

# 時間帯別料金制実施による道路利用時刻シフト効果\*

An Analysis of the Effect of Time-of-Day Toll Discount Schemes using the Revealed Preference Data \*

西内裕晶\*\*・桑原雅夫\*\*\*

By Hiroaki NISHIUCHI\*\*・Masao KUWAHARA\*\*\*

## 1. はじめに

平成 19 年 6 月 17 日現在、首都高速道路における ETC 利用率は週平均 75.9%に達しており、今後もさらに普及していくことが期待されている。ETC 利用トリップの増加は、時間帯別、距離別などきめ細かな弾力的料金の設定を可能とし、混雑緩和等を実現する料金の設定が期待されている。弾力的料金の設定の例として首都高速道路では、ETC 利用者に対する曜日別時間帯別割引、特定料金区間などの料金割引施策が実施されている<sup>1)</sup>。

弾力的料金設定の主目的は、渋滞時の交通需要を空間的・時間的に分散させることにある。高速道路における空間的需要分散の実施例として、例えば料金割引によって利用者を一般道路から高速道路に転換させ、沿道の環境改善や一般道路の混雑緩和を図られている<sup>2)</sup>。一方の時間的需要分散では、混雑時間帯の高速道路利用者をオフピークの利用にシフトさせることによって渋滞緩和を狙うもの<sup>3)</sup>が挙げられる。このような試みは、すでに各地で実施されている。しかしながら、利用者個人のデータ獲得に手間を要すとの理由から、評価の多くが断面交通量や時間帯別のオンランプ交通量といった集計量に着目した分析にとどまっており、利用者個人の行動変化に着目した分析は少ない。また、利用者個人の行動分析を行うことは、首都高速道路(株)で促進されているリアルタイムシミュレーションの開発にも貢献できるものと考えられる。

そこで本研究では、首都高速道路夜間割引社会実験に着目し、多量のデータ獲得が可能な ETC-OD データを用いて時間帯別割引料金実施が道路利用者の高速道路利用時刻に与える影響を分析する。

## 2. 既存の研究

需要分散を目的とした料金施策は、ロンドン中心部で

\*キーワード:

ETC-ODデータ、時間帯別料金施策、利用時刻変更

\*\*学生員、工修、東京大学大学院社会基盤学専攻

(東京都目黒区駒場4-6-1-Cw504、TEL03-5452-6419、E-mail nishiuch@iis.u-tokyo.ac.jp)

\*\*\*正員、Ph.D、東京大学国際産学協同研究センター

のエリアプライシング<sup>4)</sup>、シンガポールにおける Electronic Road Pricing<sup>5)</sup>、カリフォルニア SR 91 の Value-Pricing Express lane<sup>6)</sup>など世界各地で実施されており、それぞれ需要分散効果があることが報告されている。

日本でも高速道路における料金施策は既にいくつか実施されているが、日本の料金施策は道路利用者に対して課金をするのではなく、通行料金を割引くことにより交通需要の分散を図っている。例えば嶋田ら<sup>2)</sup>は、一般国道と平行している高速自動車国道のETC利用者に対する時間帯料金割引について3地域の事例を挙げ、車両感知器データを用いて事前事後の交通量の変化から割引施策の評価を行い、一般国道の交通状況の改善について確認している。このような地方都市における割引施策のほとんどは一般道路から比較的容量に余力のある高速道路への需要の空間的な分散を促すものである。時間的な分散を図った事例として長谷川ら<sup>3)</sup>は、首都高速道路夜間割引社会実験について施策評価を行い、割引期間中の割引時間帯(22時から翌朝6時)におけるETC利用交通量が夜間割引を実施しない場合に想定される交通量を上回ったことを確認している。しかしながら、これらの施策評価は車両感知器データなど集計的なデータを用いて検証されたものである。集計データには、景気拡大などの需要変動要因が含まれており、個人の行動変化のみを分離して評価することはできない。一方、個人の行動変化に着目した研究成果として、古川ら<sup>7)</sup>は通勤目的で日常的に阪神高速道路を利用する利用者を対象に時間帯別料金割引実験<sup>8)</sup>を実施し、数百円の割引によって20分程度までの出発時刻変更を促すことが可能であることを報告している。

需要の分散による渋滞緩和効果については、味沢ら<sup>9)</sup>が東京都南西部の道路ネットワークを対象に、交通シミュレーションを用いて渋滞緩和効果を検証しており、特に、利用者が出発時間調整することが渋滞緩和効果に大きく貢献する可能性を示している。

そこで本研究では、首都高速道路夜間割引社会実験の実施に伴うETC利用者の行動変化に着目し、料金割引施策の高速道路利用時刻シフト効果について実証的に分析する。

表 1 . 夜間割引東京線の割引率 [%]

時間帯		22:00- 22:59	23:00- 23:59	00:00- 00:59	01:00- 01:59	02:00- 02:59	03:00- 03:59	04:00- 04:59	05:00- 05:59
割引率 (%)	第一期	5	10	20	34			20	10
	第二期	10	20			10			

3 . ETC-ODデータ

本研究で用いる首都高速道路 ETC-OD データは、料金收受のために記録された ETC 利用者の情報であり、ETC 車載器を搭載した車両がオンランプや本線料金所に設置されている ETC ガントリーを通過した際に記録されたものである。データに含まれる情報は、 )利用者 ID、 )利用日時、 )利用オンランプ、 )車種である。

このうち、利用者 ID は各 ETC 利用者にランダムに割り当てられる。そのため、同情報から個人を特定することは不可能であるが、一旦 ETC 利用者に与えられた ID が変化しないことから、この情報を元に各利用者の日々の行動を継続的に追いかけることが可能である。以下、オンランプおよび本線料金所に設置の ETC ゲート通過日時、オンランプまたは本線料金所名および普通・大型貨物車、普通車、タクシー、バスなど車種情報が記録されている。

4 . 本研究の分析対象

(1) 分析対象期間と夜間割引実施時の割引率

分析には、2004 年 10 月を除く 2003 年 10 月から 2004 年 12 月末までの 14 ヶ月間の平日データを用いる。同期間中には、第一期 (2003 年 11 月 28 日~2004 年 3 月 31 日) と第二期 (2004 年 4 月 25 日~2004 年 12 月 31 日) に夜間割引が実施された。

各期の割引率を表 1 に示す。割引率は、時間帯に応じて段階的に変化し、いずれの割引期間も割引開始時刻直後と割引終了時刻直前の割引率が低く設定されている。

(2) 分析対象路線

夜間割引は、首都高速道路全域で実施されたものであるが、本研究では首都高速道路 3 号渋谷線入りランプ (用賀本線, 三軒茶屋, 渋谷, 高樹町) を利用した ETC 利用者について分析を行う。

(3) 分析対象 ETC 利用者

ETC-OD データに含まれる利用者は、以下の 2 種類に分類される。

- a) 夜間割引実施以前から ETC を装備
- b) 夜間割引実施後に ETC を装備

このうち、b) に属する利用者データには、同利用者の

夜間割引実施前の行動データが含まれない。そこで、これを分析対象から除外し、夜間割引実施前後の行動変化を見ることが可能なデータ a) のみ利用する。また、利用者は普通車・大型車の車種別ならびに下記基準に基づく低頻度利用者・高頻度利用者に分類して分析を行う。

**低頻度**：割引実施前 (2003 年 10 月, 11 月) に 3 号渋谷線上りを 1 回以上利用した ETC 利用者

**高頻度**：2003 年 10 月から 2004 年 12 月の間 (2004 年 10 月を除く) に 3 号渋谷線上りを毎月 1 回以上利用した ETC 利用者

5 . 夜間割引効果分析

(1) 分析対象 ETC 利用者数とトリップ数

分析対象としたグループ別利用者数を表 2 に示す。

表 2 . 対象となった ETC 利用者数

車種	頻度	利用者数(人)
普通車	高頻度	5,310
	低頻度	13,904
大型車	高頻度	1,450
	低頻度	4,469
合計		25,133

図 1 には各属性別の月別平均日トリップ数を示す。なお、図中の数字は、2003 年 11 月と 2004 年 11 月の平均日トリップ数を属性別に示している。図より、普通車高頻度利用者の平均トリップ数がわずかではあるものの増加していることがわかる。このことは、割引によって普通車高頻度利用者の利用回数を増加させている可能性があることを示唆するものである。

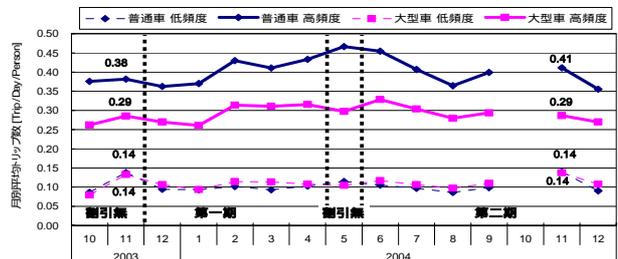


図 1 . 属性別月別平均日トリップ数

(2) 月別夜間割引利用率の推移

図 2 には、各属性別の月別割引時間帯利用率の推移を示す。図より、大型車の利用率が普通車よりも高い値で推移していることが分かる。これは首都高速道路の夜間において大型車混入率が高いことを反映しているものと

考えられる。

また、第一期と第二期で平均利用率を比較すると、全ての属性で若干ではあるものの、第二期が第一期を上回っていることが確認できる（表3参照）。このことから、時間帯割引の実施によって高速道路利用者の道路利用時刻がシフトしている可能性があることが示された。

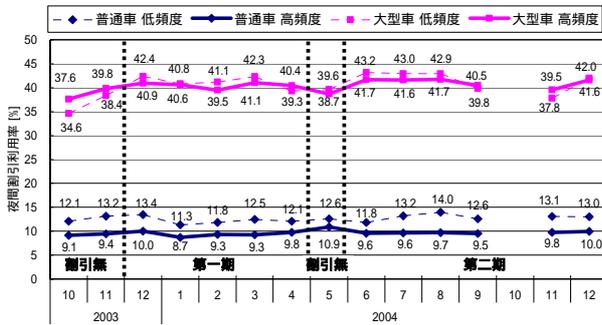


図2. 利用者属性別月別夜間割引利用率

表3. 割引期間中の平均割引時間帯利用率 [%]

車種	頻度	第一期	第二期
普通車	高頻度	12.2	12.9
	低頻度	9.4	9.7
大型車	高頻度	41.2	41.4
	低頻度	40.5	41.1

### (3) 時間帯別利用状況の比較

#### a) 時間帯別利用頻度の前後比較

時間帯別利用頻度については、式(1)で割引実施前(2003年11月)を、式(2)で割引実施後(2004年11月)について計算した。結果を図3から図6に全属性別について示す。

図より、普通車、大型車ともに高頻度利用者よりも低頻度利用者の方が敏感に変化していることが見られる。

一方で、全属性に関して、割引終了時刻直後である午前6時台の利用度数が増加していることが分かる。そこで、割引開始時刻直前(21時台)と割引終了時刻直後(6時台)で利用率に割引実施前と実施後で差があったかどうかを比較するために、平均利用率の差の検定を行った。その結果、21時台に関しては、各属性で事前と事後による利用状況に大きな変化が見られなかったが、6時台に関しては、全属性で利用が増加傾向にあり、特に普通車低頻度利用者、大型車利用者については、有意に6時台の利用率が増加していることが見られる。この要因として、2004年11月1日から実施されている日本道路公団(現NEXCO)の深夜割引が考えられる。日本道路公団の深夜割引は、午前0時から午前4時までのETC利用者に30%の割引を実施しており、その影響を受けている利用者も存在するものと考えられる。(表4参照)。よって今後は、本線料金所からの交通を分離して分析を行う必要がある。

$$r_K^{before} = \frac{\sum_{i \in I} t_{iK}^{before}}{\sum_{i \in I} \sum_{K=0}^{23} t_{iK}^{before}} \quad (1)$$

$$r_K^{after} = \frac{\sum_{i \in I} t_{iK}^{after}}{\sum_{i \in I} \sum_{K=0}^{23} t_{iK}^{after}} \quad (2)$$

where,

$I$ : 対象利用者の集合

$r_K^{before}$ : 時刻  $K$  における利用頻度相対度数(2003年11月)

$t_{iK}^{before}$ : 利用者  $i$  の時刻  $K$  における利用度数(2003年11月)

$r_K^{after}$ : 時刻  $K$  における利用頻度相対度数(2004年11月)

$t_{iK}^{after}$ : 利用者  $i$  の時刻  $K$  における利用度数(2004年11月)

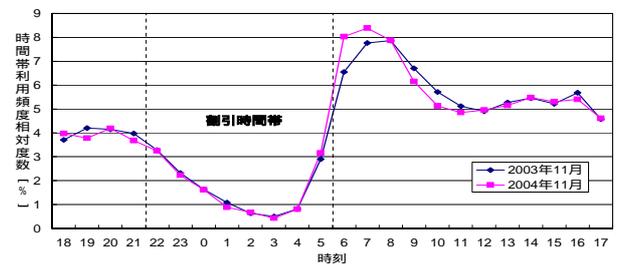


図3. 普通車・低頻度利用者の時間帯別利用度数分布

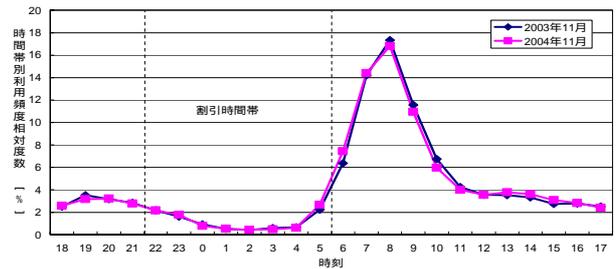


図4. 普通車・高頻度利用者の時間帯別利用度数分布

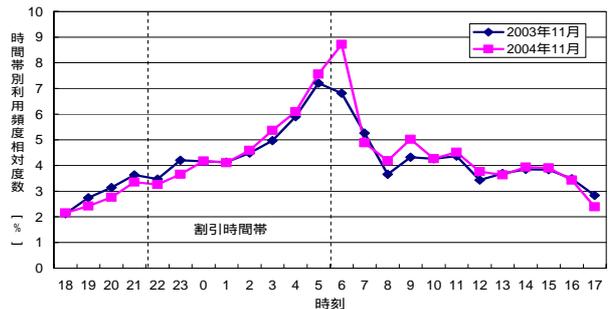


図5. 大型車・低頻度利用者の時間帯別利用度数分布

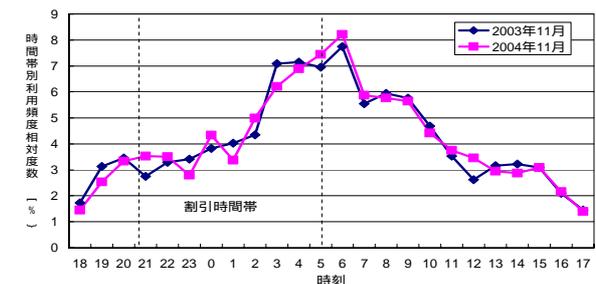


図6. 大型車・高頻度利用者の時間帯別利用度数分布

表4 . 21 時台と 6 時台における平均利用率の差の検定  
(両側 t 検定)

車種	頻度	時間帯	平均利用率		t 値 (p 値)	
			事前	事後		
普通車	高頻度	21:00-21:59	0.031 (n=5310)	0.032 (n=5310)	0.40 (.688)	
		06:00-06:59	0.069 (n=5310)	0.076 (n=5310)	1.79 (.074)	
		21:00-21:59	0.041 (n=13904)	0.040 (n=13904)	-0.35 (.726)	
	低頻度	06:00-06:59	0.060 (n=13904)	0.071 (n=13904)	<b>4.25</b> <b>(.000)</b>	
		高頻度	21:00-21:59	0.031 (n=1450)	0.030 (n=1450)	-0.27 (.791)
			06:00-06:59	0.067 (n=1450)	0.083 (n=1450)	<b>2.11</b> <b>(.035)</b>
低頻度	21:00-21:59	0.035 (n=4469)	0.030 (n=4469)	-1.44 (.150)		
	06:00-06:59	0.061 (n=4469)	0.071 (n=4469)	<b>2.18</b> <b>(.029)</b>		

事前と事後で有意な差がある属性の t 値を太字で示す。

b) 利用者別割引時間帯利用度数の増分

ここでは、分析対象 ETC 利用者の中で何人が割引時間帯にシフトしたかを試算する。具体的には、式(3)

から算出される  $v_i$  が正の利用者は割引時間帯の利用度数が増加したことを意味し、負の場合は利用度数が減少したことを意味している。

集計結果より、いずれの車種においても、高頻度利用者の方が低頻度利用者よりも割引時間帯の利用が増加傾向にあり、利用時刻を割引時間帯にシフトしていることが分かる。一方で、いずれの属性においても、トリップが増加した利用者の割合と同程度の割合の利用者が、割引時間帯外のトリップが増加していることも明らかになった(表5参照)。

$$v_i = \sum_{K \in A} \{ (r_{iK}^{after} - r_{iK}^{before}) \times Q_i^{after} \} \quad (3)$$

where,

$v_i$  : 利用者  $i$  のトリップ変化量 (+ : 割引時間帯にシフト)

$A$  : 割引時間帯の集合

$r_{iK}^{after}$  : 利用者  $i$  の時刻  $K$  における利用頻度相対度数 (2004 年 11 月)

$r_{iK}^{before}$  : 利用者  $i$  の時刻  $K$  における利用頻度相対度数 (2003 年 11 月)

$Q_i^{after}$  : 利用者  $i$  の 2004 年 11 月の総利用度数

表5 . 利用者の利用度数の変化 [人; ()内は構成率]

車種	頻度	トリップ増加	変化無し	トリップ減少
普通車	高頻度	840 (15.8%)	3,683 (69.4%)	787 (14.8%)
	低頻度	1,762 (12.7%)	10,401 (74.8%)	1,741 (12.5%)
大型車	高頻度	372 (25.7%)	724 (49.9%)	354 (24.4%)
	低頻度	512 (11.5%)	3413 (76.4%)	544 (12.2%)

6. おわりに

本研究では、首都高速道路夜間割引社会実験の実施に伴うETC利用者の行動変化に着目し、首都高速道路ETC-ODデータを用いて、割引実施前からETCを利用していた利用者が、割引実施により利用時刻を割引時間帯にシフトしたかどうかを実証的に分析した。その結果、割引実施1年後には割引利用状況が微増していることを確認し、低頻度利用者よりも高頻度利用者が利用時刻を割引時間帯にシフトする傾向にあることを確認した。一方で、割引時間帯終了直後にトリップが増加したことや割引時間帯のトリップが減少した利用者の存在を確認した。

今後は、高速道路利用者の料金に対する弾力性を詳細に分析し、効率よく需要を分散させる料金施策について考察を行う必要がある。

謝辞

本研究は、首都高速道路(株)が推進する「新しいリアルタイムネットワークシミュレーション研究WG」での検討の一環として実施されたものである。実施に当たり首都高速道路(株)にはデータ提供その他で多大なるご協力をいただいた。また、本研究を進めるにあたって、京都大学大学院 吉井稔雄准教授、東京大学生産技術研究所 割田博助教には、多大なご助言をいただいた。この場を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) 首都高速道路株式会社ホームページ (<http://www.shutoko.jp/drivers/fcc/ryokin/index.html>)
- 2) 嶋田博文, 栗原靖幸: "高速自動車国道の時間帯料金割引策について", 交通工学, Vol40, No. 6, pp28-33, 2005
- 3) 長谷川貴一: "ETCのさらなる普及に向けた政策", 交通工学, Vol39, No. 6, pp28-33, 2004
- 4) 倉内文孝: "ロンドン交通事情: congestion charging scheme はじまる", 交通工学, Vol.38, No.4, pp.58-64, 2003
- 5) 新田保吉次, 松村暢彦, 兒山真也, 小谷通泰: "シンガポールのロードプライジング", 交通工学, Vol.34, No.4, pp.37-45, 1999
- 6) Sullivan, E.: "Continuation Study of Evaluate the Impacts of the SR 91 Value-Pricing Express Lanes Final Report", 2000
- 7) 古川兼嗣, 吉井稔雄, 北村隆一: 時間帯別料金割引施策実施時における経験情報の有無を考慮した出発時刻選択行動分析, 第32回土木計画学研究講演集, CD-ROM, 2005.12
- 8) 大藤武彦, 吉田聡, 吉井稔雄, 北村隆一: 阪神高速13号東大阪線における料金割引実証実験における通勤トリップの経路変更・利用時刻変更行動の分析, 交通工学第40巻6号pp.42-51, 2005.11
- 9) 味沢慎吾, 吉井稔雄, 桑原雅夫: "道路交通需要の空間的・時間的分散による渋滞削減効果に関する研究", 第18回交通工学研究発表会論文報告集, pp13-16, 1998