

経時的交通行動把握のための ETCデータ活用法とその課題

山崎 浩気¹・宇野 伸宏²・倉内 文孝³・塩見 康博⁴・嶋本 寛⁵

¹正会員 京都大学助教 学術情報メディアセンター (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)
E-mail:yamazaki@media.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学准教授 経営管理研究部 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

³正会員 岐阜大学准教授 工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

⁴正会員 京都大学助教 工学研究科都市社会工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

⁵正会員 京都大学助教 工学研究科都市社会工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

ETCデータには料金収受情報の一部としてカード番号が記載されており、同一カードユーザの行動を経時的に観測することが可能である。そこで、高速道路利用の習熟度がある程度高いと考えられる高頻度ユーザの行動に着目した行動分析をおこなうことで、往復での利用やチェーンでの利用、あるいは週末のみの利用など様々な周期性をもった行動として高速道路の利用特性について考察できることを示す。また、新規道路開通や集中工事、料金値下げの社会実験などの交通状況に大きなインパクトとなる事象の事前事後の交通行動を分析することによって、高速道路利用の経時変化についても分析可能であることを示す。

一方で、ETCデータにはそのデータ特性上、分析困難な事例も存在する。本稿では、現時点におけるETCデータによる交通行動分析の抱える問題点について列挙することにより、今後の交通行動モニタリングに関するデータ収集の知見をまとめる。

Key Words : ETC-data, travel behavior

1. はじめに

近年の情報技術高度化に相まって、膨大な規模の交通データの蓄積および解析が可能となっている。特に本研究で用いるETCデータは、料金収受を目的にカード番号、利用日時、車種情報等のデータが大量に、かつ広範囲にわたり記録されており、プライバシーの保護をはかりつつ適切に利用することで、今まで観測が困難であった高速道路の利用に関わる個々人の行動に着目した分析が可能である。これまでもETCデータを高速道路のサービスレベル分析に活用した事例がいくつか報告されているが、ETCデータの最大の特徴は、個人の行動データが大量に、時々刻々と蓄積されていることであり、利用履歴を適切に集計することにより行動変化を分析することが出来る点にあると考える。例えば、新規路線開通の事前事後において、同一のカード番号が記録された行動履歴データを用いて、流入IC・流出ICの変化、各ICの利用回数などを分析することは、新規路線開通効果を交通の質の観点から分析することであり、従来の量的な議論では把握することが困難であった個人の交通行動に基づき、新規路線効果を評価できる。すなわち、新規路線開通に伴い

「どのようなユーザが、どのように行動を変化させたか」という交通の質的变化を捉える分析手法である。これまでも新規路線供用に伴い誘発交通、転換交通が発生することは一般的に知られてはいたが、それらの交通に含まれる個人特性を捉えられれば、より正確で詳細な供用効果を把握、予測できるなどETCデータに含まれる情報の範囲でも新たな分析手法の提案が可能となる。

本稿では、とりわけ交通行動を解析する事を目的として、我々の研究グループが取り組んできたETC-IDデータを用いた分析結果について2つの事例を紹介したうえで、ETCデータを用いることによって分析可能となる交通行動に関する知見、および分析が困難な事例について考察をおこなう。

2. 経時的交通行動分析の視点

(1) 分析対象について

ETC-ID データを用いて分析可能な種々の分析視点の中で、先行研究¹⁾²⁾では ETC カード番号に関する情報を利用して、高速道路供用前後での利用者行動に着目し、その変化を把握した。これにより限定的ではあるものの、

新規路線供用によって、実際に利用 IC を変更しているユーザーの行動パターン、利用回数等に着目して、分析方法の検討をおこなうことが可能である。分析対象地域として新名神高速道路開通により交通行動に影響を与えると考えられた、琵琶湖の湖南地域（図-1）を対象として対象地域内の IC より流入をおこない、何度も行動履歴が記録された高速道路を多頻度で利用するユーザーの利用データのみを抽出して用いた。これは、従来の旅行速度・交通量の量的変化に着目して新規路線開通効果を分析する手法と比較すると、湖南地域以外で流入出をおこなう湖南地域通過交通や高速道路低頻度利用者によるトリップを対象としないため、限定的に新規路線開通効果を評価することになる。しかし、本手法で着目するのは、従来用いられてきた量的な変化では捉えられなかった、新規路線開通に伴い個々人の高速道路の利用形態が変化するという、交通の質的变化を捉えることであり、限定的な高速道路利用者の行動変化の把握に留まるものの、その意義は少なくない。また、利用形態を変化させないユーザー、利用回数を減少させるユーザーの行動については、ETC 仮 ID データを用いても行動を捉えることが困難であると考えられるため、ひとまず分析対象から除外する。

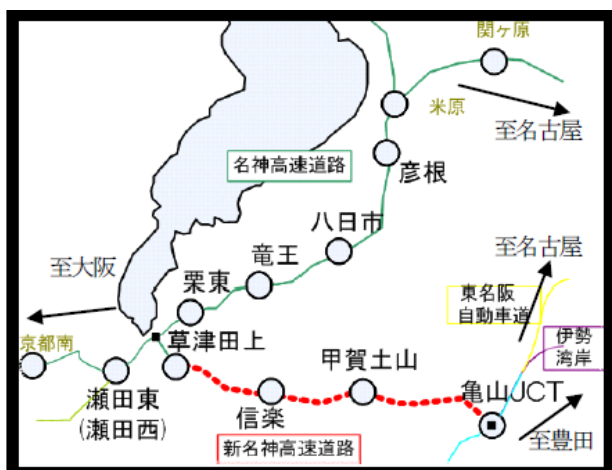


図-1 個人行動分析対象地域（湖南地域）

(2) 交通変化をとらえるためのデータ活用

ETC データを活用する本研究の特徴としては、事前事後比較が個人の単位で分かること、非常に多様なトリップデータに対して分析がおこなえること、空間的变化を捉えられることなどが挙げられる。一方、課題としてはトリップの真の出発地・目的地が分からないなど個人属性に関するデータが不足している点が挙げられる。

本稿では、都市間高速道路新規供用に伴う利用行動の変化に着目して分析をおこなうこととなる。供用前後で行動変化を確実に把握するため、2007 年、2008 年の各分析対象の 3 ヶ月間で 20 回以上湖南地域の IC から高速道路に流入したユーザーを対象とする。以下では着目す

る行動変化の性質ごとに分けて、その可能性を列挙する。

i 新規利用開始ユーザーに関する分析

まず新規路線開通に伴い高速道路を利用するという新規利用開始行動が考えられる。すなわち、「08 年度新規利用開始ユーザーが多いのはどの IC なのか」、「(IC 転換行動が起こっていると推察した) 栗東 IC の新規利用開始ユーザーは少ないのか」といった視点で分析をおこなう。ここで、新規利用開始ユーザーとは、「08 年度のみ高速道路利用が記録されているユーザー」であり、

- 1) 07 年度に一般道を利用していたユーザー
- 2) ETC 車載器を 08 年度にセットアップして、ETC 利用を始めたユーザー
- 3) カードの期限更新などで、07 年度とは違う ETC カードを使用しているユーザー

の 3 種類のユーザーを含んでおり、これら 1)~3) の分類は ETC データの特性上不可能である。しかしながら、特定の IC、OD のみで突出して 2) や 3) の割合が高いとする明確な根拠もないことより、本研究では IC、OD によらず 1) のような誘発交通需要に当てはまるユーザー割合はほぼ一定であると考えられる。新規利用開始ユーザー数を把握することで、IC ごとの新規ユーザー比率が分かるため、誘発交通需要が多い IC を明らかにすることが可能となる。

ii 利用回数の変化に関する分析

一方で、従来から高速道路を利用していたユーザーに対しても、さまざまな行動変化が生じていることが考えられる。まずは、利用回数の変化が考えられる。特に、開通事前事後で高速道路利用回数が増加するユーザーは、影響要因考察も比較的容易に可能であるため、分析対象ユーザーをサービス改善面に絞って詳細に分析してみる。サービス悪化の影響を被ったユーザーについては、その分析手法を十分に検討する必要がある。

iii 利用距離帯の変更にに関する分析

次に利用距離帯の変化が考えられる。新名神高速道路開通に伴い高速道路利便性が向上して、短距離帯である湖南地域の内内トリップについても高速道路利用増加や新規ユーザーの獲得につながったことから、渋滞が頻発する地点が生じたことが推察される。

iv 利用 IC の変更に関する分析

新名神高速道路上に新設された 2 つの IC (信楽・甲賀土山) の影響により、各ユーザーが目的地に合わせて IC を選択している傾向があることも推察される。比較的広域の移動で、目的とする IC が湖南地域を基準として西側に位置する場合は以前から選択していた名神高速道路 IC から流入をおこなうが、目的 IC が東側にある場合は、新名神高速道路経路ルートの方が所要時間が短いなどの要因があるため、上手く使い分けをおこなう可能

性が挙げられる。このことに関して、ETC 履歴データを用いて、新規路線開通に伴う湖南地域内での利用 IC の変化を把握することは非常に大きな意義があると考えられる。

以上のように、ETC データを活用することによって、新規路線供用効果を実証可能と考える。そこで、次のような分析をおこなうことで、行動変化を定量化して供用効果検証を試みる。

- A) 利用回数変化に関する分析
- B) 利用 IC 選択肢に関する分析
- C) 流入 IC, 流出 IC, 利用回数などの利用パターンに関する分析

3. ETCデータを用いたIC選択行動モデル分析

実際に時間帯、方向、車種の3つを考慮したロジットモデルを作成する。ここでは、栗東 IC に対する効用を説明変数を用いて算出して、甲賀土山 IC を選択する効用を定数項にて表現する。用いる説明変数は、以下のとおりである。ETC データから抽出してきた説明変数候補（選択要因）をまとめた結果、合計 4549 トリップについて、以下の情報を作成して栗東 IC を選択する効用と、他 IC を選択する効用にてモデル推定を行った。

x_1 : 深夜・早朝ダミー (0:00~9:59 もしくは 21:00~23:59 の時間帯であれば、1. それ以外の時間帯であれば、0.)

x_2 : 昼ダミー (10:00~16:59 の時間帯であれば、1. それ以外 0.)

x_3 : 西向きダミー (流出 IC が湖南地域よりも西側であれば、1. 東側であれば、0.)

x_4 : (実際所要時間) — (その時間帯の 3 ヶ月の間の IC 間平均所要時間) によって算出される所要時間差

x_5 : 車種

$d_1 \sim d_5$: パラメータ

$$Ritto = \exp(d_1 \cdot x_1 + d_2 \cdot x_2 + d_3 \cdot x_3 + d_4 \cdot x_4 + d_5 \cdot x_5) \quad (1)$$

$$Other = \exp(\text{定数項}) \quad (2)$$

表-1 の t 値より、西向きダミー、所要時間差の 2 つの因子が栗東 IC 選択に影響していることが分かる。このとき、西向きに高速道路利用する際には栗東 IC 選択を行う。また、栗東 IC から高速道路利用を行った方が所

要時間が大きくなると判断したとき、すなわち、より長く高速道路利用を行いたいと判断したときには栗東 IC を選択する傾向が強いことが分かった。車種についても 5%水準で有意に影響していて、中型・大型・特大型車であるときに栗東を選択する効用が低くなることが分かる。

以上より、クラスタ分析によって絞り出されたあるグループ内のユーザ行動に対して、ETC データのみから得られる情報をうまく活用して行動モデル推定をおこなえることが示された。

表-1 IC 選択モデル推定結果

	パラメータ	t値	
定数項	2.915	14.352	*
深夜・早朝ダミー	0.042	0.465	
昼ダミー	-0.168	-1.484	
西向きダミー	3.458	21.746	*
所要時間差	0.018	14.878	*
車種	-0.335	-2.681	*
ρ 2 値	0.210		
ρ 2 値(修正済)	0.208		

* $p < 0.05$

4. ETCデータを用いた出発時刻選択Case study

本章では、出発時刻の変動に関する分析を試みる。比較的旅行時間から見たサービスレベルが高いと判断できた京都南→名神吹田間朝時間帯と、サービスレベルが低いと判断できた京都南→名神吹田間夕方・夜時間帯から多頻度ユーザを抽出して出発時刻と所要時間、到着時刻との関係性について考察を加える。

ここで出発時刻に着目した理由として、ユーザが自由に調整しやすい項目であるため、各ユーザには少なからず到着希望時刻という制約が存在しているため、この出発時刻を調整することで到着希望時刻とのあいだにずれが生じた場合には、翌日の出発時刻において調整をおこなうことが期待されるからである。つまり、遅刻に敏感なユーザであれば、大きなずれに対して余裕をもって翌日の出発時刻を選択していると考えられ、少々の遅刻は許容するユーザであれば、翌日の出発時刻もいつも通りの選択をおこなうという選択過程が示されるであろう。本研究では、簡単のために希望到着時刻をそのユーザの平均到着時刻と仮定し、その平均到着時刻からの差分で早着時間、遅刻時間を表現する。また、前日の所要時間と平均所要時間の乖離でも前日の走行状況を示す。選択した出発時刻は、平均出発時刻との乖離で示す。ただし、この出発時刻とは IC 流入した時刻であり、各ユーザの真の出発地からの希望出発時刻ではない事には注意が必要である。

図-2.1~図-2.2 にそれぞれ朝時間帯、夕方・夜時間帯

の京都南→名神吹田間の ETC ユーザのうち各時間帯で一番利用が多いユーザを選択して、プロット図と平均出発時刻、出発時刻の標準偏差、平均所要時間、所要時間の標準偏差を示した。横軸に当日出発時刻と平均出発時刻との差分(分)、縦軸に前回到着時刻と平均到着時刻との差分(分)、または前回所要時間と平均所要時間との差分(分)をとった。

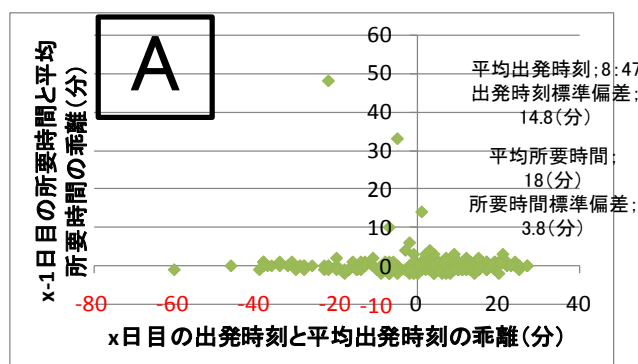


図-2.1 (朝時間帯多頻度ユーザA)
平均出発時刻乖離と平均所要時間乖離のプロット図

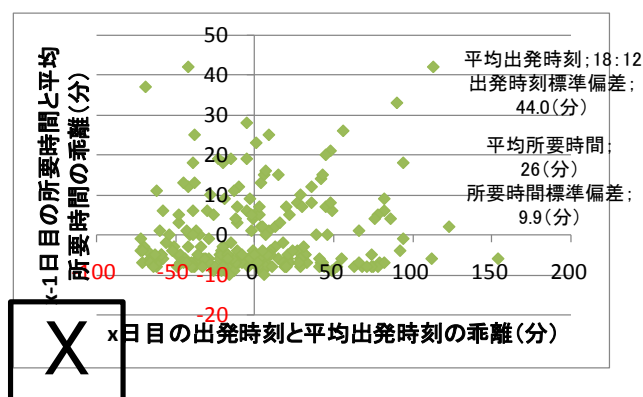


図-2.2 (夕方・夜時間帯多頻度ユーザX)
平均出発時刻乖離と平均所要時間乖離のプロット図

まず各ユーザについて分析をおこなう。ユーザ A は朝時間帯に多頻度利用しているユーザであり、ユーザ X は、夕方・夜時間帯に多頻度利用しているユーザである。

ユーザ A は、出発時刻-前回到着時刻プロット図で若干の右下がりの傾向がみとれる。これは、前回到着時刻が遅れた(正領域)場合には、出発時刻を早める(負領域)対応行動をとり、到着時刻が早かった場合(負領域)には、出発時刻を遅くする(正領域)という逆の対応行動をよくとるユーザであると考えられる。また、出発時刻-前回所要時間プロット図では、所要時間が非常に安定しているために横長のプロット図であり、所要時間が大きくなった翌日には少し出発時刻を早めていることがみとれる。

ユーザ X は、出発時刻-前回到着時刻プロットが大きな幅でばらついており、選択傾向は読み取れなかった。

また、出発時刻-前回所要時間プロット図も夕方・夜時間帯のサービスレベル低下時と考えられる中でばらつきが激しくなっている。

次に、時間帯ごとにプロット傾向を比較すると、夕方・夜時間帯のほうがプロットがばらついていることが見てとれる。これは、先行研究にて確かめた時間帯によるサービスレベルの違いに起因していると推察される。

以上より、ユーザの出発時刻選択に対して、選択要因と考えられる前回の到着時刻および所要時間との関係性を朝時間帯にのみ観察することができた。夕方・夜時間帯は、固定的な利用をおこなっているユーザであっても、一般道の交通状況や終業時刻などに影響を受けて、IC流入時刻が不安定な結果となっている可能性が考察できる。

5. おわりに

本稿では、新規開通した新名神高速道路の供用効果を実例としてETC-IDデータを用いて経時的・空間的に交通行動分析をおこなった結果を示した。ETCデータに含まれる同一カードによる高速道路利用頻度について分析をおこない、同一の仮ID番号を持つトリップを集計して、特に高頻度ユーザに着目して分析をおこなえば、大規模な行動履歴のデータから個人の交通行動についてもミクロに分析が出来る事を示した。また、ETCデータに含まれるデータを加工して用いることで、曜日、利用時間帯、車種による利用特性の差異を明らかとし、分析内容に合わせたユーザの選定が必要であると結論付けた。そこからICを限定した分析として、巨視的な交通状況の変化とユーザの行動の関係性を考察するために多頻度ユーザの事前事後の利用回数、流入IC、利用パターンについて分析をおこなった結果、従来名神高速道路を利用して西向きに関西圏へとトリップをおこなっていた貨物車が名古屋方面へのトリップをして使い分けしていることを明らかとした。

以下に得られた知見と、ETC-IDデータ分析に残された課題について示す。

- 1) ETCデータに含まれるデータを加工して用いることで、曜日、時間帯および車種による高速道路の利用のされ方についてさまざまな情報を取得可能であることがわかった。高頻度利用ユーザと低頻度利用ユーザ、普通車両と大型車両等では利用特性に差異が存在すると推察されるため、分析目的に合わせて対象ユーザを適切に選別していく必要があると考えられる。

- 2) 分析対象ユーザを絞った分析では、行動変化を分析するために、新名神高速道路供用に伴い利用形態に変化が見られると考えられる07年度栗東多頻度ユーザ、08年新名神多頻度ユーザに対する分析をおこない、特に大型車において、名古屋・三重方面への高速道路利用が増大していることを明らかにした。
- 3) 朝時間帯と夕方時間帯の出発時刻選択傾向の差異を検証した。もっとも頻度が多いユーザのみの例示であったが、どこまで詳細に分析が出来るか、どういった分析価値を見いだしていくかについて今後の課題と考えられる。

なお、ここで示したのは考えられる行動仮説に沿って複数の分析ユーザの結果から理解しやすいユーザについて例示したものである。全データを活用して適切な指標化をおこなう手法が必要であろう。

以上のとおり、本研究ではETCデータの特性を活用した新たな高速道路サービスレベルの評価方法について提案を行ってきた。ここでは本研究で行った分析に関して残された課題をまとめておく。

ユーザIDを用いてETCデータを集計する場合は用途に合わせて、条件設定をおこなわなければならないが、当然ながら条件設定には事例分析が必要となる。たとえば、新規道路開通のインパクトを推定する場合でも、それが大幅な渋滞緩和に結びつくか否かは定かではない。その理由は、今まで混雑を避けるために混雑した経路の利用を避けていたドライバ、あるいは出発時刻をずらし混雑時間帯の利用を回避していたドライバが、一時的な混雑緩和により元々の本来の希望経路・希望の時間帯での利用を再開するためである。従って、上記のような容量改善施策の効果を測り知るためには、ドライバの対応行動

についても理解した上で分析する必要がある。

また、本研究ではおこなうことのできなかった全ユーザのデータを活用したグルーピングや高速道路利用傾向の周期性分析等についても、処理方法を工夫した上で分析を継続していく必要がある。

謝辞：本研究で用いたETCデータは、NEXCO 西日本株式会社のご協力のもと、研究へと活用させていただいたものであります。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 山崎浩気, 宇野伸宏, 塩見康博, 倉内文孝：ETC データに基づく利用者行動変化に着目した高速道路供用効果把握に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.5, pp.961-972, 2010
- 2) 山崎浩気, 宇野伸宏, 倉内文孝：ETCデータを活用した都市間高速道路の利用頻度分析, 第63回土木学会年次学術講演会講演会, IV-035, 仙台, 2008
- 3) 三古展弘：多時点断面データと SP データを用いた交通行動変化の非集計分析, 名古屋大学博士学位論文, 2005
- 4) 三輪富生, 森川高行：プローブカーデータを利用した経路選択行動に関するモデル分析, 土木計画学研究・論文集 Vol.21, No.2, pp.553-560, 2004
- 5) 井坪慎二, 宗広一徳, 鶴東俊哉, 森尾淳：新たな観測技術を用いた新規道路の影響分析, 第 31 回土木計画学研究・講演集, 2005
- 6) 萩原剛, 藤井聡：行動プランデータを用いた自動車利用抑制のための行動変容形態に関する分析, 土木計画学研究・論文集 Vol.22, No.3, pp.461-466, 2005

(2011.5.6 提出)

AN ANALYSIS OF THE ETC-CARD USER'S BEHAVIORAL CHANGE ALONG THE TIME COURSE

Hiroki YAMAZAKI, Nobuhiro UNO, Fumitaka KURAUCHI
Yasuhiro SHIOMI and Hiroshi SHIMAMOTO