

都市高速道路料金の変更が交通流に及ぼす影響の分析手法の開発*

A Study on the Analysis System of Traffic Flow Considering Toll Change of Urban Expressway*

清水 哲夫**・屋井 鉄雄***

By Tetsuo SHIMIZU**, Tetsuo YAI***

1. はじめに

平成13年3月末に、日本においても自動料金収受システム(Electronic Toll Collection System: ETC)がサービスを開始した。ETCは主として、高速道路のボトルネックとなっている料金所の渋滞緩和が主目的であることは論を待たない。

現時点では、ETCを利用するためにドライバーが車載器を購入(平成13年7月現在で約3万円)しなければならない。すなわち、料金所の通過所要時間が利用者の購入による普及に依存していることになる。例えば、都市高速道路の代表である首都高速道路を考えると、料金支払いの多くは回数券で行われており、これらがETCに転換しても、利用者、料金所レベルでの通過時間短縮効果はさほど大きくない。また、集約料金所を除く、大多数のオンランプ料金所ではブース数が2~3程度と少なく、普及の初期段階では、ETC専用ブースを設置することが困難である。さらに、普及がある程度進めば、ETCを持たない車両の通過所要時間も短縮される可能性が高い。以上のことから、利用者がETCを利用するメリットは、料金所の通過抵抗軽減の観点からは、感じにくい状況にあると言わざるを得ず、ETCの普及が進まないことが懸念される。

ETCを幅広く普及させることは、それがもたらす諸効果(渋滞軽減、環境改善など)を鑑みれば、社会的に必要であろう。そのための一方策として、高速道路の通行料金の変更を検討する。都市高速道路の現行の料金は一部の例外を除いて均一であり、多

頻度の利用者は回数券などの割引サービスが存在する。ETCにより、例えば時間帯別料金や従量料金など、システムの特性を生かした料金設定が可能となるが、これが利用者の利用形態とマッチすれば、ETCへの転換が進むと考えられる。

このように、ETCの普及に料金設定の役割は大きいと考えられる。しかし、一方では、このような料金下での利用者行動変化により、さらなる渋滞の激化や混雑地点の移転といった悪影響が生じてはならない。そのためには、料金システムの変化がドライバーの交通行動、ネットワーク交通流に及ぼす影響を分析する必要がある。料金の影響をシミュレーションで分析している事例はあるが、行動モデルとの対応はなされていない¹⁾。本研究では、ETCにより将来的に実施可能と想定されるいくつかの料金が、ドライバーの都市高速道路利用形態に与える影響を分析するためのシステム開発が目的である。

2. 本研究で対象とする都市高速道路料金

表-1に、ETC導入により導入が可能となる料金体系を整理した。ETCにより均一料金から脱却し、利用の状況に応じて料金がフレキシブルに課金することを目指した場合、様々な形で料金が差別化されることになるが、これらは概ね、空間・時間・混雑・利用の4つの差別化概念にまとめられる。これら料金は、(1)ボトルネックに流入する交通量を調整する、(2)低利用区間・時間の利用を促進する、ことが目標となる。

本研究では表-1の時間帯別料金、乗継料金、距離帯別料金を取り上げる。なお、システム構築に当たり、分析対象時間は通勤トリップの多い5時30分~9時30分、分析対象地区は首都高速湾岸線西行きと並行する国道357号線とする(図-1)。

*キーワード: ITS, TDM, 交通流, 交通管理

**正員、工修、東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻

(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, TEL: 03-5841-6129, FAX: 03-5841-7453, E-mail: sim@planner.tu-tokyo.ac.jp)

***正員、工博、東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻

表-1 ETCにより導入可能な料金とその効果

料金種別		主な効果
空間による差別化	距離帯別料金	短距離トリップの利用促進
	ゾーン別料金	混雑地区の利用軽減、非混雑地区の利用促進
	乗継料金	ボトルネック回避行動の促進
時間による差別化	時間帯別料金	非混雑時間帯への利用の誘導
	閑散期割引	閑散期の利用促進
混雑による差別化	混雑料金	混雑時の利用制限
利用による差別化	回数割引	他頻度利用層のさらなる利用促進

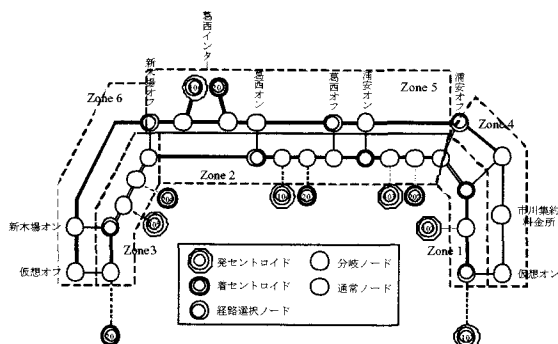


図-1 分析対象ネットワークの概要

表-2 流入時刻経路選択モデルの推定結果

変数	パラメータ	t値
所要時間(分)	-0.0248	-0.488
余裕時間(分)	-0.0214	-11.9
遅刻時間(分)	-0.0427	-3.75
首都高料金(円)	-0.00280	-9.74
自己負担者ダミー(自己負担者=1)	0.363	1.57
低頻度利用者ダミー(週1回以下=1)	0.567	2.41
年配者ダミー(50才以上=1)	0.959	3.84
高収入者ダミー(1,000万円以上=1)	-0.521	-1.76
定数項(一般道路選択ダミー)	-3.43	-7.15
尤度比	0.143	
的中率(%)	33.0	
サンプル数	521	

3. 都市高速道路の利用時刻選択および経路変更モデルの構築

(1) 都市高速道路の予定経路・利用時刻選択モデル

時間帯別料金が実施された場合、通行料金が安い時間帯への利用のシフトを促進することになる。その行動を表現するためのモデルは、Shimizu and Yaiの首都高流入時刻選択モデル²⁾を用いる。これは、通勤ドライバーが首都高の利用時刻を30分単位に区切られた複数の時刻帯と、一般道路を利用する選択肢の中から最も効用の大きいものを選択する離散選択ロジットモデルである。モデル構築の詳細は

文献2)に譲り、ここでは効用関数のパラメータ表のみを示す(表-2)。なお、余裕時間とは目的地の到着時刻から始業時刻などの必着時刻までの時間を指し、これが負の場合には遅刻時間となる。

なお、選択の対象となる

時刻帯は5時30分～9時30分までの9つとする。

出発前の経路選択については、“極力高速道路を利用する”か“一般道路を利用する”かの2肢選択を表現すればよいと考える。しかし、上記モデルでは一般道路利用を決定した後に出発時刻を決定できない。そこで、一般道路利用を決定した場合には、表-2の所要時間、余裕時間、遅刻時間だけで時刻帯別の効用を計算し、最大の効用を与える時刻帯を選択するモデルとする。

(2) 出発後の経路変更モデル

a) 途上での経路変更の枠組み

本研究では、ドライバーはどのような目的地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決定し、その途上のノードで当日および過去の交通状況を勘案して経路を変更すると想定する。そのトリガーとして、①出発地からノードまでの所要時間と認知所要時間の相違、②途上での交通情報、③通行料金を考える。

b) モデルの定式化

以上の経路変更の枠組みを踏まえ、ここではモデルの定式化を行う。経路変更行動は「予定経路を選択するか」と「その代替経路を選択するか」の選択行動で表現できる。そのための説明要因として前節で考察した見積所要時間、通行料金に加え、個人属性やトリップ目的などが考えられる。見積所要時間は交通情報や当日並びに過去の走行経験で表現される。以下、経路変更モデルと見積所要時間モデルの定式化を行う。

経路変更モデルは、予定経路の途上において、予定経路とその代表代替経路の2肢選択ロジットモデルで表現する。その式型を以下に示す。

表-3 経路変更モデルの推定結果

説明変数	パラメータ	t 値
見積所要時間(分)	-0.0199	-2.39
通行料金(円)	-0.0012	-1.90
(混雑料金時料金の幅 (円))	-0.0067	-3.08
年齢ダミー (40歳未満=1)	0.101	0.41
走行頻度ダミー(週 2回以上=1)	0.0339	0.13
料金負担ダミー (自己負担=1)	-0.0091	-0.03
尤度比	0.123	
的中率(%)	62.7	
サンプル数	230	

表-4 見積所要時間モデルの推定結果

説明変数(首都高モデル)	パラメータ	t 値
認知所要時間(ノード～目的地)	0.80	3.78
所要時間増加率(出発地～ノード)	0.60	3.63
直前情報板からの渋滞増加量 (km)	7.38	3.53
走行頻度ダミー (週2回以上=1)	-6.80	0.99
到着時刻制約ダミー(有 =1)	24.62	4.36
年齢ダミー (40歳未満=1)	9.20	1.53
定数項	-5.46	0.49
重相関係数	0.711	

説明変数(一般道モデル)	パラメータ	t 値
認知所要時間(ノード～目的地)	0.42	2.93
所要時間増加率(出発地～ノード)	5.83	2.10
直前情報板からの渋滞増加量 (km)	0.34	3.16
走行頻度ダミー (週2回以上=1)	-12.47	2.06
到着時刻制約ダミー(有 =1)	18.10	3.53
年齢ダミー (40歳未満=1)	15.90	2.74
定数項	4.34	0.39
重相関係数	0.657	

$$P_{chg} = 1 / (1 + \exp(V_{pla} - V_{chg})) \quad (1)$$

$$V_{chg} = \theta_1 \tilde{T}_{chg} + \theta_2 C_{chg} + \theta_3 \tilde{C}_{chg} + \delta \quad (2)$$

$$V_{pla} = \theta_1 \tilde{T}_{pla} + \theta_2 C_{pla} + \theta_3 \tilde{C}_{pla} \quad (3)$$

ここで、サフィックス chg は経路変更を行う場合、 pla は予定経路を選択する場合を表し、 P は選択確率、 $\tilde{T}$ は見積所要時間、 C は通行料金、 $\tilde{C}$ は(見積)通行料金の幅(混雑料金の場合)、 δ はダミー変数、定数項などの総称、 θ はパラメータである。なお、経路変更時には多くの代替経路を想起することは困難であり、モデルは2肢選択で十分であると考える。

次に見積所要時間モデルを以下に示す。

$$\tilde{T}_{chg} = \alpha_0 + \alpha_1 \tilde{T}_{chg} + \alpha_2 (\tilde{T}_{pla} - \tilde{\tilde{T}}_{pla}) + \alpha_3 I_{chg} \quad (4)$$

$$\tilde{T}_{pla} = \beta_0 + \beta_1 \tilde{T}_{pla} + \beta_2 (\tilde{T}_{pla} - \tilde{\tilde{T}}_{pla}) + \beta_3 I_{pla} \quad (5)$$

ここで、 $\tilde{T}$ は予定経路途中ノードから目的地までの

認知所要時間、 $\tilde{\tilde{T}}$ は出発地からノードまでの実所要時間、 $\tilde{\tilde{T}}$ は出発地からノードまでの認知所要時間、 I は交通情報提供による前選択可能ノードからノードまでの渋滞長の増分、 α, β はパラメータである。以上のモデルの推定を、意識調査(乗継料金や混雑料金が課される場合の迂回の選好を尋ねたもの)結果を用いて行った。結果を表-3および表-4に示す。ダミー変数の t 値が低いものの符号条件の解釈が可能であった年齢、走行頻度、自己料金負担の有無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評価値は16.6円であり、通常の(出発前)経路選択モデルのそれよりは小さくなっているが、現状では首都高から一般道へ迂回することに対する抵抗感が大きく、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、乗継料金の幅の t 値が比較的大きいが、過大に不確実性の高い混雑料金の導入は利用者の経路変更を妨げる要因となることが示唆される。

4. ネットワークシミュレーションによる料金体系の評価システムの構築

本研究では、図-2に示すフローに従って、図-1のネットワークにおける交通流のシミュレーションを行う。始めに予定経路および出発時刻(流入時刻)を計算し、これをフローモデルへの入力データとする。その後、ネットワークの経路選択ノードに到達した車両は経路変更モデルに従って変更の有無を決定しながら目的地へ進行する。ここで用いたフローモデルは、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型のフローモデルを、リンクに存在する車両の属性を参照することが可能となるように改良している²⁾。なお、認知所要時間が入力となり、実所要時間が出力となるため、これらがほぼ一致する認知所要時間が必要となり、これが十分に一致するまで認知所要時間の更新を行うが、3回程度の繰り返し計算で収束状態を達成できている。

本システムの出力としては、ゾーン別・時刻帯別の渋滞時間距離や総走行時間、特定のオフランプ・オンランプにおける流入流出台数といったマクロ

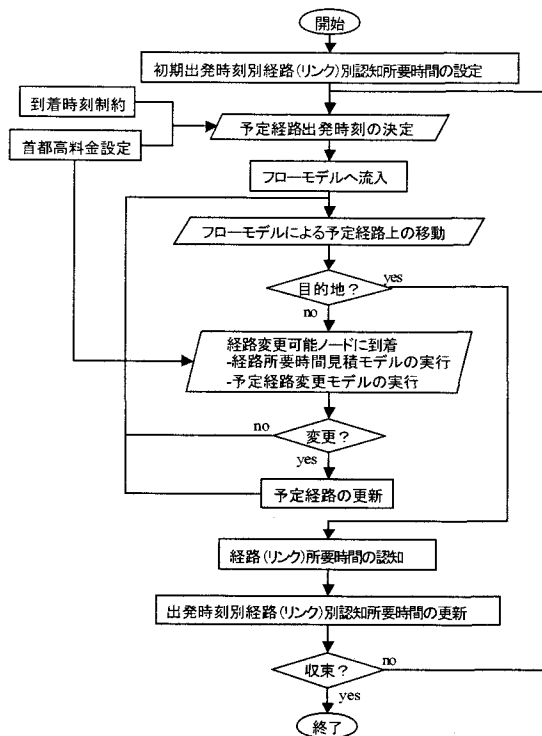


図-2 ネットワークシミュレーションのフロー

表-5 試算の対象とした料金

料金	内容
A	午前6時以前は500円に割引
B	Aに加え、午後6時以降は800円に割増
C	乗り継ぎの場合は500円に割引
D	乗り継ぎの場合は300円に割引

指標だけでなく、各ドライバーの走行軌跡を追跡することも可能である。

5. 分析結果

構築した分析システムで、表-5の料金設定による交通流に及ぼす影響を試算した。分析対象地区では、葛西インター付近から渋滞が延伸するが、CおよびDの料金により、浦安から流出して新木場から流入する行動を促進すると考えられる。この場合、Zone5の渋滞を軽減できる代わりに、Zone2の渋滞が激化する恐れがある。

表-6にZone2と5の渋滞時間距離を示す。時間帯別料金の効果については、想定通り、Bのピーク時間帯の渋滞緩和効果が大きい結果となっている。乗継料金については、Zone5において若干の渋滞緩和効

表-6 渋滞時間距離 (kmh)の結果

Zone 2	通常	A	B	C	D
5:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8:00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00
8:30	0.68	0.61	0.46	0.59	0.52
9:00	1.26	1.28	0.79	1.21	1.28

Zone 5	通常	A	B	C	D
5:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7:30	0.06	0.14	0.03	0.10	0.08
8:00	2.03	2.19	1.23	2.03	2.00
8:30	3.42	3.39	3.40	3.34	3.34
9:00	3.50	3.48	3.49	3.50	3.49

表-7 浦安オフの流出台数通常時との比)

	C	D
5:30	0.768	0.754
6:00	1.149	1.128
6:30	0.895	0.874
7:00	1.113	0.983
7:30	0.928	0.939
8:00	0.977	0.872
8:30	1.057	1.201
9:00	1.049	1.063

果が見られ、Zone2についても渋滞の激化が生じていないことが見て取れる。渋滞距離が延びている8時以降には浦安オフからの流出台数が増加しており(表-7)、ボトルネック回避行動を促進させていることになる。

6. おわりに

本稿では、都市高速道路の料金変化がドライバーの行動および交通流に及ぼす影響を分析するシステムを開発し、首都高湾岸線を対象にいくつかの基本的な試算を行った。今後は各モデルの精緻化、ネットワーク規模の拡大が課題である。本研究は「首都高速道路の料金体系に関する調査研究委員会」による研究に基づいている。関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 秋山孝正, 五井直輝, 小川圭一: 渋滞シミュレーションを用いた混雑料金に関する実証的分析, 土木計画学研究・論文集 No.16, pp.1009-1016, 1999.
- 2) Shimizu, T. and Yai, T.: An Analysis of the Effect on Peak Period Toll in Tokyo Metropolitan Expressway, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 3, No.5, pp.305-318, 1999.