

都市高速道路の料金調整・情報提供時の経路選択行動分析*

- テーラーメイド型SP調査を利用して -

Analysis of route choice behavior under toll adjustment and information provision on urban expressway
: based on Tailor-Made type Stated Preference survey*

宇野伸宏**・進藤隆弘***・塩見康博****

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

1. はじめに

近年、都心部で発生する渋滞を解消する手段として、交通需要自体をコントロールする料金施策や情報提供、流入制御といった交通管制作業が注目されている。このうち流入制御は都市高速道路における実効性の高い交通管制方策であり、渋滞発生区間のオンランプから流入する車両台数を制御することで、渋滞の緩和・解消を促している。現行の流入制御ではオンランプを閉鎖、流入レーンを制限するといった物理的な手法（以下「入路閉鎖・ブース制限方式」）が広く採用されている。しかしながら「入路閉鎖・ブース制限方式」は、ETCレーンの増加、交通管制員の入路制御の判断に伴う大きな負荷、閉鎖に伴う迂回交通の一般道路への影響などの様々な要因により、近年その実施がますます難しくなっている。

以上を踏まえ本研究では、流入制御に代わる新たな制御施策として「情報提供および料金調整」を用いた制御施策を提案し、「テーラーメイド型SP調査」を通じて、その導入効果を利用者行動の観点から分析する。

2. 「情報提供・料金調整」を用いた制御方策の提案

本研究で提案する「情報提供および料金調整」を用いた制御施策は、渋滞状態の都市高速道路へ流入する車両に対しては一定額の課金、（基本的に）下流側に迂回して入口変更を行う車両に対しては一定額の割引（金銭的なインセンティブの付与）を行うことで、渋滞の緩和を図る施策である（図1）。ETCレーンの増加は、上述の通り従来型の「入路閉鎖・ブース制限方式」を用いた流入制御の実施を困難にしている一方、より柔軟な料金設定も可能としている。動的に利用料金を変える必要がある本施策も、ETCの普及により十分に実現可能性がある施策と言える。

本施策は、車両の流入を物理的に制御するだけでなく、利用者に高速道路利用という選択肢を残すものであり、

その導入効果は利用者の反応行動（経路選択行動）に大きく依存する。施策実施下の利用者の反応行動を定量的に把握するための手段としてSP調査が多く用いられてきたが、仮想状況下の反応行動と現実場面の意思決定との乖離が従来から指摘されている。そこで本研究では、各モニターが実際に行った移動に基づき個別モニターに対応した質問を作成する「テーラーメイド型SP調査」を実施し、仮想状況下の選考意識と現実場面の反応行動との乖離の緩和に努める。

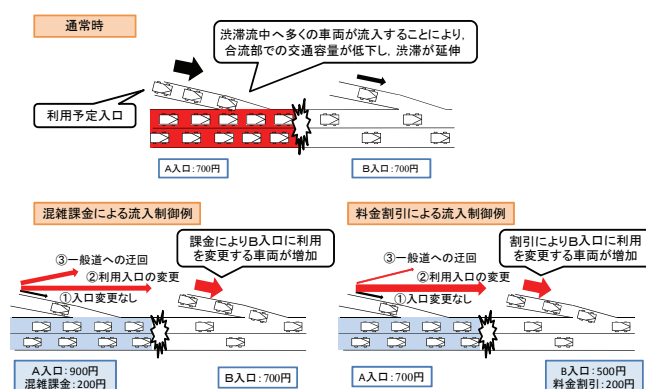


図1 「情報提供・料金調整」を用いた制御方策

3. 調査概要

本調査は、2009年10月26日～11月20日に阪神高速道路利用者93名を対象として実施されたプロブパーソン調査（以下、PP調査）の一環として行った。すなわち、PP調査で用いたWEBダイアリーを通じて、各モニターに質問を配信し、データを収集した。モニターの募集は、「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。したがって、本調査に参加したモニターは、比較的阪神高速道路の利用頻度が高いモニターが多いと考えられる。

4. テーラーメイド型SP調査の設計方法

利用者の反応行動を信頼性の高い形でデータとして得るため、PP調査期間中に観察されたモニター自身のトリップに基づいて、モニター毎にSP調査の内容を設計した。具体的には、PP調査期間中にモニター自身が

*キーワード：都市高速道路，交通管制，流入制御，SP調査

**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)

***非会員，修士(工学)，株式会社商船三井

****正員，博士(工学)，京都大学大学院工学研究科

実際に利用したオンランプ付近にて図形情報板から渋滞情報および料金調整情報を受け取ったとした場合の経路選択を問うた。図2にはテーラーメイド型SP調査票作成の流れを示す。以下では図2の①～⑤について順次説明する。

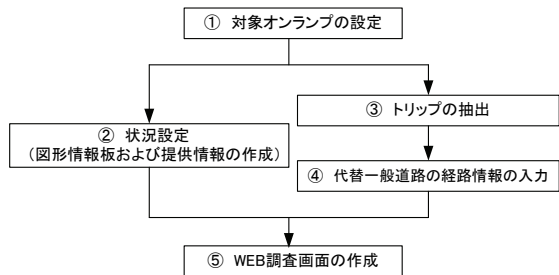


図2 テーラーメイド型SP調査票作成の流れ

対象オンランプの設定

モニターの経路選択は、迂回路上の隣接するオンランプまでの距離，料金調整が行われるオンランプに大きく依存するため，各モニターの利用オンランプに則して，図形情報板を作成する必要がある。そこで本調査では，設問の対象となるオンランプを11号池田線，12号守口線，15号堺線の12オンランプに予め限定した。

状況設定

経路選択に影響を及ぼす可能性が高い要因として，移動目的や料金負担者などのモニター固有のトリップ特性に加えて，渋滞長や渋滞原因といった要因が考えられる。これらは，SP調査において実験者側が操作可能な変数であり，本調査では経路選択に影響を及ぼす可能性が高い要因として表1の4因子を選び出した。本調査では，擬水準を導入することにより，因子と水準の関係を表1に示すように設定し，混合系の直交表である $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ に割り当てた。そして作成した直交表に基づき，モニター1人あたり9Caseの質問を行うことでデータを収集した。

表1 因子と水準の関係

水準	選択要因			
	料金調整額	渋滞原因	渋滞長	渋滞先頭
1	-50%(-350円)	自然渋滞	30%	直近側
2	-25%(-180円)	事故渋滞	60%	渋滞頻発ポイント
3	料金調整なし	自然渋滞	100%	直近側
4	25%(180円)			
5	50%(350円)			
6	料金調整なし			

料金調整額は，各オンランプに設定する課金額および割引額を意味する。“料金調整なし”は，渋滞情報のみを提供した場合を意味する。

渋滞長は各路線で渋滞が頻発するポイントを予め設定しておき，そのポイントと各オンランプとの間の距離の何%が渋滞で占められるかという考えで定義した。渋滞頻発ポイントは，11号池田線を塚本オンランプ，12号守口線および15号堺線を1号環状線との合流部と定義した。

渋滞先頭とは，渋滞がどのポイントを起点に延伸するかを意味する。本調査では，調査内で設定した渋滞発生の実意味と，利用オンランプの変更を促すための刺激としての渋滞設定という2点を考慮して，上で定めた渋滞頻発ポイントを起点とする渋滞と，渋滞頻発ポイントと利用予定オンランプの間のいずれかを起点とする渋滞の2種類を考えた。図3に渋滞長と渋滞先頭の関係を示す。図4に直交表に基づき作成した図形情報板の作成例を示す。本調査では全部で218種類(12オンランプ×18種類)を作成したが，図4にはその一部を例として示す。

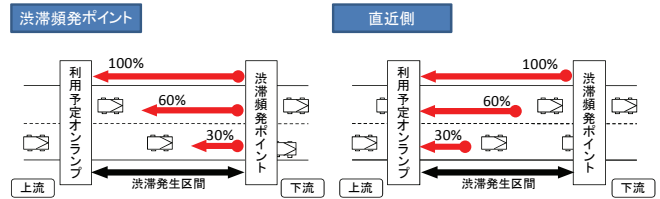


図3 渋滞長と渋滞先頭関係

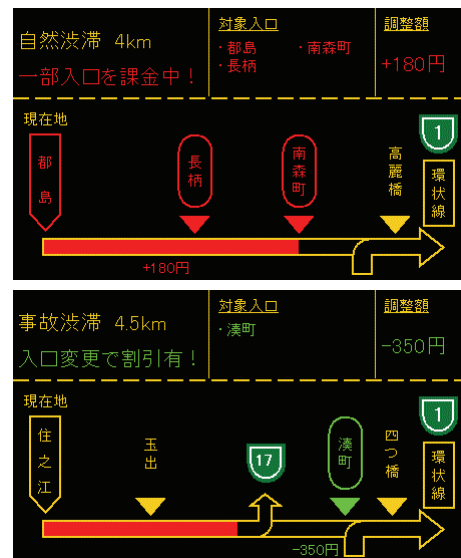


図4 図形情報板の作成例

トリップの抽出

本調査では，PP調査期間中に観察されたモニター自身のトリップに基づいて設問が作成されるため，PP調査期間中のどのトリップに基づいて質問を行うのかを決定する必要がある。本調査では，で設定した対象オンランプを利用し，かつ大阪市内方面に向かうトリップを，各モニターにつき1トリップ抽出した。

代替一般道路の経路情報の入力

本施策実施時にはモニターが阪神高速道路の利用を取りやめ，一般道路を利用することも考えられる。取り得る経路もモニターによって大きく異なることが予想されるため，WEB画面に示された地図上の経路をモニター自身がクリックすることで，各モニターの取り得る代替一般道路の経路情報を把握した。

WEB調査画面の作成

モニターに提示したWEB調査画面を図5に示す。モニターには実際に自身が行ったトリップ内容と、で収集した代替一般道路の経路情報を表示した上で、経路選択を問うた。モニターが選択できる経路は以下の3経路とした。

- ・利用予定入口から阪神高速道路を利用する
 - ・入口を変更して、阪神高速道路を利用する
 - ・阪神高速道路の利用を取りやめ、一般道路を利用する
- モニターには経路の利用意向と合わせて、各経路の予想所要時間、仮に入口変更をした場合の入口名の回答を指示した。各モニターには、9Caseの質問が行われるので、図5で示される図形情報板が9回繰り返して提示される。

料金調整を用いた流入制御に関する実験

このアンケートでは、**渋滞情報提供時**のみ**料金調整を用いた流入制御実施時**のあなたの行動変化についてお聞きします。
※質問1〜9では同じような質問が繰り返されます(渋滞情報のみ/料金調整情報/両方)に料金調整情報が異なります。内容をよく確認してお答え下さい。

- あなたは平日の夕方時間帯に、「地点A」から「地点B」に「食事目的」で移動するとします。
- 当初は「**豊中南入口**」から「**天王寺出口**」まで阪神高速道路の利用を予定していました。
- 「**11号池田線 豊中南入口**」付近まで行ったところ、情報板(渋滞情報ならびに料金調整情報)が見えました。

この場合に、現在地から目的地までの所要時間はどれくらいかかると予想されますか？また、あなたの行動はどう変化しますか？
以下のそれぞれの質問にお答え下さい。

●トリップ情報： ※質問1〜9で表示されるトリップ情報は全て同じです

出発地	地点A
目的地	地点B
移動目的	食事
利用車種	軽自動車
出発時間	平日夕方の時間帯
利用入路・出路	11号池田線 豊中南 14号松原線 天王寺
高速利用	阪神高速のみ 料金負担者 時間制約 あなた・同乗者 なし

●参考：(1)本実験の説明でお答えになった平均的な所要時間
 阪神高速道路を利用した場合：1時間 0分 一般道路のみを利用した場合：1時間 0分

■質問1

自然渋滞 4.5km

一部入口を課金中!

対象入口
豊中南・塚本・加島

調整額
+180円

利用ルート	利用入口	渋滞を考慮した予想所要時間	このとき、どの経路を選択したいと思いますか？
阪神高速(現在の入口から)	豊中南	--- 時間 --- 分	<input type="radio"/> そのまま阪神高速道路を利用する <input type="radio"/> 入口を変更して阪神高速道路を利用する <input type="radio"/> 一般道路のみを利用する
阪神高速(別の入口から)	---	--- 時間 --- 分	
一般道路のみ	---	1 時間 0 分	

※別の入口は、「11号池田線 豊中南入口」を必ず変更しなければならない場合を想定して入力して下さい。
 ※それぞれの所要時間は、「11号池田線 豊中南入口」付近から目的地までの時間と、渋滞などの交通状況を考慮して入力して下さい。

図5 WEB調査画面例

5. 集計分析

本節では、モニターの経路選択に影響を与える可能性が高い要因と選択結果を、集計分析を通じて明らかにする。ここでは集計分析の例として、図6に利用経路と提

示した料金調整方法の関係を、図7に利用経路と渋滞長の関係を示す。図6より、渋滞情報のみ提供時に比べ、課金または割引を合わせて実施することにより、利用予定入口から阪神高速道路を利用する経路の選択確率が小さくなる傾向にあることがわかる。特に、課金を実施する場合の方が、その傾向がより顕著であることが見てとれる。

また図7より、渋滞長が大きくなるにつれて、一般道路を利用する経路の選択確率が大きくなっていることが読みとれる。その他の利用経路と渋滞長の間に明確な傾向は見出せなかった。

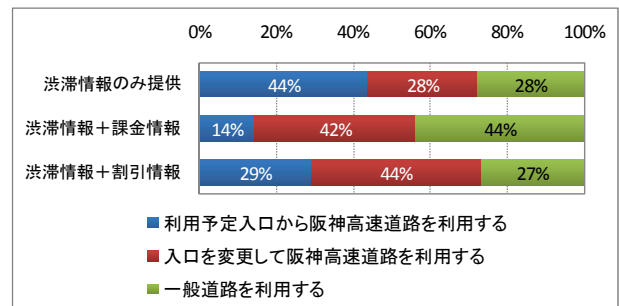


図6 利用経路と料金調整方法の関係

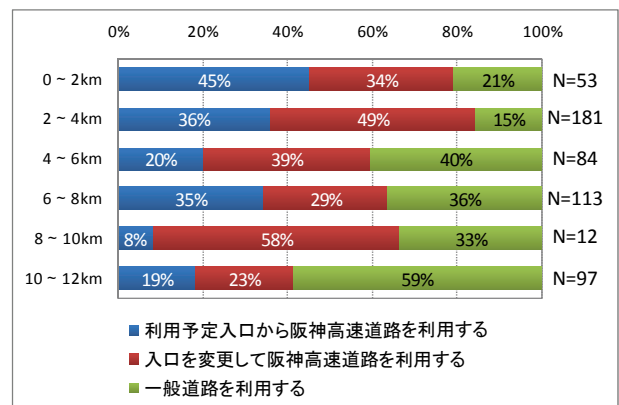


図7 利用経路と渋滞長の関係

6. 経路選択モデルの構築

「情報提供および料金調整方式」を用いた流入制御施策実施下におけるモニターの経路選択行動を記述し、経路選択に影響を及ぼす要因を明らかにするため、3枝選択のロジットモデルを推定する。各選択枝の選択確率は次式で与えられる。

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

- $i = 1$ 利用予定入口から阪神高速道路を利用する
- $i = 2$ 入口を変更して、阪神高速道路を利用する
- $i = 3$ 一般道路を利用する

説明変数は、いくつか試行錯誤した結果、以下のよう

$$V_{1n} = b_1 X_{1n} + b_2 X_{2n} + b_3 X_{3n} + b_4 X_{4n} + b_5 X_{5n}$$

$$V_{2n} = b_1 X_{1n} + b_6 X_{6n} + a_1$$

$$V_{3n} = b_1X_{1n} + b_7X_{7n} + b_8X_{8n}$$

ここに、

- X_{1n} : 予想所要時間 (分)
- X_{2n} : 課金情報 (円)
- X_{3n} : 割引情報 (円)
- X_{4n} : 料金負担・勤務先ダミー
- X_{5n} : 事故渋滞ダミー
- X_{6n} : 時間制約・有ダミー
- X_{7n} : 阪神高速の渋滞情報 (km)
- X_{8n} : トリップのOD間距離 (km)

$a_1, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8$: パラメータ

経路選択モデルの推定結果を表2に示す。修正済²値が0.242となっており、比較的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。さらに、各説明変数のパラメータ値の符号は十分に解釈が可能なものといえる。特に、課金情報と割引情報のパラメータ値に着目すると、両変数とも負に影響していることがわかる。この結果は、「情報提供および料金調整方式」を用いた流入制御には、需要の分散効果、すなわち利用者に迂回行動を促す効果があることを示しているといえる。加えて、各パラメータ値の絶対値を比較することにより、その効果は割引よりも課金の方が大きい可能性を示唆している。

表2 経路選択モデルの推定結果

	説明変数	パラメータ	t値
共通変数	予想所要時間	-0.068	-10.631 *
	課金情報	-0.006	-5.565 *
	割引情報	-0.002	-2.775 *
阪高利用固有変数	料金負担・勤務先ダミー	0.819	3.816 *
	事故渋滞ダミー	-0.696	-2.781 *
	時間制約ダミー	0.428	2.010 *
入口変更固有変数	定数項	-0.337	-1.596
一般道路固有変数	渋滞情報	0.213	6.012 *
	OD間距離	-0.029	-2.753 *
	ρ 2値	0.257	
	ρ 2値(修正済)	0.242	
	サンプル数	540	

*: 5%の水準で有意

7. 施策評価アンケートに基づく分析

「情報提供および料金調整」を用いた制御施策に対するモニターの意向を把握するため、SP調査終了時に評価アンケートを実施した。図8は、「情報提供および料金調整方式」に対するモニターの評価を示す。本施策をポジティブに評価するモニターは全体の29%に留まった。一方で、課金は認めないが割引による流入制御(金銭的なインセンティブの付与)は認めると回答したモニターは全体の53%であり、課金に対する抵抗感が大きいことが読み取れる。

次に、現行の「入路閉鎖・ブース制限方式」との評価の比較を行った結果を図9に示す。望ましい流入制御手法としては、評価が分かれる結果となった。「情報提供

および料金調整方式」はその設定の複雑さが、「入路閉鎖・ブース制限方式」は物理的な閉鎖に対する抵抗感の大きさがその問題点として多く指摘された。

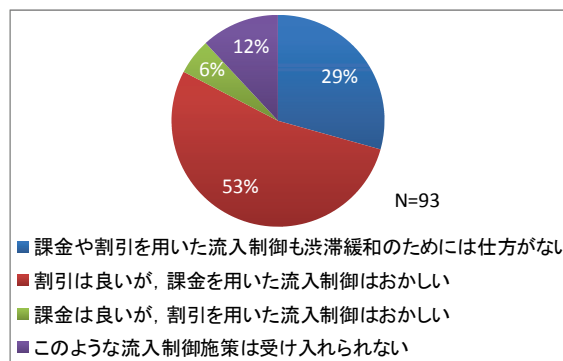


図8 「情報提供および料金調整方式」の評価

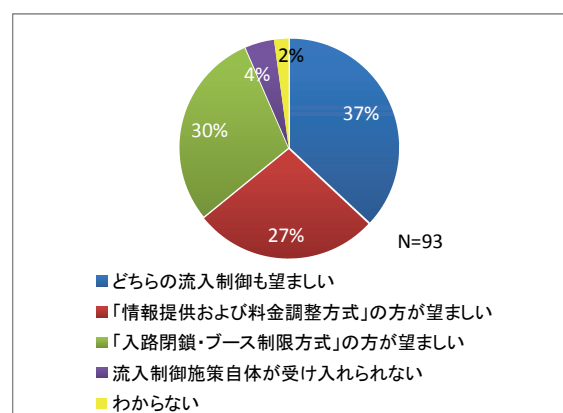


図9 「入路閉鎖・ブース制限方式」との評価の比較

8. おわりに

本研究では新たな流入制御施策として、「情報提供および料金調整方式」を用いた流入制御施策を提案し、テラーメード型SP調査を通じて、その導入効果を分析した。テラーメード型SP調査の最大の特徴は、従来から指摘されていた仮想状況下の反応行動と現実場面の意思決定との乖離の解消に努めた点である。本研究で用いた個別モニターに対応したSP調査票作成の方法論は、今後のSP調査においても十分に活用できるものだと考えている。また導入効果の分析では、利用者の経路選択行動をロジットモデルを用いて記述し、「情報提供および料金調整方式」には利用者に迂回行動を促す効果があること、さらには割引に比べ課金の方がその効果が大きいことも示唆した。

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)

北澤俊彦, 吉村敏志, 宇野伸宏, 倉内文孝, 大東武彦: 阪神高速道路におけるこれらからの交通制御のあり方, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009