

ETC2.0プローブ情報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モデルの構築

後藤 梓¹・井坪 慎二²・牧 佑奈³・池田 裕二⁴

¹正会員 国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室 (〒305-0804 つくば市旭1番地)

E-mail: goto-a92uj@mlit.go.jp

²正会員 国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室 (同上)

E-mail: itsubo-s257@mlit.go.jp

³非会員 国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室 (同上)

E-mail: maki-y92vy@mlit.go.jp

⁵正会員 国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室 (同上)

E-mail: ikeda-y87uw@mlit.go.jp

首都圏高速道路ネットワークは、三環状が概成したことで複数経路が選択可能となり、情報提供や料金施策などにより時間的・空間的に偏在する交通需要を適切に分散させるためのマネジメント施策の重要性が高まっている。このような需要マネジメント施策を実施するためには、ドライバーが所要時間や料金に対してどのような経路選択挙動をとるかを把握しておく必要がある。このため、本研究では、ETC2.0プローブ情報により経路選択挙動を把握し、距離、所要時間、料金、車種、平日・休日の違い等が経路選択確率に与える影響を表現するモデルの構築を行った。その結果、大型車は小型車に比べて単位時間当たりの時間短縮に相当する時間価値が高いこと、長距離トリップになるほど所要時間の短縮に対して経路を変えやすい傾向にあることなどが示された。

Key Words : probe data, route choice model, recursive logit model, radial-ring expressway network

1. はじめに

首都圏の高速道路は、三環状の概成により複数経路が選択可能なネットワーク構造を有することになり、これを有効活用するための交通運用施策の重要性が高まっている。国土交通省においても、「道路を賢く使う取組¹⁾」として、時間的・空間的に偏在する交通需要に対して、渋滞ピークの平準化や環状道路への迂回促進等を行う交通需要マネジメントが重要であるとされ、渋滞に関する詳細な情報提供や混雑状況に応じた機動的な料金の導入などの重要性が認識されている。このような交通需要マネジメントを適切に行うためには、ドライバーが所要時間や料金に対してどのような経路選択挙動をとり、それが道路ネットワークにどのような影響を与えるかを把握しておくことが必要である。

このため、国土技術政策総合研究所では、三環状を含めた首都圏高速道路ネットワークにおける交通流動状況を経路分担率等により把握し、運用施策実施時の影響評価を行うことを目的とした交通状態把握手法の開発を行

っている²⁾。この交通状態把握手法では、交通流シミュレーションの中の交通流モデルにETC2.0プローブ情報から得られるプローブ車両の軌跡情報等を融合させ、プローブ車両の速度低下が後続車両に伝播する仕組みを搭載しているが、車両の経路選択モデルについては、過去の研究から経験的に得られたパラメータを便宜的に使用しており、現在のドライバーの経路選択挙動の実態把握とモデルへの反映が課題となっていた。

経路選択モデルは、ロジットモデル等の非集計行動モデルによって表され、ドライバーの経路選択実績に基づいて、距離、所要時間、料金等を説明変数として経路選択確率を推定するものである。このモデルの構築に必要な不可欠であるドライバーの経路選択実績は、従来観測困難であり、アンケート調査等から得られたRP(Revealed Preference)データを用いることが一般的であった。しかしながら、2000年代に入りプローブデータの収集が進んだことにより、ドライバーの経路選択実績そのものを観測することが可能となりつつある。既往研究においては、三輪・森川³⁾や力石⁴⁾が行ったタクシーや貨物車のプロ

ープを用いたモデル分析の例などにより、プローブ情報の有用性が示されてる。また、近年では、葛木ら⁶がETCログデータ、金子ら⁷がETC2.0プローブ情報を用いた経路選択モデルを構築している。これらはいずれも首都圏道路ネットワークを対象としたものであるが、葛木ら⁶のモデルは対象となるODが限定されたものである。金子ら⁷のモデルは一般道も含めた道路ネットワークを対象としており、ドライバーの経路に対する認知度をモデルに組み込む手法の検討などが大変参考になるが、三環状道路を含めた大規模ネットワークへの適用にはまだ課題が残っている。

そこで本稿では、首都圏高速道路ネットワークを対象とし、経路選択挙動に対する所要時間や料金等の影響を定量的に把握することを目的として、ETC2.0プローブ情報を用いた経路選択挙動モデルを構築する。

2. ETC2.0プローブ情報を用いた経路選択モデルの構築方法

(1) 対象道路ネットワーク

モデルの推定対象となる首都圏高速道路ネットワークは、図-1に緑線で示す通りである。

首都圏高速道路ネットワークでは、2017年2月に、図-1に示す圏央道・境古河IC~つくば中央ICが開通している。後述する通り、今回は、この前後のデータを用いてモデルを構築する。なお、2018年6月には外環道・三郷南IC~高谷JCT区間も開通しているが、今回は対象としない。

(2) モデル構造の仮定

本研究では、経路選択モデルをRecursive logit model⁸によって表すものとする。Recursive logit modelは、経路選択を逐次的なリンクの選択の連続として取り扱うもので、経路選択時点において経路の選択肢の列挙を行う必要がないため、大規模ネットワークを対象とした分析や交通流シミュレーションへの適用に有用である。このため、近年多くの既往研究^{9,10}などにおいて取り扱われており、国総研が開発中の前述の交通状態把握手法にも組み込まれているモデルとも一致する。

本研究では、ドライバーの経路選択が、式(1)に示す二項選択によって表されるものと仮定する。

$$p_i = \frac{\exp(\theta V_i)}{\exp(\theta V_i) + \exp(\theta V_j)} \quad (1)$$

ここに、 p_i : 経路*i*と経路*j*の選択において、経路*i*を選択する確率、 V_i : 経路*i*の効用、 θ : ロジット感度である。

式(1)のうち、経路*i*の効用 V_i およびロジット感度 θ は、ドライバーの経路選択に対する影響要因からなる関数で



図-1 対象道路ネットワーク

表-1 分析対象とする区間

期間	データ取得年月	同一発着・同一料金	新規区間(圏央道)
I	2015/11	導入前	開通前
II	2016/06	導入後	開通前
III	2017/06	導入後	開通後

ある。本研究では、経路選択に対する影響要因として、距離、所要時間、料金と車種(大型・小型)、平日・休日による違いを考慮し、経路*i*の効用 V_i およびロジット感度 θ が、式(2)および式(3)でそれぞれ表されるものと仮定する。

$$V_i = A \text{length}_i + B \text{time}_i + C \text{toll}_i + D \quad (2)$$

$$A = \alpha_0 + \alpha_{HV} d_{HV} + \alpha_{HD} d_{HD} \quad (2a)$$

$$B = \beta_0 + \beta_{HV} d_{HV} + \beta_{HD} d_{HD} \quad (2b)$$

$$C = \gamma_0 + \gamma_{HV} d_{HV} + \gamma_{HD} d_{HD} \quad (2c)$$

$$D = \delta_0 + \delta_{HV} d_{HV} + \delta_{HD} d_{HD} \quad (2d)$$

$$\theta = \theta_0 + \theta_{HV} d_{HV} + \theta_{HD} d_{HD} \quad (3)$$

ここに、 length_i : 経路*i*の距離、 time_i : 経路*i*の所要時間、 toll_i : 経路*i*の料金、 d_{HV} : 大型車ダミー(大型車:1, 小型車:0)、 d_{HD} : 休日ダミー(休日:1, 平日:0)、 $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k, \delta_k, \theta_k$: 距離、所要時間、料金、定数項、ロジット感度に関するパラメータ($k=0, HV$ (大型車の場合の増分), HD (休日の場合の増分))である。

さらに、高速道路を利用するトリップ長が異なる場合に、所要時間や料金等の影響要因の感度が異なると予想されるため、トリップ長を短距離・中距離・長距離の3つに分類し、その違いを考慮するためのダミー変数を導入したモデルも構築した。このモデルでは、上記の式(2a)~(2d)、式(3)に、中距離、長距離のダミー変数からな

る項が加わり、それぞれ式(4a)-(4d)、式(5)に置き換わる。

$$A = \alpha_0 + \alpha_{HV}d_{HV} + \alpha_{HD}d_{HD} + \alpha_{lm}d_{lm} + \alpha_{ll}d_{ll} \quad (4a)$$

$$B = \beta_0 + \beta_{HV}d_{HV} + \beta_{HD}d_{HD} + \beta_{lm}d_{lm} + \beta_{ll}d_{ll} \quad (4b)$$

$$C = \gamma_0 + \gamma_{HV}d_{HV} + \gamma_{HD}d_{HD} + \gamma_{lm}d_{lm} + \gamma_{ll}d_{ll} \quad (4c)$$

$$D = \delta_0 + \delta_{HV}d_{HV} + \delta_{HD}d_{HD} + \delta_{lm}d_{lm} + \delta_{ll}d_{ll} \quad (4d)$$

$$\theta = \theta_0 + \theta_{HV}d_{HV} + \theta_{HD}d_{HD} + \theta_{lm}d_{lm} + \theta_{ll}d_{ll} \quad (5)$$

ここに、 d_{lm} : 中距離ダミー(距離が10km以上20km未満の場合:1, その他:0), d_{ll} : 長距離ダミー(距離が20km以上の場合:1, その他:0)である。ここで、今回、距離を区分する閾値は、都心環状線、中央環状線をそれぞれ半周する距離(約8km, 約23km)を参考に、10km未満を短距離、10km以上20km未満を中距離、20km以上を長距離と定義している。

(3) 使用するデータ

a) 対象期間

今回は、経路選択行動に大きな影響を及ぼすと考えられる首都圏高速道路の同一発着・同一料金導入(2016年4月)⁹⁾、および圏央道・境古河IC〜つくば中央IC区間開通(2017年2月)¹⁰⁾の前後期間を含めるようにデータ取得対象期間を設定している。具体的には、表-1に示すI-IIIの3つの期間それぞれの年月について各1か月分のデータを使用する。

b) データの概要

本研究では、前節(2)に示したモデルの被説明変数となる経路選択実績をETC2.0プローブ情報の走行履歴情報から((4d)), 説明変数となる所要時間は車両感知器情報((4c))からそれぞれ取得する。

ETC2.0プローブ情報の走行履歴情報とは、ETC2.0専用車載器を搭載した車両が200m走行する毎および進行方向を45度以上変化する毎の時刻と緯度・経度の記録である。走行履歴情報は、最大約80km分のデータが車載器に蓄積され、車両が路側機を通過する際に収集される。路側機は、都市間高速道路では約10~15km間隔、都市高速道路で約4km間隔で設置されており、高速道路上を走行した車両についてはほぼ連続的な経路が把握可能である。しかし、一般道の設置はほとんどが直轄国道上に限定されているため、路側機間の走行距離が車載器のデータ蓄積上限を超えてしまうと、古い履歴から削除されてしまい収集できない場合がある点に留意が必要である。

車両感知器情報は、首都高区間においては約300~600mに一区間、NEXCO東日本および中日本区間においても少なくともIC間に一区間設置されている。これ

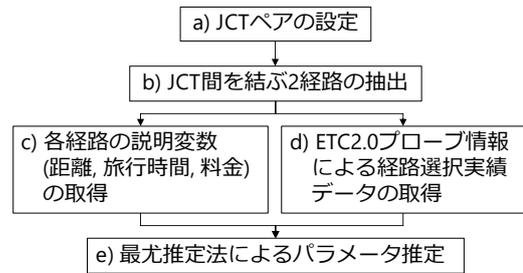


図-2 モデルの推定手順



図-3 2経路の抽出例

により、5分毎の平均速度を把握することができる。

(4) モデルの構築手順

本研究では、図-2の手順に従ってモデルを構築する。

なお、本来であれば、入口ICから出口ICまでの経路を対象にモデルを構築することが望ましいが、本研究では、高速道路ネットワークの異なる路線が交差するジャンクション(以降、JCT)を始端・終端とした経路を対象とする。これは、ETC2.0プローブ情報には、(3b)に述べた特性上、高速道路上の路側機を通過後にICを降りてから次の路側機を通過するまでの走行距離が長いと、高速道路上の路側機を通過した直後のデータが削除されてしまい、出口ICの判別が不可能な車両が存在しているため、このような車両のデータも有効に活用するための便宜的な対応である。

a) JCT ペアの設定 :

まず、モデルの対象となる、始端・終端ジャンクションの組合せ(以降、JCTペアと呼ぶ)を設定した。対象道路ネットワークの範囲内には、JCTが56箇所あるため、設定されたJCTペアは ${}_{56}P_2=3080$ 個である。

b) JCT 間を結ぶ 2 経路の抽出

この3080個のJCTペアについて、始端・終端のJCT間を結ぶ経路の中から、選択の候補となる2経路を抽出する。2経路は、図-3に例示するように、まず、始端JCTから終端JCTまでを結ぶ経路のうち最短距離となる経路①を抽出し、次に、経路①とは異なる方向に分岐する経路のうち最短距離となる経路②を抽出とした。最短距離となる経路は、デジタル道路地図¹¹⁾から得られるリンク長(以降、DRMリンク長)を基に、Dijkstra法を用いて探索を行った。

ここで、上記により抽出された2経路が重複区間を含

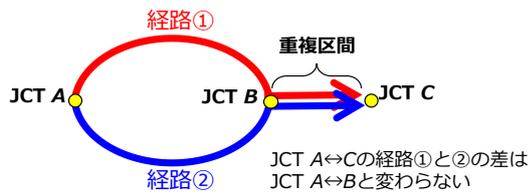


図-4 重複区間のあるJCTペアのイメージ

むJCTペアについては、図-4に例示するように、重複区間を除いた別のJCTペアと経路選択上は差がないため、除外した。その結果、モデルの対象となるJCTペアの数は743個となった。

c) 各経路の説明変数の取得

(2)で述べた通り、本研究では、経路選択に対する影響要因として、距離、所要時間、料金と車種(大型・小型)、平日・休日およびトリップ長(短・中・長距離)の違いを考慮する。

距離、所要時間、料金については、b)で抽出した各経路に対して設定される変数である。このうち、距離は、DRMリンク長を始端JCTから終端JCTまで足し合わせることで取得した。また、所要時間は、DRMリンク長を車両感知器から得られた5分間速度で除すことにより各リンクの所要時間を算出し、経路を構成する全リンクで所要時間の同時刻和を求めた。

料金については、詳細な情報を入手できなかったため、以下の通り便宜的に取得した。

同一発着・同一料金導入以前の期間Iのデータについては、図-5に従って料金を算出した。ただし、首都高については、実際には下限500円・上限900円で、走行距離24kmまで6km毎に100円ずつ増える体系であったが、 $16.7 \times \text{距離} + 450[\text{円}]$ として線形に近似した値を用いた。平日・休日の料金の違いは考慮していない。

一方、同一発着・同一料金導入後の期間II、IIIについては、基本的には始端・終端JCTを結ぶどの経路を通っても同一料金となることから、JCT間の2経路の料金差はゼロであるため、説明変数として考慮しないこととした。ただし、実際には、同一発着・同一料金導入後においても、NEXCO利用経路より首都高利用経路の方が高額の場合、料金を引き下げない等の例外措置が取られており、2経路で料金差が生じている場合もある。これらについては、今後詳細な料金データを入手したうえで、モデルの精査が必要である。

上記に加え、車種については、ETC2.0プローブ情報による車種情報(車載器に登録された情報)に基づき、大型車・小型車に分類した。また、平日・休日については、ETC2.0プローブ情報の走行履歴取得年月日より明らかである。

トリップ長については、b)で抽出した経路のうち最短



図-5 期間Iのデータに使用した料金設定¹²⁾の一部加工

表-2 ETC2.0プローブ情報から得られたサンプル数

車種	期間	サンプル数(車両ID数)[台]	
		1ヶ月合計	1日あたり平均
小型車	I	270,113	9,004
	II	366,324	12,211
	III	636,591	21,220
大型車	I	12,264	409
	II	14,046	468
	III	17,581	586
合計	I	282,377	9,413
	II	380,370	12,679
	III	654,172	21,806

経路である方の距離に基づいて、前述の通り、10km未満を短距離、10km以上20km未満を中距離、20km以上を長距離として分類した。

d) ETC2.0 プローブ情報による経路選択実績データの取得

ETC2.0プローブ情報による個車の走行履歴から、分析対象とするJCT間を走行した車両を抽出した。ただし、走行履歴に30分以上の空白があった場合には、JCT間の途中のSA・PAやIC等での立ち寄り行動等があったものと推察し、サンプルから除外した。この結果、抽出されたサンプル数(車両ID数)を表-2に示す。2014年の全国導入以降、ETC2.0車載器の普及は年々増加していることに伴い、サンプル数も期間I、II、IIIと年々増加している。ただし、大型車のサンプル数は小型車と比べて限定されている。

抽出した車両それぞれについて、始端JCTの到着時刻および分岐方向を記録した。今回は、これにより記録された分岐方向によって、b)で抽出した2経路のうちどちらを選択したかの判別を行い、被説明変数(2経路それぞれについて選択: 1・非選択: 0)を取得した。膨大なデータを効率的に処理するためにこのような方法をとったが、実際には、分岐方向が同じであっても最短距離経路以外に複数の経路が存在するため、この方法により「選択したとみなした」経路と、実際にETC2.0車両が「選択した」経路は必ずしも一致しないことに注意が必要である。この影響については、今後より詳細な分析による精査が必

要である。

e) 最尤推定法によるパラメータ推定

d)で取得した経路選択実績データ(被説明変数)と, c)で取得した2経路の説明変数の紐づけを行った。ここで, 所要時間は, 各車両の始端JCTの到着時刻における同時刻和を紐づけている。

このデータを用いて, 最尤推定法により式(1)~(5)のパラメータ推定を行った。ただし, c)に述べた通り, 同一発着・同一料金導入後の期間II, IIIでは, 料金を説明変数とすることができないため, 「期間I」と「期間IIおよびIII」を別々に推定を行った。

さらに, 説明変数間の相関関係を確認したところ, 期間Iのデータにおいて, 距離と料金間に多重共線性がみられた($R=0.986$)。これに対して, 本研究で構築する経路選択モデルが料金施策等の評価を行うためのシミュレーションへ適用するためのものであることを踏まえ, 料金を説明変数として採用することとした。

上記をまとめると, 今回構築を行ったモデルと説明変数は表-3の通りである。以降では, 表-3に示す通り, 期間Iを対象としたモデルのうち, トリップ長の違い(中, 長距離ダミー)を考慮しないものをモデル1, 考慮するものをモデル1'と呼び, 同様に, 期間IIおよびIIIを対象としたモデルについても, トリップ長による違いを考慮しないものをモデル2, 考慮したものをモデル2'と呼ぶものとする。

3. 経路選択モデルの推定結果

モデルのパラメータ推定結果を表-4に示す。トリップ長によるダミー変数を含まないモデル1, 2については, すべてのパラメータが有意となっている($p=0.05$)。一方, モデル1', 2'では, 長距離ダミーと大型車ダミーに係るパラメータの一部が有意水準を満たさない結果となっている(表中の斜字部分)。これは, 長距離に分類されるサンプル数が少ないことや, 車種とトリップ長の間に何らかの関係がある可能性があることが理由と考えられる。今回のデータでは, 大型車の台数も限定されているため(表-2), 詳細な分析が困難であったが, 今後, 対象期間を広げるなどによりデータを補強し, さらなる分析を行う必要がある。なお, トリップ長によるダミー変数を含むモデル1', 2'を, モデル1, 2と比べると, 修正済み尤度比はやや高いが, 的中率はほとんど変わらない。

(1) 距離, 所要時間, 料金に対する感度

式(2)~(5)に示されるように, 各説明変数に乗じる係数や感度パラメータは, 車種や平休等の分類に応じて表-4の係数を合計した値になる(例えば, モデル2で「距離」

表-3 各モデルの説明変数

モデル	対象期間	説明変数					
		距離	所要時間	料金	大型車ダミー	平休ダミー	中・長距離ダミー
1	I		●	●	●	●	
1'			●	●	●	●	●
2	II, III	●	●		●	●	
2'		●	●		●	●	●

【凡例】●: モデルに使用

に乗じる係数Aは, 大型車・休日の場合, $\alpha_0 + \alpha_{HV} + \alpha_{HD} = -0.100$). 表-4のどのモデルにおいても, 車種×平休×距離区分のすべての組合せに対して, 距離, 所要時間, 料金に乗じる係数は負となる。一方, ロジット感度はすべての組合せに対して正である。これより, 式(1)において, 距離, 所要時間, 料金が高くなるほど, 経路選択確率が小さくなることになる。このことは, 一般的に考えられる傾向と一致しており妥当と考えられる。

図-6は, モデル1, 2において, 対象とする説明変数以外の条件はすべて等しいと仮定した場合の, 2経路間の(a)距離, (b)所要時間, (c)料金の差による経路選択確率の変化(感度)を示したグラフである。図-6(a)では, 2経路間の距離の差が6km程度の場合に, 小型車・平日のドライバーの経路選択確率が100%, すなわちすべての小型車・平日ドライバーが距離の短い経路を選択することを表している。また, 距離差に対する経路選択確率の感度は, 大型車よりも小型車の方が高く, 距離の差に対して経路を変えやすい結果となっている。また, 平日・休日ではほとんど差がみられない。

同様に, 図-6(b)では, 所要時間に5min程度の差があるだけで, 所要時間の短い方の経路の選択確率が100%になることがわかる。車種, 平休による違いはほとんどみられない。また, モデル1とモデル2の違いもわずかであることから, 対象期間による所要時間に対する感度への影響はほとんどないものと考えられる。

図-6(c)の料金については, 100円程度の料金差で, 安い方の経路の選択確率が100%になる結果となっている。また, 大型車より小型車の方が料金に対する感度が高く, 料金に対して経路を変えやすい結果となっている。

上記の結果は, 距離, 所要時間, 料金に対する経路選択確率の感度がやや高すぎるようにもみられ, 今後も蓄積されるデータを用いてさらなる分析が必要である。また, 今回のデータは, 広域な交通情報や渋滞情報が提供されるETC2.0車載器を搭載した車両から収集されているため, 通常車両よりも所要時間等に対する認識が高い可能性もあるので, 今後, 他のデータを用いたアンケート調査などを実施し検証を行うことが望ましい。

また, 大型車(特に商用トラック等)は, 距離や所要時間の短縮や走行料金の削減が営業利益に直結するため,

表-4 パラメータ推定結果

対象期間		I(同一発着・同一料金導入前)				IIおよびIII(同一発着・同一料金導入後)			
モデル名		モデル1		モデル1'		モデル2		モデル2'	
説明変数	パラメータ	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
距離[km]	α_0	—	—	—	—	-0.383	-27.3	-0.303	-2.01
	α_{HV} (大型車)	—	—	—	—	0.0479	6.08	-0.012	-0.807
	α_{HD} (休日)	—	—	—	—	0.235	2.50	0.042	2.13
	α_{lm} (中距離)	—	—	—	—	—	—	0.116	2.05
	α_{ll} (長距離)	—	—	—	—	—	—	0.167	2.02
所要時間 [min]	β_0	-1.18	-3.44	-3.61	-17.8	-0.465	-42.0	-0.173	-2.01
	β_{HV} (大型車)	-0.428	-2.57	-3.25	-5.32	-0.0600	-8.16	-0.041	-19.1
	β_{HD} (休日)	0.379	2.13	0.531	3.61	0.273	2.29	0.039	2.19
	β_{lm} (中距離)	—	—	-1.74	-5.89	—	—	-0.113	-2.07
	β_{ll} (長距離)	—	—	2.51	0.277	—	—	-0.573	-2.19
料金[円]	γ_0	-0.0649	-4.89	-0.170	-18.0	—	—	—	—
	γ_{HV} (大型車)	0.0123	3.12	-0.026	-1.53	—	—	—	—
	γ_{HD} (休日)	0.0168	2.76	0.028	4.90	—	—	—	—
	γ_{lm} (中距離)	—	—	0.071	8.89	—	—	—	—
	γ_{ll} (長距離)	—	—	-0.072	-0.007	—	—	—	—
定数項	δ_0	0.0764	2.89	-0.028	-0.506	0.160	17.2	0.120	2.01
	δ_{HV} (大型車)	-0.142	-1.98	-1.13	-3.27	-0.106	-4.39	-0.048	-2.42
	δ_{HD} (休日)	-0.159	-3.24	-0.520	-6.70	-0.101	-2.70	-0.010	-6.13
	δ_{lm} (中距離)	—	—	0.959	8.14	—	—	-0.107	-2.02
	δ_{ll} (長距離)	—	—	-26.6	-0.031	—	—	-0.312	-2.07
ロジット 感度 [1/min]	θ_0	0.929	3.44	0.282	18.5	1.99	50.4	4.13	2.01
	θ_{HV} (大型車)	-0.226	-2.56	-0.076	-6.22	-0.362	-4.97	-0.443	-2.73
	θ_{HD} (休日)	0.443	1.99	0.026	2.90	2.87	6.40	0.672	2.21
	θ_{lm} (中距離)	—	—	-0.107	-7.50	—	—	-1.48	-2.08
	θ_{ll} (長距離)	—	—	1.37	1.31	—	—	-2.07	-2.06
修正済み尤度比		0.937		0.939		0.949		0.952	
的中率		98.0%		98.0%		98.5%		98.5%	
サンプル 数(トリッ プ数)	合計	855,581				1,989,748			
	短距離	—		756,397		—		1,586,305	
	中距離	—		97,168		—		288,830	
	長距離	—		2,016		—		114,613	

※一変数を考慮しない、斜字有意水準5%を満たさない

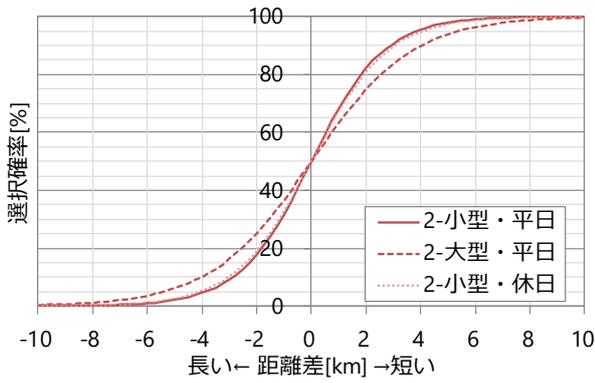
各変数に対する感度が小型車(普通車)に比べて高いものと想定されたが、推定結果では逆の結果となっている。ただし、経路の選択が基本的には100%個人の裁量に委ねられている小型車に比べて、大型車の経路選択には今回の説明変数では表現されていない影響要因(例えば、走行安定性や定時性など)が存在し、その影響により距離、所要時間、料金に対する感度が低い結果となっている可能性もある。推定結果の妥当性について検証するため、商用トラック等の経路選択における意思決定プロセスをヒアリング等により調査し、今回のデータに基づいた分析と併せて実態を明らかにすることが重要である。

(2) 時間価値の比較

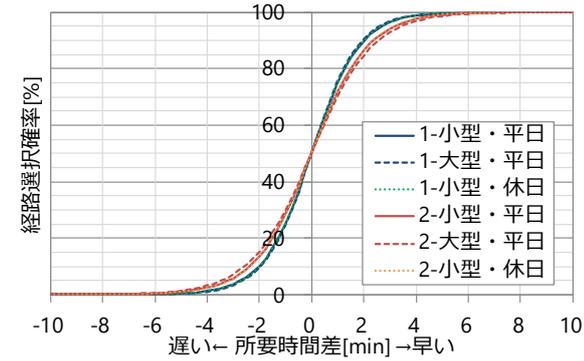
経路選択モデルにおいて、所要時間に係る係数を料金に係る係数で除すことにより、ドライバーの時間価値を求めることができる。ここでいう時間価値は、ドライバーが単位時間あたりの所要時間削減を何円相当と捉えているかを推し量る指標である。

モデル1について、車種・平休別に時間価値を算出すると、小型車・平日で18.2[円/min]、小型車・休日で16.6[円/min]、大型車・平日で30.6[円/min]、大型車・休日で34.3[円/min]である。小型車については、通勤ドライバーの多い平日の方が休日よりも時間価値が高い傾向が、大型車の方が小型車よりも時間価値が高い傾向がそれぞれ反映されていると考えられる。

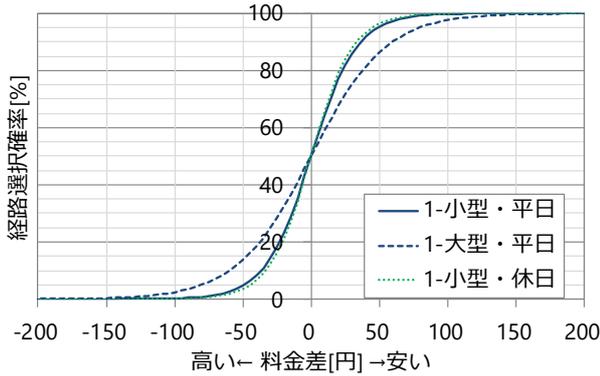
これらの値について、本研究と同じく首都圏高速道路ネットワークのドライバーを対象とした既往研究の経路選択モデルと比較する。力石ら⁹⁾による貨物車ドライバーを対象としたモデルでは、時間価値は45.3[円/min]と推定されている。これは、今回推定された大型車の時間価値とおおよそ近い値である。一方、蔦木ら¹⁰⁾によるモデルでは、車種による違いは考慮されていないものの、時間価値は平日で51.4[円/min]、休日で73.5[円/min]と推定されている。これは、今回推定された時間価値と比べて全体的に高いほか、小型車については平休の時間価値の大関係が逆である。今後さらなる分析が必要である。



(a)距離差に対する感度(モデル2のみ)

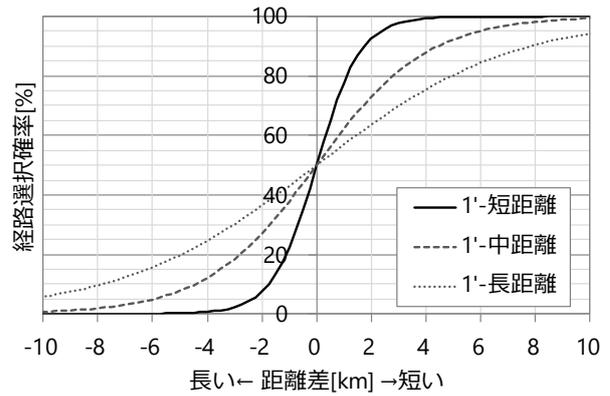


(b)所要時間差に対する感度(モデル1およびモデル2)

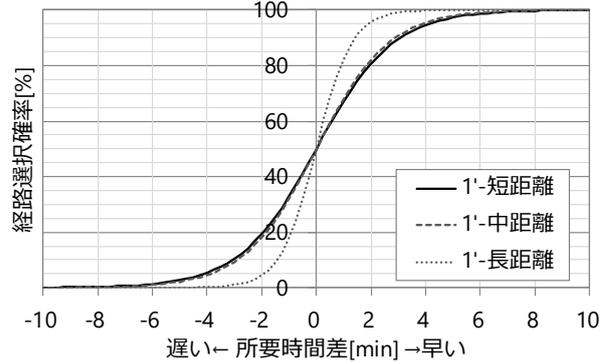


(c)料金差に対する感度(モデル1のみ)

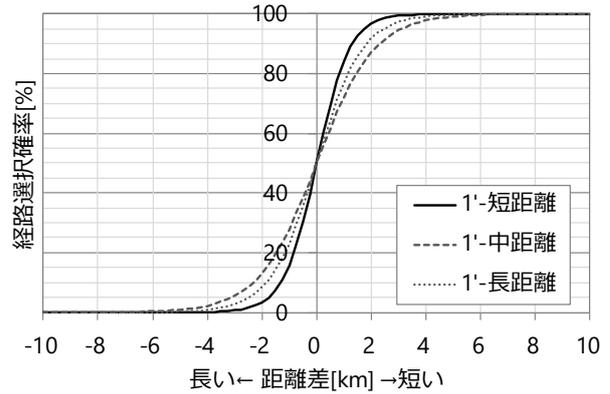
図-6 距離,所要時間,料金差に対する経路選択確率の感度



(a)距離差に対する感度(モデル2')



(b)所要時間差に対する感度(モデル2')



(c)距離差に対応した所要時間差を考慮した感度(モデル2')

図-7 トリップ長の違いによる経路選択確率の感度の違い

(3) トリップ長による各説明変数の感度への影響

トリップ長によるダミー変数(中距離ダミー, 長距離ダミー)を考慮したモデル2'について, 距離, 所要時間の感度の違いを図-7(a)(b)にそれぞれ示す. 図はすべて小型車・平日の場合を例としているが, 短距離・中距離・長距離トリップの相対的な関係は車種, 平休に依らない結果である.

これより, (a)距離差に対しては, 短距離トリップの方が感度が高く, わずかな距離の変化に対して経路を変えやすい傾向がある一方, (b)時間差に対しては, 長距離トリップの方が感度が高い傾向がある. ただし, 図-7(a), (b)では, 対象となる変数以外は変動しないものとして感度の計算を行っているが, 実際には, 渋滞による

影響がない状態では, 距離が短ければ所要時間も短くなる. そのため, 100km/hで走行可能な状態を仮定して, 距離差に対応した所要時間差を計算し, 距離と所要時間の両方を考慮した場合の経路選択確率の感度を図-7(c)に示す. このように, 距離差と所要時間差の両者を考慮すると, 図-7(a)と比べて, 中距離トリップと長距離トリップの感度が逆転する. これは, 距離が長いほど, 所要時間の短縮効果も長く, この効果によるものが大きいと考えられる.

4. おわりに

本稿では, 首都圏高速道路ネットワークを対象に,

ETC2.0プローブ情報を用いて、経路選択モデルの構築を行った。これにより、距離、所要時間、料金による経路選択への影響が、車種および平休の違いとともに確認された。今回の結果では、距離、料金に対する感度は大型車より小型車の方が高い傾向が示された。一方で、所要時間の短縮に対する金銭的価値(時間価値)は、小型車より大型車の方が高い傾向が示された。さらに、距離と所要時間の経路選択確率への感度は、トリップ長によって異なることが確認され、トリップ長が長いほど所要時間の短縮に対する感度が高い傾向が示された。

今回は、モデルの構築にあたり詳細な料金情報を入手できなかったため、同一発着・同一料金導入後のデータを用いたモデルにおいて料金を説明変数とすることができなかった。今後は、料金情報を入手したうえで、同一発着・同一料金導入前後のデータを合わせてパラメータ推定を行い、料金による影響をより正確に把握することが課題である。また、現在も蓄積が進むETC2.0プローブ情報を活用することにより、今回有意とならなかった車種やトリップ長等の影響について精査を行うほか、今回考慮していないトリップの特性(首都圏を通過する経路を取り得るJCTペアか否かなど)も考慮したより詳細な分析が課題である。さらに、経路選択候補となる経路を2経路に限定しているなど、構築手順においてデータの効率的処理を目的とした簡略化を行っている場面があるため、これらの及ぼす影響について精査を行うことが望ましい。

さらに、今回構築した経路選択モデルの妥当性の検証を行うための手法について検討が必要である。経路選択挙動は、全数を観測することが不可能であるため、ETCログデータなどを用いて観測可能な一部のJCTペアについて、所要時間差に応じた経路分担率の検証や、今回推定されたモデルをシミュレーションに適用した際の現況再現精度の検証などを行う予定である。

謝辞：本研究に際して、東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社及び首都高速道路株式会社より、車両感知器情報をご提供頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省社会資本整備審議会道路分科会国土幹線道路部会：高速道路を中心とした「道路を賢く使う取組」の基本方針，2015，<http://www.mlit.go.jp/common/001066982.pdf>, (最終閲覧日2018/7/19).
- 2) 松田奈緒子, 牧野浩志, 吉村仁志, 山田康右, 堀口良太: ETC2.0プローブ情報を活用した環状高速道路の交通状態把握手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.54, 4pages, 2016.
- 3) 後藤梓, 松田奈緒子, 山田康右, 堀口良太, 吉田秀範, 榎真: ETC2.0プローブ情報を活用した環状道路ネットワーク交通状態把握手法によるケーススタディ, 交通工学研究会発表会論文集, Vol.37, pp.409-416, 2017.
- 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) 力石真, 田辺淳, 大口敬: プローブデータを用いた貨物車経路選択行動のモデル分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.53, 6 pages, 2016.
- 6) 蔦木智之, 松實崇博, 森山祥文, 田中啓介, 福田大輔: ETC2.0を活用した首都圏3環状道路ネットワーク整備による自動車走行経路・流動の把握と予測, 土木計画学研究・講演集, No.55, 6pages, 2017.
- 7) 金子法子, 岡英紀, 力石真, 福田大輔: リンク認知を考慮したリンクベース再帰的ロジックモデルによる首都圏経路選択の分析, 第15回ITSシンポジウム2017, 6pages, 2017.
- 8) Fosgerau, M., Frejinger, E., and Karlstorm, A.: A link based network route choice model with unrestricted choice set, Transportation Research Part B, Vol.56, pp.70-80, 2013.
- 9) 東日本高速道路株式会社: ドラぶら「平成28年4月1日(金)0時以降の首都圏の高速道路料金について」, https://www.driveplaza.com/info/detail/syutoken_seamless/fee.html, (最終閲覧日2018/7/19).
- 10) 国土交通省, 東日本高速道路株式会社: 記者発表資料「圏央道茨城県区間(H29.2.26(日)15時開通)», http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000664522.pdf, (最終閲覧日2018/7/19).
- 11) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会: デジタル道路地図データベースとは—データの内容, <http://www.dr.m.jp/database/content.html>, (最終閲覧日2018/7/19).
- 12) 国土交通省: 首都圏の料金体系[現行定価料金(普通車)], http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hw_arikata/chu_matomem01_data04.pdf, (最終閲覧日2018/7/18).

(?)

ESTIMATION OF ROUTE CHOICE MODELS ON THE TOKYO METROPOLITAN EXPRESSWAY NETWORK USING THE ETC2.0 PROBE DATA

Azusa GOTO, Shinji ITSUBO, Yuna MAKI and Yuji IKEDA

In order to evaluate the effect of traffic demand management measures such as travel time information provision and dynamic toll settings based on traffic conditions, it is necessary to understand how drivers react to the change of travel time as well as toll. In this research, drivers route choice behavior was extracted from the ETC2.0 probe data, which contains trajectories of individual probe vehicles. Based on that data, route choice models were developed considering the impact of travel distance, travel time, toll, vehicle type and so on. The result showed that long-distance drivers were more sensitive to the reduction in travel time comparing to the short-distance drivers.