

都市高速道路の通行料金体系多様化による ドライバーの経路変更行動に関する分析

An Analysis of Drivers En-route Route Choice Behavior Under Toll Diversification on Urban Expressway

屋井研究室 98M35192 久保 史生(KUBO ,Fumio)

keywords 経路変更行動、都市高速道路、料金多様化

Dynamic Route Choice Behavior, Urban Expressway, Toll Diversification

1. はじめに

首都高速道路を始めとする大都市内の高速道路では、依然として慢性的な混雑が発生している。これらの問題を比較的短期に緩和する方法として、交通需要を適切にコントロールする方法論がいくつか検討されてきている。例えば、朝の通勤ラッシュ時ではその中心的な存在として、交通量の一部を早期などの比較的混雑の発生していない時間帯へシフトさせるオフピーク通勤の促進方策が考えられてきた。しかし、その効果は利用者側の行動変化に依存し、かつ強制力のない方策であるため、目立った成果は得られていない。

他方では、より強制力のある方策として混雑料金の導入などの経済的インセンティブを与えることも検討され始めている。これは利用者の理解が得られれば、渋滞軽減に対するより効果的な方法であると考えられるが、従来は技術的な困難さにより導入が検討されてこなかった経緯がある。しかし、平成13年度から自動料金収受システム（以下 ETC と略す）の実践配備が開始される予定であり、これが解消される可能性がある。すなわち、トリップの時刻や高速道路の利用 ON/OFF ランプの特定が容易になり、短距離トリップへの割引サービスなどの様々な料金体系が導入される可能性がある。

ETC 導入により、料金だけでなく料金所の通過抵抗も軽減されるが、ここでの過度の容量向上がボトルネックでの渋滞をより過大とする危険性も指摘されている。これに過度の短距離割引や乗り継ぎ料金などを導入すれば、高速道路のボトルネックを回避しようとする車両が、一般道路を経由してこれを回避しようとする試みることが考えられる。その結果、周辺道路にも従来以上の交通負荷を与えることになる。そのため、周辺道路との連関を考慮した料金体系の検討が望まれることになる。

以上の検討にあたっては、ドライバーの経路途上の経路選択行動を表現する必要がある。本研究では、ETC の導入によって生じる料金体系を実行した場合の、ドライバーの経路途上

の経路選択行動を表現するモデルを構築し、これとネットワークシミュレーション手法を組み合わせることにより、都市高速道路の新たな料金体系の導入が高速本線のみならず、周辺街路の交通流に与える影響を分析するツールを基礎的に構築し、より望ましい料金体系のあり方を検討していくことが目的である。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

ドライバーの経路選択行動に関する研究は、近年の交通情報提供システムの進展に伴い、その効果を分析するためのモデルや考え方がいくつか提案されてきた。これらは大別すると、ネットワーク均衡配分の考え方を利用した最適情報提供および最適経路選択行動に関する研究と、利用者の情報提供に対する反応を分析する研究に分けられる。本研究が対象とする経路途上の経路変更行動に関しても、上の流れを受けて、のタイプでは動的配分手法を適用した研究や、では情報提供版の内容がその後の経路変更に関与した影響を分析した研究などがある。なお、本研究では混雑料金のように経路途上で料金に変化することを想定しているが、のアプローチを拡張し料金を事前に課金するシステムを想定しこれが情報提供と同様の効果をもたらすことを分析している。のアプローチは、わが国では導入例がないため、実行データからモデルを作成することが不可能であり、意識データを用いて対応行動の分析を試みた例があるが、より積極的なモデル化は行われていない。また、経路途上の経路変更分析に際しては、経路途上でのドライバーの目的地までの所要時間予測メカニズムを解明する必要がある。これについては室内実験による繰り返し経路選択時の所要時間予測モデルの開発事例があるが、実交通の場合への適用は困難であると思われる。

本研究ではのアプローチに立脚し、利用者意識調査などから、経路の走行履歴や交通情報提供によるドライバーの経路途上での目的地までの所要時間予測プロセスをモデル化し、混雑

料金や乗継料金などが導入された場合の経路変更行動をモデル化することを試みる。構築したモデルは交通ネットワークシミュレーションモデルに組み込まれ、複数の料金体系導入によるネットワーク交通流の変化を分析するためのモジュールとして利用される。

3 本研究における経路途上の経路選択行動モデルの考え方

3.1 経路途上の経路変更行動の枠組み

ドライバーはどのような目的のトリップにおいても、事前(出発前)に目的地までの経路をある程度決定していると考えられる。このとき、途上の経路変更行動は図 3.1 の枠組みで捕らえることが出来ると考える。

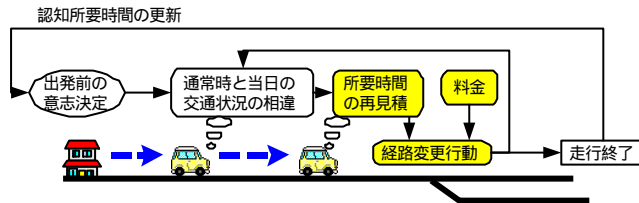


図 3-1 経路変更の枠組み

すなわち、ドライバーが経路変更が可能な地点に到達するまでに、そこまでに遭遇し、獲得した様々な走行状態に関する情報を比較検討し、事前に決定した経路が想定していた走行条件よりも悪化することを認識すれば、代替経路に移るコストを勘案し、経路の変更を試みることになる。本研究では、経路の走行経験が豊富であり、走行条件に関する知識もある程度もっている通勤や業務トリップを分析対象とする。これらは、到着時間制約が存在する 경우가多く、積極的に経路変更を行う可能性は高いと考えられる。

3.2 経路途上の経路選択行動の定式化

前節での経路変更行動の枠組みを踏まえ、ここではそのモデルを定式化する。はじめに、選択可能地点以後の走行条件を表す変数として経路別のドライバーの見積所要時間を考えるが、これはドライバーが事前に持つ(区間またはOD)認知所要時間が、当日の走行履歴、交通情報により逐次更新されるモデルとして表現可能である。本研究では、当日の走行履歴として経路変更地点までの認知所要時間との乖離を、交通情報として出発時情報からの渋滞長の延伸を考える。以下に、事前に高速道路利用を決定しているドライバーが、オフランプ直前で高速道路を継続して利用する経路と、一般道路や一度流出した後

道路を再度利用する代替経路に迂回する経路についての見積所要時間のモデル式型を示す。

$$\tilde{T}_{\text{express}} = a_0 + a_1 \bar{T}_{\text{express}} + a_2 L + a_3 t + \sum d \quad (1)$$

$$\tilde{T}_{\text{arterial}} = b_0 + b_1 \bar{T}_{\text{arterial}} + b_2 L + b_3 t + \sum l \quad (2)$$

ここで $\tilde{T}_{\text{express}}$ は目的地までの高速利用の見積所要時間(min)、 \bar{T}_{express} は高速利用の認知所要時間(min)、 L は渋滞情報の増加距離(km)、 t は経路変更地点までの所要時間と認知所要時間との乖離(min)、 d, l はダミー変数、 a, b はパラメータ、arterialは一般道路のフィックスである。このモデルにより、当日の交通状況により逐次所要時間の見積りを更新する行動を表現することができる。

次に経路変更モデルの定式化を行う。ドライバーは効用最大化理論に基づき、選択可能な地点において逐次経路変更を考えると仮定し、ドライバーの経路選択確率をロジット(BL)モデルにより表現した。首都高を走行するときの効用を、

$$V_{\text{express}} = q_1 \tilde{T}_{\text{express}} + q_2 C_{\text{express}} + q_3 \bar{C}_{\text{express}} + \sum x \quad (3)$$

と表現し、一般道に迂回するときの効用を、

$$V_{\text{arterial}} = q_1 \tilde{T}_{\text{arterial}} + q_2 C_{\text{arterial}} + q_3 \bar{C}_{\text{arterial}} + \sum g \quad (4)$$

とする。ここで、 C は経路の料金、 \bar{C} は混雑料金の場合の料金幅、 q はパラメータ、 x, g はダミー変数である。

このとき首都高を走行する確率 P_{express} は、

$$P_{\text{express}} = 1 / (1 + \exp(V_{\text{arterial}} - V_{\text{express}})) \quad (5)$$

で与えられる。すなわち、この経路変更モデルでは、混雑料金導入時の料金不確実性も考慮することができる構造となっている。

4 経路変更行動分析のシミュレーションシステムの検討

4.1 意識調査による経路変更モデルの推定

3で構築した見積所要時間モデルと経路変更モデルのパラメータを、意識調査データを用いて推定することを試みる。表 4-1 に意識調査の概要を示す。

表 4-1 調査実施概要

調査時期	1999年12月～2000年1月
調査場所	千葉県葉道路鬼高PA、東関東自動車道幕張PA
調査方式	直接記入ヒアリング方式(一部アンケート)
サンプル数	所要時間項目78(104)経路選択項目44(115)

意識調査は直接記入ヒアリング方式で行っている。その理由としてはアンケート用紙による調査では設問内容の意図が正しく伝わらない可能性があり、その場で回答者の理解を修正することでデータの信頼性を高めることができるためである。

本研究ではドライバーの持つ認知所要時間の存在を前提としているため、完全に仮想的な質問の設定は行えない。したがって、実際に存在する経路を提示し回答者の区間ごとの認知所要時間を尋ねた上で、仮想的な交通状況の変化を与えて見積所要時間を回答する調査とした。一方、経路選択項目は、迂回路の時間短縮分に対して一度首都高を降りて2度目に乗るときの料金支払意志額を問う設問と、2度目の料金に幅を持たせて提示した上で、迂回経路の希望短縮時間を問う2つの方法で調査を行った。その概要を図4-1に示す。

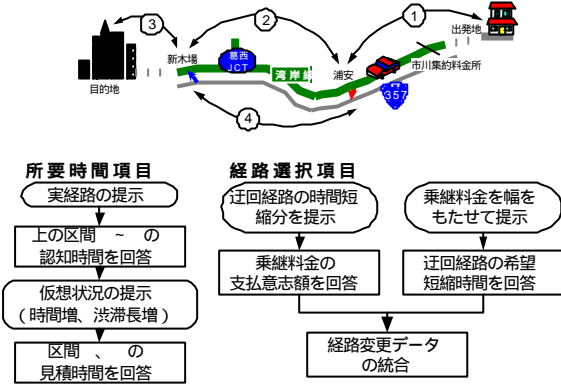


図 4-1 意識調査方法

モデルの推定結果を表4.2に示す。見積所要時間モデルでは、首都高に比べて一般道の認知所要時間のパラメータ値が小さいが、これは代替の一般道に関する知識が首都高と比較して少ないためであると考えられる。その他、一般道では首都高の渋滞延伸による見積所要時間の増加をほとんど見込んでいないこと、選択地点までの所要時間の増加が一般道の見積所要時間の増加に大きな影響を及ぼすことが見て取れる。

表 4-2 パラメータ推定結果

	見積所要時間モデル		経路変更モデル		変数	推定値		値
	一般道	首都高	一般道	首都高		所要時間	通行料金	
認知所要時間	0.42	2.93	0.80	3.78	所要時間	-0.0199	-2.39	
渋滞増	0.34	2.10	7.38	3.63	通行料金	-0.0012	-1.90	
時間増加率	5.83	3.16	0.60	3.53	料金の幅	-0.0067	-3.08	
走行頻度	-12.47	2.06	-6.80	0.99	年齢	0.1009	0.41	
時間制約	18.10	3.53	24.62	4.36	走行頻度	0.0339	0.13	
全トリップ時間	-3.14	0.38	-17.85	1.97	料金負担	-0.0091	-0.03	
年齢	15.90	2.74	9.20	1.53	的中率		62.7	
定数項	4.34	0.39	-5.46	0.49				
重相関係数	0.657		0.711					

経路変更モデルでは、ダミー変数のt値が低い符号条件の解釈が可能な年齢、走行頻度、料金負担についてはそのまま記載した。所要時間のパラメータを料金のパラメータで除した時間価値は16.6円であり、通常の出発前経路選択モデルよりは小さくなっているが、現状では一般道への迂回に対する抵抗が大き

く、時間短縮に対する支払意志額が小さかったことが影響していると考えられる。また、料金幅に対する感度が高く、過大に不確実性の高い料金の導入は困難であることを示唆している。

4-2 ネットワークシミュレーションシステムの構築

次に前節の見積所要時間モデルと経路変更モデルを組み込むためのネットワークシミュレーションシステムを構築する。ここでは対象として、首都高湾岸線とこれに平行する国道357号線とする。ネットワークの概要は図4-2に示す。



図 4-2 分析対象ネットワーク

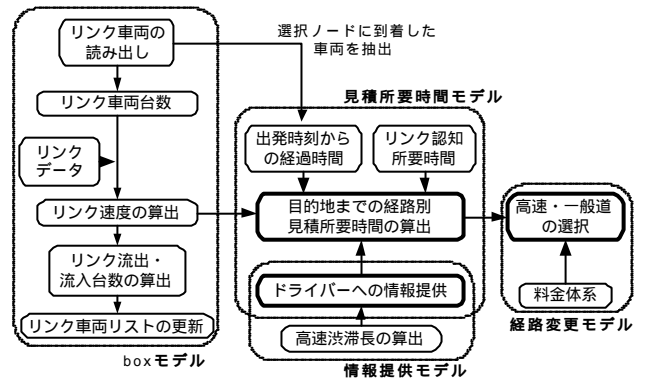


図 4-3 シミュレーションモデル構成フロー

構築するシミュレーションシステムは、ネットワーク交通流の時間変化について、リンク存在車両数を基に交通量の流入を表現するBoxモデルをベースにして、これにリンクに存在する車両の属性を与えることが可能な仕組みとなっている。ネットワーク中の選択可能ノードに到達した車両は、その属性に応じて経路選択を行うことになる。これらのモデルの連関を図4.3に示すが、ドライバーが当日の走行履歴と与えられる交通情報を評価し経路選択を行い、これらのデータがBoxモデルによるネットワーク交通流の計算から提供されていることが見て取れる。

本研究では、料金体系が一般道も含めたネットワーク全体としての効果を分析することが目的であるため、構築するシミュ

レーションシステムの評価指標として、一般道路と高速道路の総走行時間値や総渋滞時間値などの集計指標値と、分流ノードにおける分流比などの局所的指標値を考える。

5. 料金体系の多様化の影響分析～首都高湾岸線を例に

5.1 対象とする料金体系

本研究では、ETCの導入を想定して具体的に以下の料金体系を考える。

- 1) 対距離料金制度
- 2) 乗り継ぎ料金制度
- 3) 時間帯もしくは混雑料金制度
- 4) 利用回数割引制度

1でも述べたとおり、以上のような料金体系の変更や多様化により、首都高の渋滞が緩和されたとしても、一般道が逆に混雑し沿道住民の生活環境に悪影響を与えることは避けなければならない。以下の分析では、この考えからネットワーク全体としての望ましい料金体系を議論する必要がある。

5.2 分析結果～乗り継ぎ料金を例に

紙面制約の都合上、以下では乗り継ぎ料金制度を対象として、これがネットワーク交通流にどのような影響を及ぼすかについて分析した。現行の首都高の料金制度は均一であり、渋滞回避のために一般道へ迂回する行動はほとんどないが、乗り継ぎ料金よりこのような行動が顕著となる可能性がある。

ここでは、乗継料金が700円のケース(現行の料金)と500円の2つのケースを想定して分析する。始めに、対象ネットワーク全体で時間帯別に総走行時間がどのように変化するか分析した。その結果を図5-1に示すが、8:30で乗り継ぎ料金が700円の時に総走行時間が小さくなっているが、それ以外では乗り継ぎ料金が500円の時の方が全ネットワークで総走行時間が短くなっていることが見て取れる。すなわち、2度目の料金を割安にすることにより、混雑区間を避けて交通量が一般道と首都高に適切に分散されたため、全体的に総走行時間が短縮されるという結果となった。

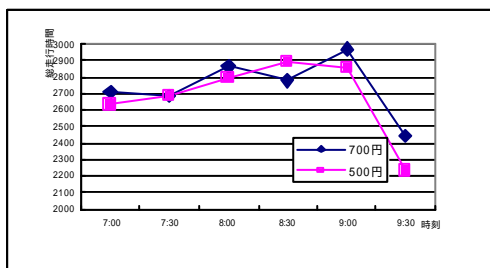


図 5-1

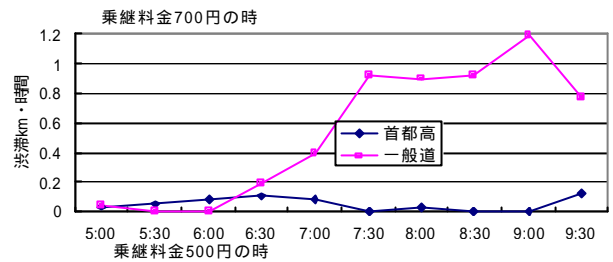


図 5-2

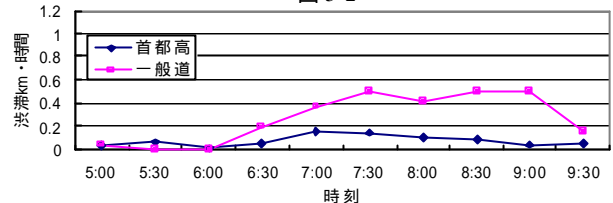


図 5-3

次に新木場ゾーンに着目して、首都高、一般道それぞれの総走行時間の時間的変化を追ってみる。

上の図5-2は乗継料金が700円、5-3は500円の時の新木場ゾーンの一般道、首都高の渋滞がどれくらい変化するかということを表している。乗継料金を200円割引引くことによって、一般道の渋滞を大幅に削減できることを示している。

6. 結論

本研究の結論は以下の通りである。

-ドライバーの経路途上の経路変更行動を考察し、意識調査を用いてそのモデルを構築した。

-ネットワークシミュレーションを適用して、都市高速道路の料金体系の変更がネットワーク交通流に及ぼす影響を考察した。

【参考文献】

- 1) 宇野伸宏 飯田恭敬・久保篤史 旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動に関する実験分析, 土木計画学研究 論文集 No.14,1997
- 2) 太田勝久 小林潔司 安野貴人: 混雑料金の経路交通需要に及ぼす情報効果に関する研究, 土木計画学研究 講演集 No.20(2),1997
- 3) 秋山孝正 安田孝司 橋本州: 都市高速道路乗り継ぎシステムによる緊急時交通管理についての検討, 第19回交通工学研究発表会論文報告集,1999
- 4) 近藤勝直 木村征爾 都市高速道路における車種区分 車種別料金比率の再検討, 土木計画学研究 講演集, No.22(2),1999