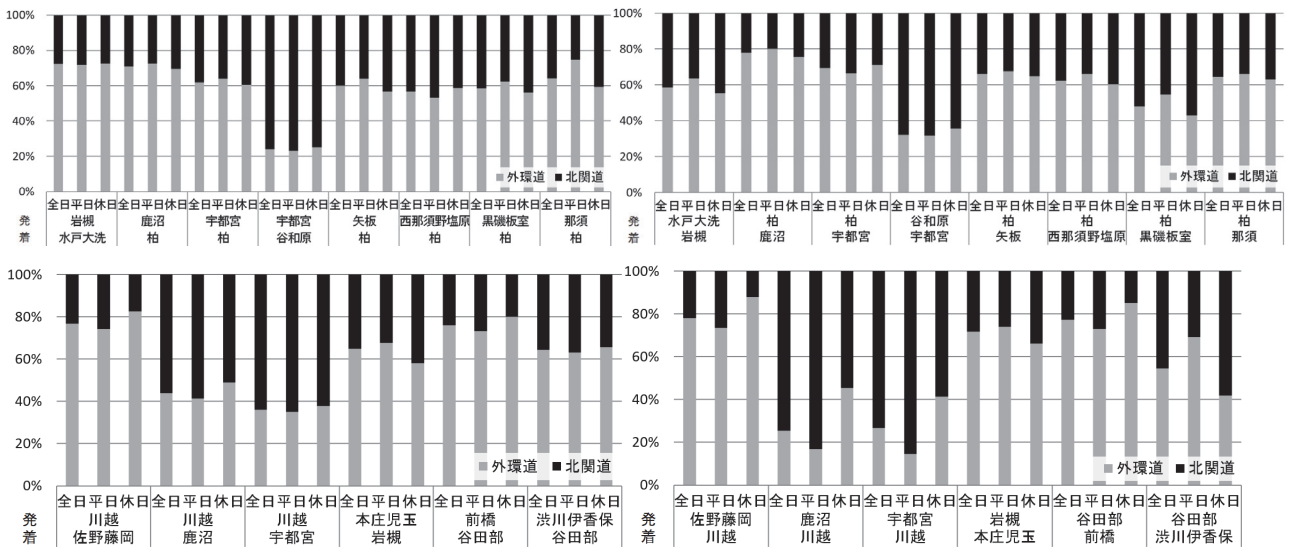


図3 北方面(1)の平休別経路別選択割合

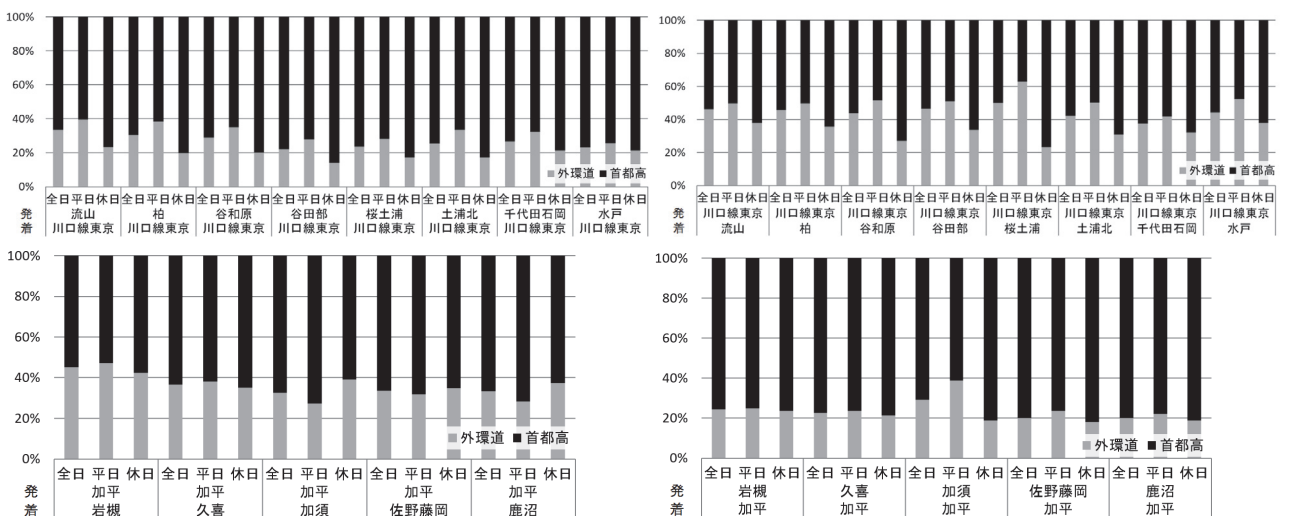


図4 北方面(2)の平休別経路別選択割合

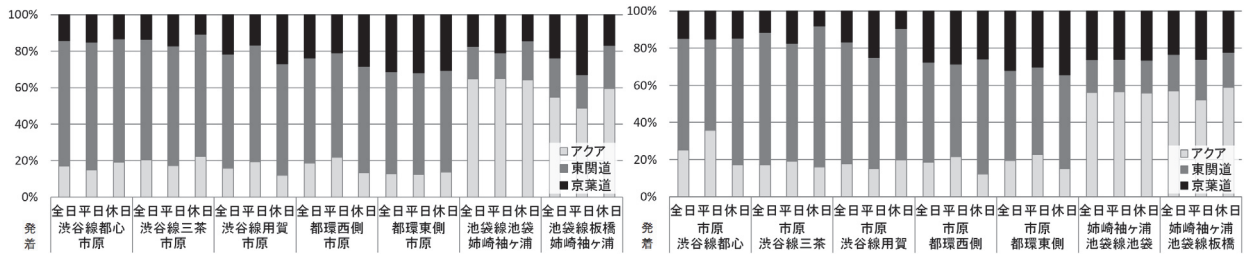


図5 東方面の平休別経路別選択割合

高い傾向が見られる。

北方面(1)の結果を図3に示す。全般には平休別の選択割合の差よりもODペアごとの差が大きいため、選択肢となる経路間の走行距離差が経路選択に大きく影響することを示唆する。すなわち、基本的には距離や料金の観点から有利な経路が専ら選択され、経路間の距離差が小さい場合のみ経路選択の余地が生まれると考えられる。

北方面(2)の結果を図4に示す。同一IC間であっても通行方向によって経路選択傾向が異なることが特徴である。外環道の外側を出発して首都高を着地とする通行方向において首都高の選択割合がやや高くなる傾向がある。

東方面の結果を図5に示す。東方面は経路選択肢が3つあり、いずれの経路も一定の割合以上で利用される発着地の組み合わせは、千葉側が宮野木～木更津間に限定され、東京側も都心環状線もしくは北西方面に限定される。この結果は本研究の1年前のデータを解析した先行研究<sup>9)</sup>の指摘とも符合し、走行距離が経路選択に大きく影響するという示唆を支持する。平日または休日に特定の路線の選択割合が高まるといった全般的な傾向は読み取れず、平休別で経路別の選択割合が大きく変化しないODペアも多い。

南方面の結果を図6に示す。南方面も経路選択肢が3つあり、いずれの経路も利用される発着地の組み合わせは、首都高側が東京方面であれば他方は狩場線経由と湾岸線経由の中間に位置する保土ヶ谷～釜利谷間にほぼ限

定され、発着地の一方が釜利谷以南の横須賀方面であれば他方は横浜市内に限定されることから、ここでも経路選択には経路間の走行距離の差による影響が大きいと示唆される。全般的な傾向として、若干の例外は見られるものの、休日と比較して平日は三ツ沢線や狩場線の選択が減少して湾岸線の選択が増加する傾向が読み取れる。

上記の結果を概観すると、経路選択肢の一方に首都高が含まれる西方面や北方面(2)の場合、平日に首都高の選択割合が低下する傾向が見られ、平日に発生する首都高の混雑が敬遠されていることを示唆する結果となった。また、北方面(2)の結果から、同一IC間であっても起終点すなわち通行方向が逆転すると経路選択傾向が異なる組み合わせが複数確認された。外環道外側を発地、首都高を着地とする場合に首都高の選択割合が高い傾向があり、このことには経路選択の時機が高速道路流入時か走行途上であるかの違いが影響していると推察される。北方面(2)では首都高を発地とする場合は流入路の選択で経路がほぼ決定するのに対し、東北道や常磐道を発地とする場合は外環道との分岐点である川口JCTや三郷JCTまでの走行途上に混雑状況や所要時間の情報を入手して経路選択を行う余地があることが要因として考えられる。また、比較的交通流が順調であれば通行料金が相対的に安価で分岐でも直進方向に走行できる首都高の選択割合が高くなったものと考えられる。

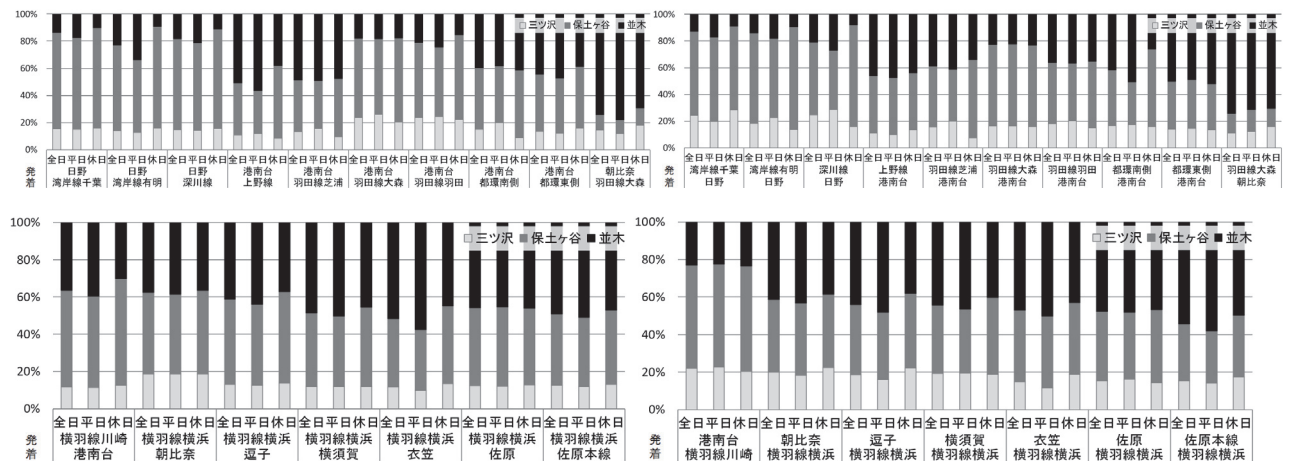


図6 南方面の平休別経路別選択割合

(2) 時間帯別の経路選択傾向

本節では、平休別に加えて時間帯も考慮した経路選択傾向の把握を行う。時間帯別の経路選択傾向を分析するためには当該 OD ペアに大量のトリップが存在しなければならないものの、朝間の通勤、日中の業務、夕方の帰宅など、時間帯で異なるトリップ目的による経路選択傾向の差異に関する示唆を得られることが期待される。時間帯別の分析はトリップ数の制約により北方面(2)と南方面でのみ行う。また、時間帯は朝(6~10時)、昼(10~16時)、夕(16~20時)、夜(0~6時と20~24時)の4分類とした。

図7上段に示す、北方面(2)の常磐道~首都高川口線相互間の通行では、平日昼に首都高選択割合が最も低くなり外環道選択割合が相対的に上昇する。平日朝夕がこれに次ぐ。休日は全般に平日よりも首都高選択割合がやや上昇し、OD ペアによって休日昼の首都高選択割合が朝夕よりも低くなる場合と時間帯間差異があまり見られない場合とに分けられる。また、図7下段の東北道~首都高三郷線相互間の通行では、首都高流入時に平日昼の首都高選択割合が低くなる傾向はみられるものの、東北道流入時には首都高選択割合が低くなる時間帯が平日朝や平日夜など一定しない。

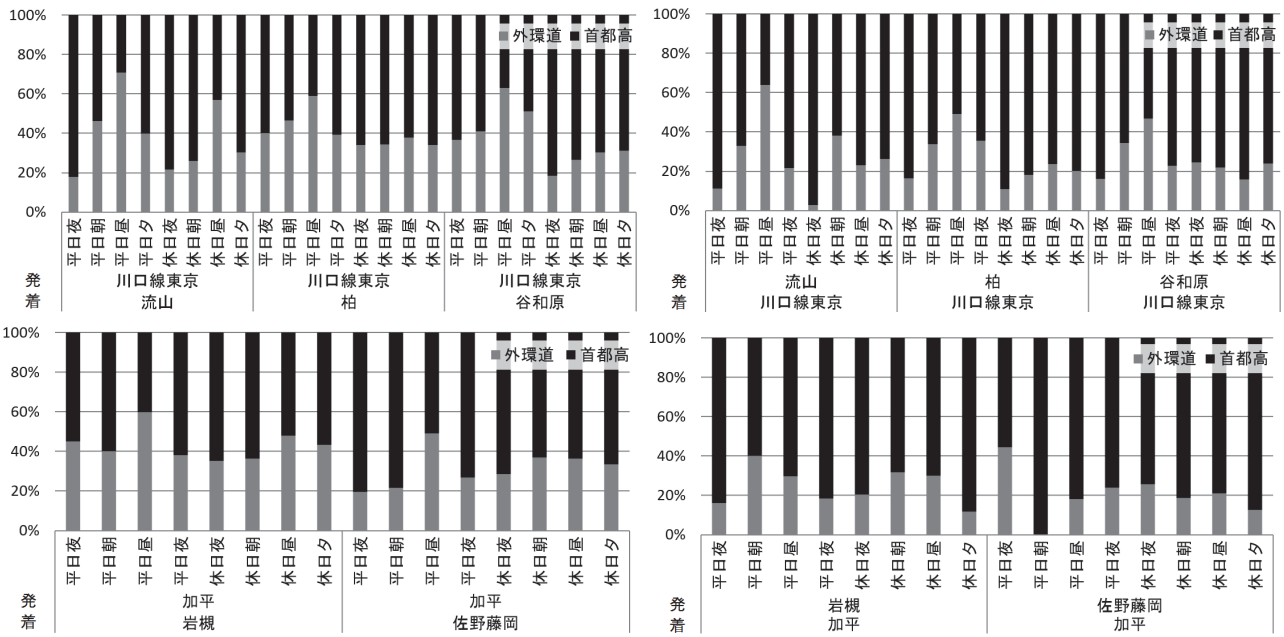


図7 北方面(2)の平休別時間帯別経路別選択割合

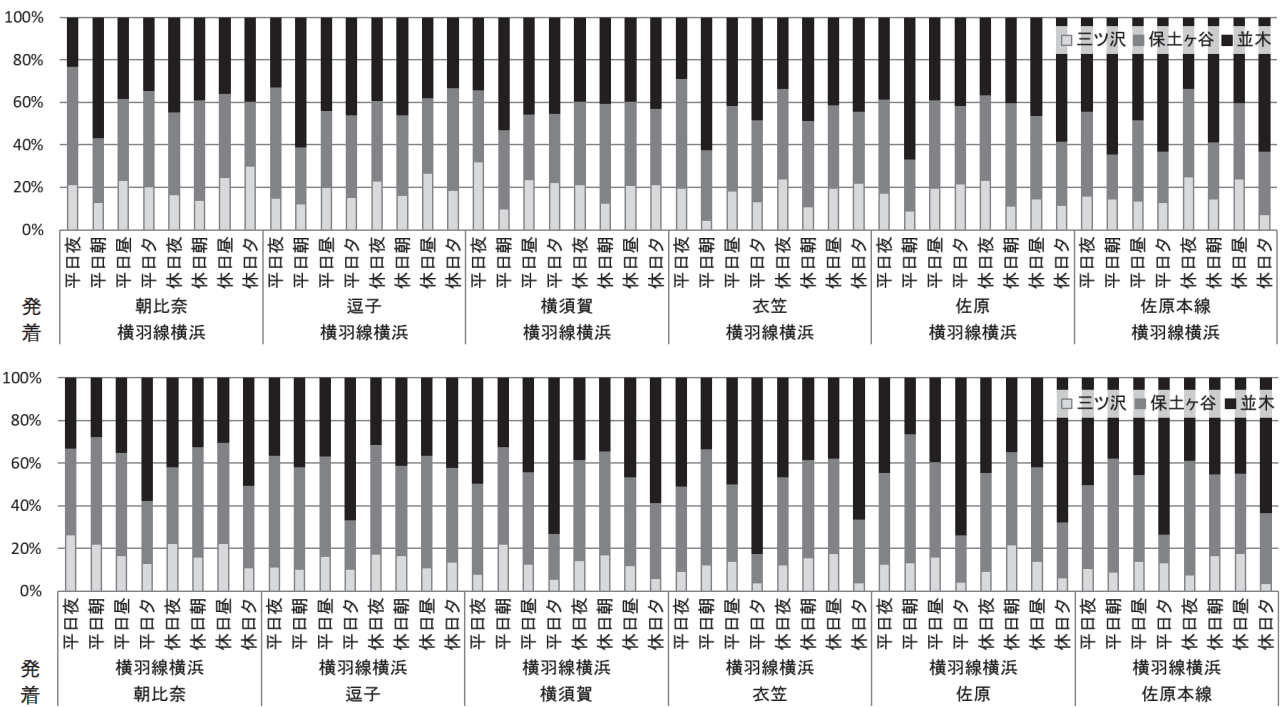


図8 南方面の平休別時間帯別経路別選択割合

いずれの区間においても、外環道外側を発地、首都高を着地とする通行方向のほうが首都高選択割合が高くなる傾向は概ね共通しており、これは前節での平休別分析の結果とも一致する。

南方面では、前節で湾岸線選択割合が平日に高まると指摘したことと関連して、平日朝は図 8 上段の横浜横須賀道路から首都高方面への通行において、平日夕は図 8 下段の首都高から横浜横須賀道路方面への通行において、湾岸線選択割合が高まる傾向が顕著に見られる。平日においての他の時間帯は休日の選択割合と大きな差異はなく、当該時間帯の大幅な選択割合の変化が前節での平休別の差異として検出されていると理解できる。平日朝の横須賀→横浜方面、平日夕の横浜→横須賀方面の走行は通勤流動の方向と一致することから通勤車両による混雑に起因して湾岸線経由の選択割合が上昇しているものと考えられる。

#### 4. 時間評価

本章では、これまでに挙げた区間のデータに基づき、方面ごとの経路選択について、時間評価値の算出を試みる。一般に時間評価値の算出においては、経路選択肢双方について所要時間や通行料金などの効用に関する情報を用いるものの、本研究で用いる ETC-OD マッチングデータは非集計の走行実績データであり、所要時間は混雑状況によって刻々と変化する中で必ずしも同一時刻の所要時間が双方の経路選択肢について得られるとは限らない。そこで、本研究では OD ペアごとに車種別平休別経路別の平均所要時間と平均通行料金を算出して効用関数のパラメータと時間評価値を算出する集計ロジットモデルを用いる。

また首都圏の高速道路ネットワークは完全な同心円状の構造として完成しているわけではなく環状路線によって開通済みの区間に差異があるため、時間評価値は先の分析と同様に方面別に算出する。

表 2 にパラメータ推定結果と時間評価値を示す。経路選択肢が 3 つである東方面と南方面の経路ダミーを除いて t 値が 2 を超えるものがなく、大半のパラメータが有意ではなくパラメータそのものの絶対値も小さい。また、所要時間や通行料金のパラメータが正值のもの、時間評価値が負値のものなどが散見され、必ずしも有効なパラメータが推定されたとは言い難い。その要因として、経路選択傾向の分析において指摘したように、本研究での分析対象となるような経路間選択が生じる状況が複数経路間の距離差が小さい場合のみ生じるという点が考えられる。もとより複数経路間で所要時間や通行料金が拮抗しているため(表 3)、経路途上における混雑や多様な ETC 割引制度によって、経路選択肢間での所要時間や通行料金の大小関係が容易に逆転し、実績データから算出した平休別時間帯別の平均値では当該経路の効用を十分に表現できていない可能性がある。

#### 5. おわりに

本研究では、異なる料金体系の高速道路を乗り継いで利用した場合であっても一連のトリップとして分析でき、料金体系が異なる経路間であれば通行した経路の把握も可能な ETC-OD マッチングデータを用い、首都圏高速道路ネットワークにおける経路選択の実態把握を試みた。分析に用いた 1 か月間のデータであっても、個々の OD ペアではトリップ数が少数に留まる場合も多く、本研究で分析対象とした OD ペアは全体の組み合わせ数から見ると限定的であった。同様の理由から大型車の分析も困難であり、本稿では普通車の分析結果を報告するに留まった。ETC がすでに高い普及率であることを勘案すると、車種別あるいは時間帯別でさらに詳細な分析を行うためにはデータ取得期間を延長する必要がある。期間中の料金・割引制度変更の有無、季節的な経路選択傾向の変動を考慮する必要が生じるであろう。

複数の経路がいずれも選択されるような OD ペアは限

表 2 普通車の方面別の集計ロジットモデルによるパラメータ推定結果と時間評価値

方面	平休	所要時間		通行料金		経路 1		経路 2		時間評価
西方面	平日	0.015	t=-0.113	0.005	t=-0.048	0.000	t=0.000			3.01
	休日	-0.015	t=-0.120	0.001	t=-0.041	-0.172	t=-0.012			-18.40
北方面(1)	平日	-0.024	t=-0.487	-0.003	t=-0.991	-0.149	t=-0.165			9.20
	休日	-0.023	t=-0.835	-0.001	t=-0.422	-0.412	t=-0.230			26.81
北方面(2)	平日	-0.003	t=-0.061	0.003	t=0.214	1.589	t=0.327			-1.09
	休日	-0.011	t=-0.127	-0.003	t=-0.126	-0.059	t=-0.007			4.02
東方面	平日	-0.008	t=-0.213	0.000	t=0.058	-4.939	t=-12.123	-5.306	t=-9.511	217.71
	休日	-0.002	t=-0.042	0.000	t=0.061	-4.791	t=-12.633	-5.375	t=-9.960	39.08
南方面	平日	-0.002	t=-0.041	-0.000	t=-0.112	-4.480	t=-14.415	-4.528	t=-16.117	7.51
	休日	0.003	t=-0.054	-0.000	t=-0.077	-4.201	t=-13.728	-4.576	t=-14.108	21.91

※西方面の経路 1=圏央道、北方面(2)の経路 1=北関道、北方面(2)の経路 1=首都高

※東方面の経路 1=京葉道 2=東関道、南方面の経路 1=三ツ沢 2=保土ヶ谷

表 3 南方面の経路選択別の平均所要時間と通行料金(平日)

単位：所要時間＝分、通行料金＝円

発地	着地	トリップ数	三ツ沢所要時間	三ツ沢通行料金	保土ヶ谷所要時間	保土ヶ谷通行料金	並木所要時間	並木通行料金
湾岸線千葉	日野	157	52.1	1496.5	53.5	1288.9	66.4	1440.0
湾岸線有明	日野	128	38.0	1473.4	40.3	1278.4	44.7	1440.0
深川線	日野	125	47.6	1493.9	46.1	1282.0	48.1	1440.0
上野線	港南台	143	44.9	1541.4	47.9	1336.1	49.7	1336.5
羽田線芝浦	港南台	80	40.6	1550.0	36.0	1328.4	41.7	1336.4
羽田線大森	港南台	139	37.3	1506.1	34.0	1323.1	43.0	1340.0
羽田線羽田	港南台	109	30.4	1429.1	27.5	1322.1	33.7	1337.0
都環南側	港南台	87	40.0	1518.0	38.7	1288.6	44.6	1329.1
都環東側	港南台	255	40.5	1511.1	38.2	1297.4	41.4	1336.2
横羽線川崎	港南台	342	22.8	1245.9	24.1	1230.6	26.4	1336.4
羽田線大森	朝比奈	545	36.2	1690.8	37.8	1512.4	36.1	1330.4
横羽線横浜	朝比奈	1252	20.7	1281.5	21.4	1330.1	25.1	1307.5
横羽線横浜	逗子	815	26.1	1496.9	25.2	1516.1	28.6	1544.5
横羽線横浜	横須賀	1163	26.1	1628.8	26.5	1636.0	28.8	1657.4
横羽線横浜	衣笠	990	36.7	1790.0	35.5	1834.2	34.4	1853.8
横羽線横浜	佐原	903	34.8	1887.8	35.3	1928.9	35.3	1949.8
横羽線横浜	佐原本線	352	38.0	2087.1	35.5	2133.7	34.4	2102.3
日野	湾岸線千葉	167	55.5	1500.0	55.4	1287.1	54.0	1434.8
日野	湾岸線有明	190	41.5	1490.8	43.9	1285.7	39.1	1440.0
日野	深川線	237	59.6	1493.5	50.7	1287.8	47.9	1440.0
港南台	上野線	158	56.8	1537.4	60.8	1335.2	58.7	1340.0
港南台	羽田線芝浦	71	52.5	1550.0	42.7	1316.0	46.1	1340.0
港南台	羽田線大森	115	35.4	1520.7	35.0	1336.3	45.0	1340.0
港南台	羽田線羽田	115	29.1	1418.6	34.1	1329.8	30.9	1340.0
港南台	都環南側	60	48.3	1510.0	47.1	1330.4	54.6	1334.8
港南台	都環東側	196	48.3	1495.0	45.1	1299.0	45.2	1334.8
港南台	横羽線川崎	273	24.3	1227.4	25.9	1245.6	27.6	1340.0
朝比奈	羽田線大森	535	48.4	1683.3	43.0	1524.9	40.5	1336.6
朝比奈	横羽線横浜	1118	22.0	1293.7	22.1	1336.5	23.0	1313.0
逗子	横羽線横浜	802	26.4	1504.3	25.7	1536.1	27.3	1554.1
横須賀	横羽線横浜	987	27.9	1625.4	27.2	1642.5	29.1	1673.1
衣笠	横羽線横浜	900	33.6	1789.0	33.2	1842.1	34.7	1871.1
佐原	横羽線横浜	925	34.5	1881.7	35.3	1943.3	34.5	1957.0
佐原本線	横羽線横浜	307	33.4	2100.5	50.3	2149.5	36.1	2112.5

定的ながら、双方の経路の所要時間や通行料金がある程度拮抗している場合や一方の経路で平休別や時間帯別に混雑が見られる場合に経路別シェアが分かれており、高速道路利用者がかなり合理的な経路選択を行っていることが推察された。この背景にはカーナビやスマートフォンの普及により、高速道路利用者が事前および即時的に混雑状況などを把握して経路選択肢間の効用を比較できるようになったことが大きく影響していると考えられる。一方で、大多数の利用者がこれらの情報を加味して画一的な経路選択を実施した場合、かえって混雑が悪化する場合も考えられる。

このような状況下で効果的な交通政策を実施するためには、混雑状況あるいは高速道路利用者へ提供される混

雑情報が経路選択にどのような影響を及ぼしているかを把握する必要がある。例えば、南方面では平日朝夕に湾岸線経由の選択割合が上昇する現象が見られた。通勤目的で連日同一区間を走行する利用者が経験的に混雑を避けた経路選択を行っている可能性もあり、ETC 車載器 ID によって類推される当該区間の利用頻度を考慮した経路選択特性の把握を行うことで、同一時間帯に繰り返し通行する利用者に対する料金施策の評価などに有効な知見が得られる可能性がある。

また、路側のトラカンで取得される旅行速度データやカープローブデータを組み合わせることで、詳細な混雑状況の把握が可能であり、区間ごとの混雑状況パターンとの差異による経路選択の変化を把握することが重要では

ないかと考えられる。

**謝辞**：本分析は、国土技術政策総合研究所の道路政策の質の向上に資する技術研究開発「首都圏三環状概成時を念頭においた料金施策と ITS 施策による非常時を含む総合的交通マネジメント方策の実用化」（平成 26～28 年度、研究代表者：根本敏則一橋大学教授）の一部として実施したものである。

#### 参考文献

- 1) 小根山裕之, 秋元健吾, 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選択行動に関する実証分析, *土木計画学研究・講演集*, No.39(CD-DOM), 2009.
- 2) 田中厚, 森地茂, 日比野直彦：都市高速道路における ETC-OD データの利用可能性に関する一考察, *土木計画学研究・講演集*, No.39(CD-DOM), 2009.
- 3) 三浦英俊：タクシープローブデータを利用した旅行時間の予測, pp.182-186, *オペレーションズ・リサーチ：経営の科学*, 2010.
- 4) 立川太一, 橋本浩良, 瀬戸下伸介, 松島敏和：プローブ旅行時間データのデータクレンジング手法の適用に関する研究, *土木計画学研究・講演集*, No.53(CD-DOM), 2016.
- 5) 清水哲夫, 吉田正：ETC 利用データを用いた首都圏高速道路ネットワークにおける経路選択特性分析, *土木計画学研究・講演集*, No.51(CD-ROM), 2015.

(2017.?.? 受付)