

# プローブパーソン調査による都市高速道路の料金調整実験時の対応行動分析\*

*Analysis of behavioral to toll adjustment of urban expressway based on Probe-Person trip survey\**

進藤隆弘\*\*・宇野伸宏\*\*\*・塩見康博\*\*\*\*

By Takahiro SHINDO\*\*・Nobuhiro UNO\*\*\*・Yasuhiro SHIOMI\*\*\*\*

## 1. はじめに

近年、阪神高速道路における環境ロードプライシングの実施に見られるように、環境への負荷の削減、燃料費や時間ロスによる経済損失の解消といった社会的目的の達成に向けて、高速道路の利用料金を調整するといった施策が全国各地で様々実施されている。高速道路をはじめとした交通サービスにおける料金施策については、交通需要の少ない時間帯は利用料金を抑えることで利用促進を図り、需要が多い時間帯は料金を高くすることでサービス水準の維持につとめるといった考え方がある。しかし、利用料金を高くする、すなわち混雑課金の適用を想定した利用者行動に関する研究は、利用者の反発が懸念される等の理由から十分な蓄積が得られていないのが現状である。新たな料金施策の導入に当たっては、料金変更時の利用者行動を定量的に捉え、交通流シミュレーション等により、効果予測を行うことが不可欠である。

そこで本研究では、阪神高速道路の利用者を対象として、プローブパーソン調査（以下、PP調査）を行い、そこから抽出された日常的な高速道路利用パターンを分析するとともに、各利用パターンに応じた混雑時の利用抑制ならびに閑散時間帯の利用促進を各々意図した料金調整実験を実施し、各利用者の対応行動について分析を試みた。ここで実施したPP調査は、GPS携帯電話により個々のモニターの移動軌跡を把握するとともに、WEBダイアリー調査により各トリップの属性の把握を可能とするものである。加えて、新たな料金施策を調査の枠内で設問することで、料金施策による行動変化まで細かく把握可能となるように調査を設計した。

## 2. プローブパーソン調査の概要

### 2.1 モニターの募集

本調査では、“阪神高速走れGO!”および“阪神高速ビューフレ!”の会員、過去のOD調査モニターに向けて

メールを配信し、WEBページへのアクセスを通じて応募を募った。そして応募者の中から通勤・通学目的で阪神高速道路を利用している利用者を中心に93名のモニターを選定した。しがたって、本調査に参加したモニターは阪神高速道路の利用頻度が高いモニターが比較的多いと考えられる。

### 2.2 料金調整実験の設定および調査スケジュール

本調査は、2009年10月26日（月）～2009年11月20日（金）の26日間で実施した（表1）。調査期間を3期に分類し、第1期で通常料金時における各モニターの阪神高速道路の利用実態を把握し、第2期および第3期で料金調整施策実施を想定し、各モニターの交通行動の変化を捉えた。またPP調査終了時には、WEBアンケート調査を行い、各料金施策に対するモニターの評価も問うた。

以下では、本研究で提案する3つの料金施策の概要について述べ、表2にそれらの細かな料金設定を記載する。なお、本調査では93名のモニターに対して一律に同じ料金施策を設定するのではなく、モニター毎に利用実態に応じて設定する料金施策を変えた。したがって各モニターには第1期のトリップ実績に基づき、第2期の開始直前に設定する料金施策を通知した。

#### (1) 朝ピーク時間帯の混雑課金

朝ピーク時間帯（7～8時台）に阪神高速道路を利用する車両に対して混雑課金を行う。この施策には、阪神高速道路の利用が集中し、混雑する通勤・通学時間帯に一定額の課金を行うことで需要の分散を図る狙いがある。

#### (2) 下り方向の料金割引

昼間時間帯（11時～15時台）に阪神高速道路の1号環状線から放射上に伸びる11号池田線・12号守口線・13号東大阪線・14号松原線・15号堺線の下り方向区間のみを利用する車両に対して、一定額の割引を行う。この施策には、阪神高速道路の短い区間における利用促進、さらには利用入口を1号環状線から放射上路線内入口へ変更することにより、1号環状線内での渋滞が発生しにくい状況を作るといったねらいがある。

#### (3) 帰宅時間帯の料金割引

帰宅時間帯（20時台～3時台）に阪神高速道路を利用する全車両に対して、料金割引を行う。過去の調査より、通勤・通学時には阪神高速道路を利用するが、帰宅時には一般道路を利用するというモニターが多数いたことが

\*キーワード：交通制御、ITS、交通行動調査、交通行動分析

\*\*非会員，修士(工学)，株式会社商船三井

\*\*\*正員，博士(工学)，京都大学経営管理大学院

(京都府京都市西京区京都大学桂Cクラスター436号室  
TEL075-383-3234, FAX075-383-3236)

\*\*\*\*正員，博士(工学)，京都大学大学院工学研究科

判明している。本調査では、それらのモニターに阪神高速道路の利用を促し、ネットワークの有効活用を促進するための施策として、帰宅時間帯の料金割引を提案する。

表1 調査スケジュール

	月	火	水	木	金	土	日	
10月	26	27	28	29	30	31	1	第1期
	通常の料金体系							
	に関するアンケート							
11月	2	3	4	5	6	7	8	第2期
	通常の料金体系							
	新たな料金施策における料金体系				通常の料金体系			
	9	10	11	12	13	14	15	第3期
	新たな料金施策における料金体系				各料金施策			
	16	17	18	19	20	21	22	
に関するアンケート								
23	24	25	26	27	28	29		

表2 3種の料金施策の設定

施策名	朝ピーク時間帯の混雑課金	下り方向の料金割引	帰宅時間帯の料金割引
対象時間帯	7時台～8時台	11台～15時台	20時台～3時台
対象車種	全車種		
対象路線	全路線 (京都線除く)	2. 2(2)参照	全路線 (京都線除く)
第1期	通常料金		
10月26日(月)～11月8日(日)			
第2期	+25%	-40%	-40%
11月9日(月)～11月13日(金)			
第3期	+50%	-80%	-80%
11月16日(月)～11月20日(金)			

※1 対象時間帯に入口を通過した場合に適用  
 ※2 料金施策適用時の計算は、通常のETC割引等を省略し、基本料金から計算  
 ※3 料金施策適用時の計算は、4円以下は切り捨て、5円以上は切り上げとした

### 2.3 PP調査における利用料金の徴収方法

PP調査の枠内で設定した料金施策における課金額または割引額の徴収方法は、調査終了後の謝礼金に反映して精算するという形を採用した。阪神高速道路を利用した際に窓口およびETCから徴収される利用料金は、通常の阪神高速道路の利用料金と変わらない。しかしながら、調査で設定した料金施策により課金が適用されれば、その課金額を謝礼金から差し引き、割引が適用されれば、その割引額を謝礼金に足すという形で精算を行った。

## 3. 朝ピーク時間帯の混雑課金の分析

### 3.1 分析対象データの抽出

混雑課金に関する分析を行う際には、調査終了時に実施したWEBアンケートで“混雑課金を意識した”と回答したモニターを抽出し、ある特定のOD間のトリップに着目して分析対象を選んだ。PP調査ではモニターの行動変化を把握することはできるものの、それが混雑課金の影響によるものなのかどうかまでは把握できない。第1期のトリップと同じOD間のトリップで、第2期以降

に経路や出発時刻の変更等、何らかの行動変化があれば、それは混雑課金の影響である可能性が高いといえる。

### 3.2 混雑課金実施時の利用者行動に関する集計分析

#### (1) 行動変更の内容に応じたトリップ数の集計

図1は第2期および第3期の分析対象トリップを、その行動パターン毎に集計した結果である。“変更なし”は第1期の通常料金期間と同じ行動パターンであることを意味し、混雑課金の影響を受けていないと見なすことができる。図1より、混雑課金額を大きくすることで、一般道路へ利用を転換するトリップの割合が大きく増加していることがわかる。また混雑課金の需要の分散効果という点に着目すると、両期間とも時間的な分散効果(利用時間帯の変更)に比べ、空間的な分散効果(一般道路・他高速・公共交通の利用)がより大きく現れる可能性が示唆された。

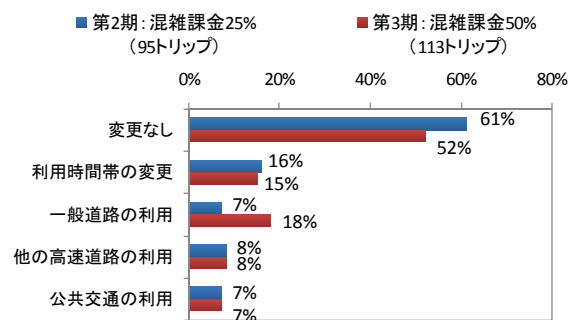


図1 第2期および第3期のトリップ数の集計結果

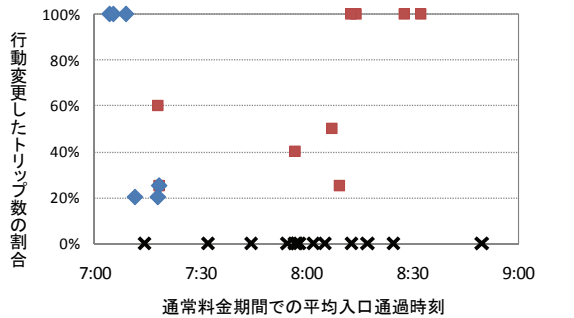
#### (2) 平均入口通過時刻と行動変更の関係

次に、利用時間帯の変更を定量的に分析するため、第1期(通常料金期間)の阪神高速道路の平均入口通過時刻と、課金を避けるために利用時間帯を変更した割合(7時以前に阪神高速道路入口料金所を通過した回数/全通過回数)を図2、図3に示す。図2は現行料金の25%増の料金を想定した第2期の結果を示すが、7時に近い1時間帯で阪神高速道路を利用するモニターほど、利用時間帯を変更する傾向が強いことがわかる。その変更時間幅はせいぜい20分程度である。図3は現行料金の50%増の料金を想定した第3期の結果を示すが、この場合も第2期同様、7時に近い1時間帯で阪神高速道路を利用するモニターほど、利用時間帯を変更する傾向が強いが、1時間程度の利用時間帯の変更を行ったモニターも見られた。すなわち、課金の多寡によって、利用者行動に変化が現れる可能性を示唆した結果といえる。

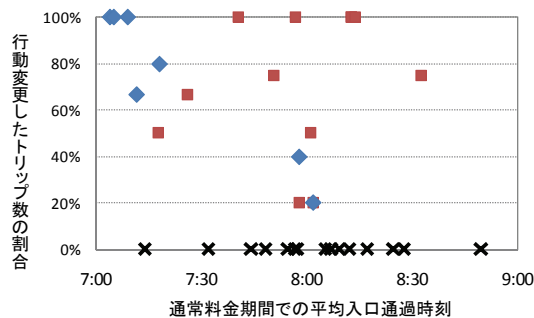
### 3.3 混雑課金実施時の利用者行動モデルの構築

混雑課金実施下における利用者行動を記述し、交通行動に影響を及ぼす要因を特定するため、4肢選択のロジ

ットモデルを推定する．その選択確率は次で与えられる．



■一般道路・他高速・公共交通の利用 ◆利用時間帯の変更 ×行動変更なし  
図2 平均入口通過時刻と行動変更の関係（第2期）



■一般道路・他高速・公共交通の利用 ◆利用時間帯の変更 ×行動変更なし  
図3 平均入口通過時刻と行動変更の関係（第3期）

$$P_{in} = e^{V_{in}} / (e^{V_{1n}} + e^{V_{2n}} + e^{V_{3n}} + e^{V_{4n}})$$

- $i = 1$  変更なし
- $i = 2$  利用時間帯を変更する
- $i = 3$  利用経路を変更する（阪神高速道路以外の高速道路，一般道路を利用する）
- $i = 4$  公共交通を利用する

説明変数は，いくつか試行錯誤した結果，以下のよう  
に与える．

$$V_{1n} = b_1 X_{1n} + b_2 X_{2n}$$

$$V_{2n} = b_1 X_{1n} + b_3 X_{3n}$$

$$V_{3n} = b_1 X_{1n} + b_4 X_{4n} + a_1$$

$$V_{4n} = b_1 X_{1n} + b_5 X_{5n} + a_2$$

ここに，

$X_{1n}$ : 利用料金（円）

$X_{2n}$ : 阪神高速道路利用時のOD間距離（km）

$X_{3n}$ : 通常料金期間における阪神高速道路の平均入口通過時刻と7時までの時間差

$X_{4n}$ : 経路変更ダミー（通常料金期間に阪神高速道路以外の経路を週に1回以上利用していたことを表すダミー変数）

$X_{5n}$ : 公共交通利用ダミー（通常料金期間に公共交通機関を週に1回以上利用していたことを表すダミー変数）

$a_1, a_2, b_2, b_3, b_4, b_5$ : パラメータ

利用者行動モデルの推定結果を表3に示す．修正済<sup>2</sup>値が0.538となっており，非常に適合度が高いモデルといえる．また，導入した各説明変数がそれぞれの選択肢

に統計的に有意に影響を及ぼしていることも示された．推定結果より，“変更時間帯”のパラメータが負値であり，阪神高速道路の平均入口通過時刻が7時に近い時間帯ほど，利用時間帯を変更する傾向が強いことが示唆される．また“阪高利用時のOD間距離”が正值であり，阪神高速道路利用時のOD間距離が長いほど，現行の均一料金制度を前提とした混雑課金を実施しても行動を変更しにくいことを意味している．さらに，“経路変更ダミー”および“公共交通利用ダミー”のパラメータが正值となっている．これは，公共交通の利用や阪神高速道路以外の経路を利用することは日常的な利用習慣が大きく影響していることがわかる．

表3 利用者行動モデルの推定結果

選択肢	説明変数	パラメータ	t値
共通変数	利用料金	-0.0010	-2.26 *
変更なし	阪高利用時のOD間距離	0.012	2.25 *
時間帯変更	変更時間帯	-0.062	-5.94 *
経路変更	経路変更ダミー	2.402	6.59 *
	定数項	-2.539	-6.18 *
公共交通	公共交通利用ダミー	4.413	4.64 *
	定数項	-4.952	-5.35 *
		$\rho^2$	0.550
		$\rho^2$ (修正済)	0.538
		サンプル数	420

\*: 5%有意水準

### 3.4 混雑課金施策に関する評価アンケート

本節では，PP調査終了時に実施した評価アンケートについてまとめる．図4は混雑課金施策に対するモニターの評価をまとめたグラフである．この結果より，69%のモニターが混雑課金施策に対して否定的な考え方を持っており，中でも39%のモニターが混雑課金施策に対して“全く反対”と答えていることがわかる．図5は，混雑課金施策の評価の際に“やや反対”，“全く反対”，“どちらとも言えない”と回答したモニターに，その反対理由を問うた結果である．図5より，課金を行うことで渋滞緩和を図る施策に根強い抵抗感があるモニターが多数いることがわかる．

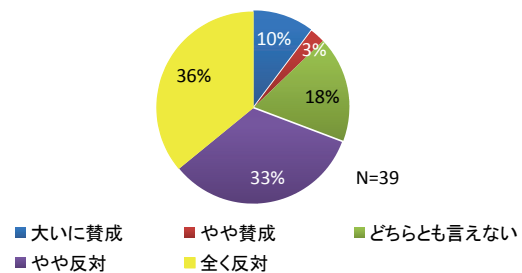
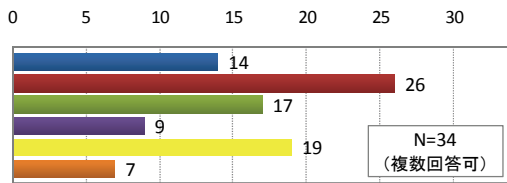


図4 混雑課金施策に対する評価

一方で，“渋滞緩和効果が大きいならば認めるが，基本的には反対”と回答したモニターも17名おり，これは全体の41%に達する．このことから，混雑課金による

渋滞緩和効果を定量的に評価でき、かつその効果を正しく利用者に伝えることが出来たならば、混雑課金を容認するモニターも増加する可能性があるとも考えられる。



- 渋滞の緩和効果が大いければ認めるが、基本的に混雑課金には反対
- 現行でさえ通行料金が非常に高いのに、これ以上の課金は受け入れられない
- 渋滞により余計に移動時間がかかる状況なのに、課金を行うのはおかしい
- 特定の時間帯に課金を行うのは不公平である
- 課金以外の方法により渋滞を減らす努力をすべきである
- その他

図5 混雑課金施策に反対する理由

### 3.5 混雑課金の精算方法に対する実感度

本調査では、調査の枠内で設定した料金施策における課金額または割引額を、調査終了後の謝礼金に反映して精算するという形を採用した。特に、混雑課金が付与された料金の精算は、調査終了後に支払う謝礼金が減るだけで、毎回のトリップ実施時の課金に対する実感が薄いことも懸念された。しかし、PP調査終了時に実施したWEBアンケート結果(図6)より、約56%のモニターが混雑課金を実感できていたことがわかり、本研究のPP調査における課金額の精算方法の妥当性が確認されたといえる。

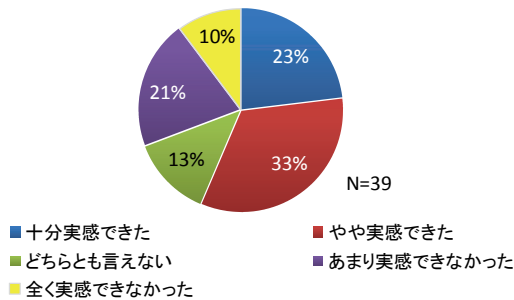


図6 混雑課金の精算方法に対する実感度

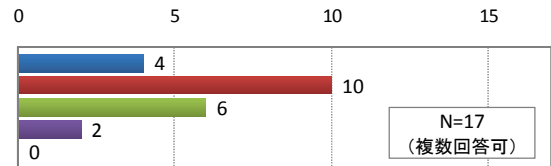
### 4. 下り方向の料金割引に関するモニターの反応

表4は、各期における下り方向の料金割引に関するトリップの集計結果である。表4より、割引率を大きくすることで下り方向の料金割引の適用を受けたトリップ数の割合が増加していることがわかる。しかしその割合も、全体の4.2%に過ぎない。またPP調査終了時にWEBアンケート調査を通して、各モニターにどのような行動変化を行ったかを問うた結果が図7である。その結果、10名のモニターが入口を変更した一方、一般道から阪神高速道路へ利用を転換したモニターは4名に過ぎなかった。なお、本稿では帰宅時間帯の料金割引に関するモニター

の反応については、分析内容を省略する。

表4 下り方向の料金割引適用トリップ数

	第2期(割引率:40%)	第3期(割引率:80%)
割引適用トリップ数(割引への意識あり)	25トリップ	21トリップ
取得された全トリップ数(10時~15時台に出発)	673トリップ	408トリップ
割引適用トリップ数の割合	3.4%	4.2%



- 普段は一般道だったが、わざわざ阪神高速を利用した
- いつもと違う入口を使って、阪神高速を利用した
- 出発時刻そのものを調整した
- 移動中に入る時刻を調整した
- その他

図7 下り方向の料金割引時の行動変更の内容

### 5. おわりに

本研究では都市高速道路の実効性の高いマネジメント方策として、通行料金の調整に着目し、ピーク時の利用抑制、オフピーク時の利用促進を意図した3種の料金施策を仮定し、その導入下での利用者行動分析を行った。

朝ピーク時間帯の混雑課金に関する分析では、混雑課金実施時のモニターの対応行動を説明するロジットモデルを構築し、各モニターの日常的な都市高速道路利用に対する料金調整の影響について考察を行った。その結果、日常的な公共交通利用の有無、料金調整の適用を避けるための出発時刻の調整幅、阪神高速道路利用時のOD間距離などといった要因が、料金調整時の対応行動に有意な影響を及ぼす可能性を示唆した。また、混雑課金実施下の利用者行動を記述するモデルを構築したことは本研究の大きな成果といえる。本モデルに導入した説明変数は全て観測可能な変数であり、交通管制施策評価用シミュレーションモデルのサブモデルとして組み込むことなど、多くの場面で活用されることが期待される。

謝辞：本研究の実施に際しては、阪神高速道路(株)、阪神高速道路管理技術センター、(社)システム科学研究所、(株)都市交通計画研究所より多大なるご支援、ご協力を賜った。記して謝意を表します。

(参考文献)

- 1) 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, Vol.40, 2005
- 2) ハツ元仁, 北澤俊彦, 中川真治, 岡本篤樹, 朝倉康夫: プロパーソン調査に基づく都市高速道路の弾力的料金設定の効果分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.33, 2006