

# ETC-ODデータを用いた都市内高速道路における経路選択行動に関する研究 \*

## A Study on Route Choice Behavior in Urban-Expressway Based on ETC-OD Data \*

永井 政伸 \*\*, 日比野 直彦 \*\*\*, 森地 茂 \*\*\*\*

By Masanobu NAGAI \*\*, Naohiko HIBINO \*\*\* and Shigeru MORICHI \*\*\*\*

### 1. はじめに

首都高速道路のような都市内高速道路は、利便性の向上や代替経路の確保等の様々な観点から広域にわたる密な道路網を形成している。このような道路網は、経路の選択肢が多く利便性に優れている一方で、利用頻度の低い利用者にとっては、複雑でわかりにくく、最適な経路を選択し難いという面も有している。このような状況に対応するため、高速道路会社等は、利用者が複雑な道路網を認識し、適切な経路選択ができるような情報をインターネット等で提供している。また、高速道路上においても図形情報板や文字情報板等を用いて、渋滞情報や旅行時間情報の提供を行っている。一方、利用者自身も渋滞状況が考慮可能なカーナビゲーションシステム等を利用することにより、以前よりも適切な選択を行っていると思われる。

しかしながら、現状を見ると、未だに渋滞状況には大きな偏りが見られることが多々あり、利用者が適切な経路選択を行っているところか、整備されたネットワークが有効に活用されていない状況にあると言わざるを得ない。ETC(Electronic Toll Collection System)より得られるODデータから利用者の経路選択実績を確認しても、結果として移動時間も距離も長い経路を選択してしまっているケースも多数見受けられる。ネットワークを時間的・空間的に有効に活用し、利用者にとって最適となる経路選択となるように、利用者の経路選択行動を詳細に分析し、その結果に基づいた効果的な情報提供を行っていくことは、必要不可欠であると考えられる。

そこで、本研究では、首都高速道路を対象とし、ETC-ODデータを用いることにより、利用頻度を考慮した上で、経路選択モデルの構築を試みる。ETC-ODデータの活用方法を示すとともに、経路選択行動の要因を分析することを本研究の目的とする。

### 2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

高速道路における経路選択行動に関する既往研究は、これまでも多数発表されている。例えば、高速道路利用者に対して行ったアンケート調査を基に、経路選択モデルの構築等を行っている研究<sup>1), 2)</sup>等がある。これらにより経路選択行動の特徴の一端は明らかとなっているものの、アンケート調査では対象期間が限られ、サンプル数が少量であること、走行中に記述することが不可能であることから、経路選択時の状況を正確に反映しているとは言い難い。

この課題に対して、近年急速にETCが普及したこともあり、ETC-ODデータを用いた研究が増加している。首都高速道路においては、ETCの利用率が約88%(2010年6月現在)<sup>3)</sup>となっている。ETC-ODデータを用いることにより、アンケート調査よりもサンプル数が多く確保でき、また、利用者の行動実態をより正確に把握することができることため、利用者行動分析<sup>4), 5), 6)</sup>、旅行時間信頼性<sup>7), 8)</sup>、料金施策に関する研究<sup>9), 10)</sup>等、多数の研究が行われている。また、ETC-ODデータには、各利用者のID情報(変換処理されているため、個人情報(特定は不可)が含まれているため、利用頻度に関する分析や同一個人が複数回利用する場合の利用毎の行動分析<sup>11)</sup>等も行われている。

情報板等による情報提供に関しては、所要時間の精度向上に関する研究<sup>12)</sup>等が行われている。これらにより、情報の精度は、以前よりも格段に向上していると思われる。利用者がネットワークを十分に認識し、精度の高い情報が提供されている場合には、各利用者は旅行時間が最短となる経路を選択することが一般的である。しかしながら、田中ら<sup>13)</sup>は2経路を有する1ODに対して分析を行ったところ、旅行時間分布が2つの正規分布を有し、等時間原則が成立しない場合があることが報告している。ただし、2つの経路が同じような交通状況で、経路間の距離の差が小さい場合を対象としており、交通状況や距離が大きく異なる場合等の点で研究の余地がある。

本研究は、前述の研究<sup>11), 13)</sup>を発展させ、ETC-ODデータを用い、首都高速道路における経路選択行動を分析したものである。具体的には、「同一個人(の経路選択行

\* Keywords : ETC-ODデータ, 経路選択行動分析

\*\* 正 会 員, 修(工), 修(開発政策), 首都高速道路(株)

E-mail: m.nagai1310@shutoko.jp

\*\*\* 正 会 員, 博(工), 政策研究大学院大学 准教授

\*\*\*\* 名誉会員, 工 博, 政策研究大学院大学 特別教授

動の特性」を踏まえた上で、非集計モデルを適用し、経路選択モデルを構築することにより、各要因が経路選択行動に与える影響を定量的に分析する。したがって、本研究は、ネットワークの有効活用に向けた効果的な情報提供を行うための基礎的な利用者行動分析を行ったものに位置付けられる。

### 3. 分析に用いるデータおよび本研究における定義

#### (1) ETC-OD データ

ETC-OD データには、各利用者の出入口名、出入口通過日時、車両車種等のデータとともに利用者を特定できる ID 情報が蓄積されている。前述したように、この ID は個人を特定できないように変換処理がされているが、変換には規則性があり、同一 ID であれば変換後も同一 ID となるため、同一個人が何回利用したか、通常何時頃利用するか等、個人に特定した分析が可能となる。ただし、同一カードを家族や法人で共有する場合、カードが同一でも車両が異なる場合等も含まれる。表-1には、分析に用いた ETC-OD データの概要を示す。

表-1 ETC-ODデータ概要

対象範囲	首都高速道路全線
対象期間	2009年1月9日～2009年12月31日:12ヶ月間 (1月23日および7月23日を除く)
抽出項目	ID(変換後のIDで個人の特定は不可) 入口名, 出口名 入口通過日時, 出口通過日時

#### (2) 車両感知器データ

首都高速道路上には、渋滞状況の把握、また、それに基づく情報提供を目的として、車両感知器が首都高速道路全体で2,457箇所(2009年7月現在)、300～600m間隔に設置されている。これを用いて常時観測を行い、1分間隔でデータを集計した後、5分間平均値を算出し、情報提供等に利用している。この区間毎のデータをOD間で足し合わせることで、ある時刻に特定の箇所を通過した車両が目的地に到達するまでの旅行時間を算出することが可能である。本研究では、5分間隔のデータを用いて経路毎に各OD間の旅行時間や渋滞距離を算出している。

#### (3) 本研究における定義

選択した経路に関わらず、同一個人が同一ODを複数回利用している場合を「複数回利用者」と定義する。また、同一個人が利用する毎に経路を変更している場合を「経路選択層」、利用する経路が常に同一で経路を固定している場合を「経路固定層」と定義する。



図-1 経路選択の分析

#### (4) 分析対象OD

本研究における経路選択の分析条件として、①1ODに対して経路が2つ存在すること、②同一箇所には2方向の出口が存在することを条件とする。いずれか一方の出口を利用したときにその出口がある方の経路を選択したと判断することができるためである。例えば、図-1に示すように4号新宿線からの利用者が都心環状線(以下、C1)の銀座(内)または銀座(外)出口を利用したかにより、C1内回りかC1外回りのどちらを利用したかを判断できる。このような条件を満たすODは表-2に示すとおりであり、経路間の距離差が小さい場合をCase1: C1内回りまたはC1外回りの経路選択、経路間の距離差が大きい場合をCase2: C1経由または中央環状線経由(以下、C2経由)の経路選択とし、この2Caseに大別して分析を行っている。ただし、Case2でC1経由を選択した場合、内回りまたは外回りの2つの経路が考えられるが、最短距離の方の経路を選択しているものと仮定し、C1経由と分類している。

表-2 分析対象OD

選択経路	流入(O)	流出(D)
Case1: C1内回り または C1外回り	① 1号羽田線 (11号台場線含む) ② 2号目黒線 ③ 3号渋谷線 ④ 4号新宿線 ⑤ 5号池袋線 ⑥ 6号向島線 (7号小松川線, 9号深川線含む)	① 日本橋 (呉服橋(内),江戸橋(外)) ② 神田橋 ③ 北の丸 (北の丸(内),代官町(外)) ④ 霞が関 ⑤ 芝公園 ⑥ 銀座 ⑦ 京橋 (京橋(内),宝町(外)) ※いずれもC1内の出口
Case2: C1経由 または C2経由	① 4号新宿線(C2外側) ② 5号池袋線(C2外側) ③ 5号池袋線(C2外側) ④ 川口線	① 向島(6号向島線) ② 堤通(6号向島線) ③ 千住新橋(C2) ④ 新木場(湾岸線)

#### 4. 経路選択モデルの構築

非集計ロジットモデルを適用し、パラメータの推定を行う。説明変数は、旅行距離、旅行時間、渋滞距離、混雑距離、分岐部速度、図形情報板上に表示される事故の有無をダミー変数として、式(1)のような効用関数 $V_i$ を定義する。そのときの利用経路の選択確率 $P_{in}$ は式(2)のとおりである。

$$V_i = \theta_d x_d + \theta_c (x_{cr} + \gamma x_{cy}) + \theta_t x_t + \theta_v x_v + \theta_a x_a \quad (1)$$

$V_i$  : 効用の確定項

$\theta_k$  : 各変数に係るパラメータ ( $k: d, c, t, v, a$ )

$x_d$  : 旅行距離 (km)

$x_{cr}$  : 渋滞距離 (km) ,  $x_{cy}$  : 混雑距離 (km)

$x_t$  : 旅行時間 (分) ,  $x_v$  : 分岐部速度 (km/h)

$x_a$  : 事故ダミー (事故有:1, 事故無:0)

$\gamma$  :  $x_{cr}$ に対する  $x_{cy}$ の比率 ( $0 \leq \gamma \leq 1$ )

$$P_{in} = \frac{\exp(V_i)}{\exp(V_i) + \exp(V_j)} \quad (2)$$

$P_{in}$  : 個人  $n$  が経路  $i$  を選択する確率

対象とするデータは、月 5 回以上利用している経路選択層のうち、その割合が 10%以上の表-3に示す 6OD で、パーキングエリア等に立ち寄っている可能性がある異常値であるデータ ( $n=397$ ) を除いた 47,780 データである。また、図形情報板上に表示される渋滞(赤)と混雑(黄)を区別するために、混雑距離に  $\gamma$  ( $0 \leq \gamma \leq 1$ ) を乗じている。 $\gamma=0$  の時、渋滞(赤)のみを考慮し、 $\gamma=1$  の時、渋滞(赤)と混雑(黄)を同程度に考慮していると判断できる。表-4にパラメータの推定結果を示す。利用頻度によって、(a)月 5~9 回、(b)月 10~14 回、(c)月 15~19 回、

(d)月 20 回以上の利用の 4 つにグループ分けを行い、それぞれのグループに対しても推定を行い、併せてその結果も示している。なお、収束計算には BFGS 法を用いている。

月 5 回以上の経路選択層全体の尤度比が低く、モデルとしての説明力が低いように見えるが、C2 経路を選択する場合のように旅行距離、渋滞距離、旅行時間の全ての要素で効用の低い経路を選択している場合もあることから、モデルで対象とした変数では説明することが困難な場合もある。図形情報板上の渋滞(赤)に対する混雑(黄)の比率は約 0.037 であり、渋滞(赤)が重視されている。利用頻度別のグループで比較した場合、尤度比、的中率ともに(d)のグループが最も高く、比較対象とした要素では利用頻度 20 回以上で適切な経路選択を行っている。また、 $\gamma$  についても利用頻度が高くなるほど、小さくなっており、利用頻度が高いほど図形情報板上の渋滞(赤)と混雑(黄)を区別し、渋滞(赤)を重視していると言える。

図-2および図-3に、推定結果に基づいて感度分析を行った結果を示す。なお、この図に示す渋滞距離は、 $x_{cr} + \gamma x_{cy}$ の値である。ここには旅行距離および旅行時間の変化による選択確率の変化は示していないが、渋滞距離と同様に(d)月 20 回以上利用のグループが最も状況の変化に敏感である。一方、分岐部の速度は(d)月 20 回

表-3 パラメータ推定対象 OD

選択経路	流入(O)	流出(D)
Case1	2号目黒線	C1-日本橋
	3号渋谷線	C1-京橋
	4号新宿線	C1-銀座
	5号池袋線	C1-芝公園
Case2	4号新宿線(C2外側)	6号向島線-堤通
	5号池袋線(C2外側)	湾岸線-新木場

表-4 パラメータ推定結果

	月 5 回以上の 経路選択層	1ヶ月当たりの利用頻度			
		(a) 5~9 回	(b) 10~14 回	(c) 15~19 回	(d) 20 回以上
OD 間距離 (km) ( $\theta_d$ )	-0.06438 (-27.59)	-0.02703 (-6.549)	-0.05183 (-10.27)	-0.04039 (-7.201)	-0.1053 (-22.54)
渋滞距離 (km) ( $\theta_c$ )	-0.2578 (-34.59)	-0.2188 (-18.78)	-0.2592 (-16.85)	-0.2267 (-12.39)	-0.3480 (-20.83)
旅行時間 (分) ( $\theta_t$ )	-0.09267 (-37.31)	-0.07560 (-19.22)	-0.07990 (-16.31)	-0.09147 (-14.93)	-0.1288 (-21.84)
分岐部速度 (km/h) ( $\theta_v$ )	8.726E-03 (18.70)	0.01215 (15.24)	0.01030 (10.85)	6.836E-03 (6.421)	3.753E-03 (3.784)
事故ダミー ( $\theta_a$ )	-0.5353 (-9.080)	-0.4879 (-5.084)	-0.4953 (-3.961)	-0.6040 (-4.149)	-0.5792 (-4.742)
$\gamma$	0.03661 (-4.549)	0.1194 (-5.397)	0.1740 (-5.613)	1.306E-03 (-0.5560)	2.820E-04 (-1.027)
自由度調整済尤度比	0.1255	0.1052	0.1008	0.09960	0.2115
的中率	66.99	64.77	64.71	64.16	74.47
サンプル数	47,780	14,488	11,127	8,640	13,525

(括弧内は  $t$  値)

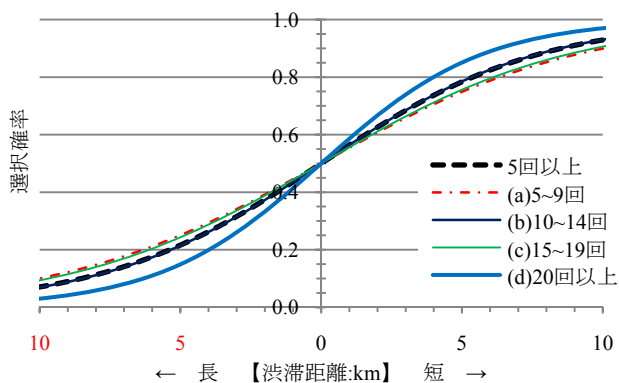


図-2 渋滞距離(km)の変化による選択確率の変化

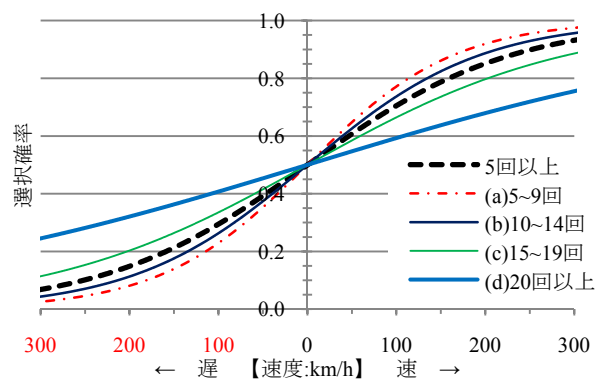


図-3 分岐部の速度(km/h)の変化による選択確率の変化

表-5 各変数の変化に対する選択確率の変化

選択確率	旅行距離(km)	渋滞距離(km)	旅行時間(分)	分岐部速度(km/h)
0.5	0	0	0	0
0.6	6.30	1.57	4.38	46.47
0.7	13.16	3.29	9.14	97.10
0.8	21.53	5.38	14.96	158.87
0.9	34.13	8.52	23.71	251.81

以上利用のグループが変化に対して最も影響を受けにくい結果となっている。また、月5回以上利用の全ての経路選択層について、選択率変化分を同一にした場合の各変数の変化は表-5に示すとおりであり、渋滞距離が1.57km短く(または長く)なることと旅行時間が4.38分短く(または長く)なることは同程度の価値を有している。

## 5. おわりに

本研究では、ETC-ODデータおよび車両感知器データを用いて、特に同一個人の行動に着目し、経路選択行動について分析を行った。本研究から得られた結論は、以下のとおりである。① ETC-ODデータを用いることによって、利用頻度や利用する毎の経路選択行動の分析が可能となる。② 経路選択層について非集計ロジットモデルによる推定を行った結果、利用頻度が高いほどモデルの妥当性は高い。③ 図形情報板上に表示される渋滞(赤)と混雑(黄)は、渋滞(赤)の方が重視されており、その傾向は利用頻度が高くなるほど強い。④ 感度分析の結果、利用頻度が高いほど、旅行距離、渋滞距離、旅行時間の要素について変化に対して敏感であり、分岐部の速度による影響は受けない。本研究では、明確に経路を特定できるODを対象としたが、東名高速→常磐道等他のODについても検討する必要がある。また、今後の情報提供に役立てていくためには、利用者が経路選択に際して重視している要素等についてさらに検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 大口敬, 羽藤英二, 谷口正明, 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田緯之: 首都高速道路における経路選択行動に関する実態調査, 土木学会論文集, No.590/IV-39, pp.87-95, 1998.
- 2) 羽藤英二, 谷口正明, 杉恵頼寧, 桑原雅夫, 森田緯之: 複数交通情報ソース下における情報獲得・参照行動を考慮した経路選択モデル, 土木学会論文集, No.597/IV-40, pp.99-111, 1998.
- 3) 首都高速道路(株)HP: <http://www.shutoko.jp/>
- 4) Tang, K., Kuwahara, M. and Warita, H.: Analysis of Departure Time Choice of Morning Commuters on MEX Utilizing ETC Data, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 5) 山崎浩気, 宇野伸宏, 塩見康博, 太田修平, 倉内文孝: ETCカード利用者の行動変化に着目した新規路線供用効果分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 6) 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, Vol.39, 2009.
- 7) 舌間貴宏, 村重至康, 山岸肇, 大内浩之, 堀口良太: アプリック情報を活用した都市間高速道路における旅行時間予測手法の研究, 第6回ITSシンポジウム講演集, pp.137-142, 2007.
- 8) 宇野伸宏, 倉内文孝, 嶋本寛, 山崎浩気, 小笹浩司, 成田博: ETCデータを用いた都市間高速道路の旅行時間信頼性分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.35, 2007.
- 9) 杉江功, 山本昌孝, 神野裕昭, 吉岡正樹: ETCデータを用いた有料道路の料金体系にかかる社会実験の効果分析, 第26回交通工学発表会論文報告集, pp.149-152, 2006.
- 10) 萩原武司, 吉村敏志, 宇野伸宏, 倉内文孝, 小澤友記子: ETCデータに基づく時間帯別ランプ間OD表の交通流シミュレーションへの適用ーデイリーな交通マネジメント施策導入の事前評価ー, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 11) 永井政伸, 日比野直彦, 森地茂: 都市内高速道路における経路選択行動に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, 2010.
- 12) 割田博, 岡田知朗, 田中淳: 所要時間情報の精度向上に関する研究, 第21回交通工学研究発表会論文報告集, pp.301-304, 2001.
- 13) 田中厚, 森地茂, 日比野直彦: 都市高速道路におけるETC-ODデータの経路交通量推計への適用に関する研究, 第29回交通工学研究発表会論文報告集, pp.249-252, 2009.