

プローブパーソン調査に基づく阪神高速道路の弾力的料金の評価分析

計画部 調査グループ 北澤 俊彦
計画部 特定計画グループ 八ッ元 仁

要 旨

ETC が普及する中で、起終点調査に代表される既存のアンケート用紙の配布・回収による調査方法は困難になってきた。また、経路等の詳細なデータは従来の調査では把握困難であった。これら従来調査の短所を改善するものとして、プローブパーソン調査(以下、PP 調査)を行ったものである。

GPS 機能付き携帯電話により、個々の被験者の移動軌跡を把握し、Web ダイアリー調査により、個々のトリップの属性等を知ることができ、さらには、様々な施策に対する行動変化まで細かく把握することができる PP 調査を用いて、今後想定される料金施策が阪神高速道路の利用形態に及ぼす影響を把握するためのデータを得ることを目的としている。

本稿では、実施した PP 調査について報告するとともに、通行料金の変化と阪神高速利用/非利用の関係に着目して考察する。

キーワード: プローブパーソン調査, OD 調査, GPS, 携帯電話, 時空間密度, 経路選択, 弾力的料金

はじめに

阪神高速道路株式会社では、営業路線の利用状況を把握するための起終点調査(以下 OD 調査)を大規模な路線や区間の供用に合わせて、昭和 39 年以来 22 回実施してきた。OD 調査は、特定の日についての調査であること、走行経路は阪神高速道路のみが調査対象であること等の理由から、阪神高速の平日・休日による使われ方の相違やランプのアクセス(出発地から ON ランプまで)及びイグレス(OFF ランプから目的地まで)経路などの細部に渡る事項を把握することは不可能である。

阪神高速道路(株)が平成 17 年 10 月に発足し、阪神高速道路を取り巻く環境は大きく変化しようとしている。民営化会社に強く求められるものとして、お客様へのさらなるサービス向上が不可欠

である。そのような新たなサービスの一つとして、お客様の利用実態に即した、弾力的かつ多様性に富んだ料金体系の構築が挙げられる。また、お客様の特性や意見を詳細に把握するための調査(=顧客調査)を行っていく必要がある。

阪神高速道路(株)では、オフピーク時の割引料金を社会実験として実施するなど、具体的な取り組みを既に進めているが、その満足度評価や新たな料金体系など、今後も検討すべき課題は多い。料金施策に対する検討は、料金改定前後のアンケート調査など、過去から実施してきたが、個々のお客様の対応行動の評価分析といった客観的でミクロな分析は不十分であった。

今回、GPS 機能付き携帯電話による位置情報収集と Web によるダイアリー調査から構成される交通行動調査を実施した。プローブパーソン調査(以

下、PP 調査)では、GPS 機能付き携帯電話により、個々の被験者の移動軌跡を把握し、Web ダイアリー調査により、個々のトリップの属性等を知ることができる。

本稿では、今後想定される料金施策が阪神高速道路の利用に及ぼす影響を考察するための基礎データを得ることを目的として実施した PP 調査の内容とその結果について報告する。特に、通行料金の変化と阪神高速利用／非利用の関係に着目して考察する。

1. PP 調査の概要

1-1 PP (RP) 及び SP 調査について

交通行動モデル推定のための調査には、RP 調査と SP 調査がある。RP (Revealed Preference) 調査とは、実際の行動を集計する調査のことである。一方、SP (Stated Preference) 調査とは、現存しない仮想的なサービスについて聞き取り等を行う調査である。表-1 に各調査データ比較を示す。

表-1 RP データと SP データの比較

	RPデータ	SPデータ
選考情報	実際の行動に基づく市場における行動と一致得られる情報は「選択結果」	仮想の状況における意思表示市場での行動と不一致の可能性「順位付け」「評価づけ」「選択」など
選択肢	現存しない選択肢は取り扱えない	現存しない選択肢も取り扱える
選択肢の属性	定量的属性のみ測定誤差があることが多い属性値の範囲が限られている属性間の重共線性が大きい	定量的及び定性的属性測定誤差はないが知覚誤差の可能性属性値の範囲を拡張できる属性間の相関を制御できる
選択肢集合	不明瞭	明瞭

PP 調査とは、GPS 携帯等の機器を用いて、個々の位置情報を把握し記録していく調査であり、RP 調査と SP 調査の両方の機能を備えていると言える。つまり、GPS の位置データ、Web ダイアリーの回答は RP 調査、対距離料金を想定した調査のような仮想の交通サービスについての調査は SP 調査となる。この調査は、東京大学の羽藤らによって提唱され、プローブ調査技術普及のためのプローブ研究会が活動しているところであり、通常の交通量調査では捉えきれなかった経路変更の状況や生活パターンの変化など、幅広く計測する新しい調査手法として、今後の活用が期待されているところ

である。

具体的調査イメージを図-1 に示す。

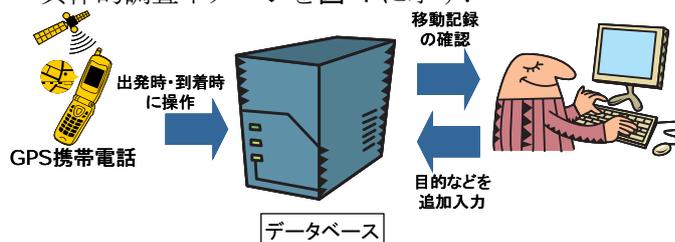


図-1 プロブパーソン調査のイメージ

1-2 調査期間

調査期間は以下の通りである。

- ・平成17年2月7日～2月20日
- ・平成18年1月16日～2月17日

1-3 被験者 (モニター)

被験者は、平成16年12月に実施した「第22回阪神高速道路起終点調査」の回答者から、3号神戸線・5号湾岸線・11号池田線をご利用されるお客様を中心に平成16年度では55名、平成17年度では91名の方に協力を得た。

1-4 データの収集方法

経路については、GPS 機能付き携帯電話を用いることにより、トリップの始まりから終わりまでの行動軌跡を収集した (GPS による位置データは30秒ごとに記録)。

行動パターンについては、Web ダイアリー調査により、移動目的・利用車種・同乗者数、ならびに、高速利用の有無及び仮想対距離料金下での仮想経路選択についてもデータを収集した。

1-5 個人情報の取扱について

調査実施前に、モニターの方々に事前に集まって頂き、機器の操作方法についての説明会を開催した。併せて個人情報保護法について説明すると共に、取得したデータについて、交通行動分析に用いること、調査結果等外部に発表する場合には匿名処理することなどを説明し、事前承諾を得ている。

2. PP調査の特徴

平成16年度のPP調査では、2週間に渡って協力者の位置情報及び時刻情報も含めた行動データを蓄積した。その中から、利用経路の変化、移動時間帯の変化について、特定のサンプルを用いて考察した。その特徴的な結果を以下に述べる。

2-1 利用経路の把握

あるモニター（仮にA氏とする）が調査期間に行った18回の移動について、その経路を地図上にプロットしたものを図-2に示す。この軌跡を見ると、A氏は神戸市の大蔵谷付近から大阪市都心部まで、往復とも毎日ほぼ同じ経路を選択している。つまり、A氏は通勤経路を固定していると考えられる。



図-2 モニターA氏の移動軌跡

2-2 日毎による移動時間帯の変化

モニターA氏の日々の移動時間帯（出発設定時、到着設定時の差）及び所要時間、平均速度を図-3に示す。これらの図は、モニターが移動を行った日（横軸）ごとに、その移動の時間帯を縦軸方向の実線で示し、旅行時間と平均速度と併せて記したものである。これから出発・到着時刻や旅行時間の変化がわかる。

A氏は、毎日8時頃に出勤している。その旅行時間は70分～86分の間に分布しており、平均74分、標準偏差は5.2分である。一方、帰宅は概ね20時以降であるが、旅行時間は朝の出勤時に比べて短い（平均48分、標準偏差5.9分）。つまり、20時以降の方が速く移動できることが読みとれる。帰宅の旅行時間については、早め（18時台）

に帰宅した2月7日についてのみ60分を上回っており、夕方ピーク時の交通混雑の影響が10分強の旅行時間の増加として現れている。

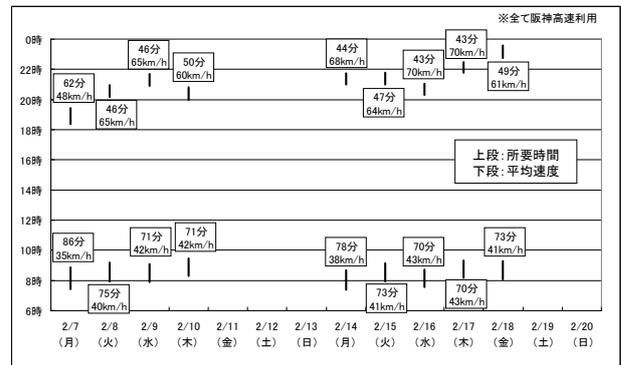


図-3 モニターA氏の日々の移動時間帯

2-3 モニターの交通行動の時空間的考察

(1) 時空間的分析の必要性

民営化後、高速道路の利用促進と有効活用をねらいとした料金施策が検討・実施されることが増えてきた。今後の交通運用施策を評価・分析するには、交通行動を時空間上で考察することが不可欠といえる。時空間上の交通行動データとしては、従来のOD調査で得られる横断面データより、今回の調査で得られる縦断面データが望ましい。これは、特定の一日の行動を把握し、それを平均的な一日として扱うのではなく、行動データを蓄積し、日々の変動や時間帯の変動を把握することにより、よりきめ細かな分析が可能と考えられるからである。

(2) 時空間的に見た交通行動

a) 時空間パスの作成

PP調査では、位置情報と時間情報を同時に収集しているため、例えば、図-4のような交通行動の時空間パスを得ることができる。

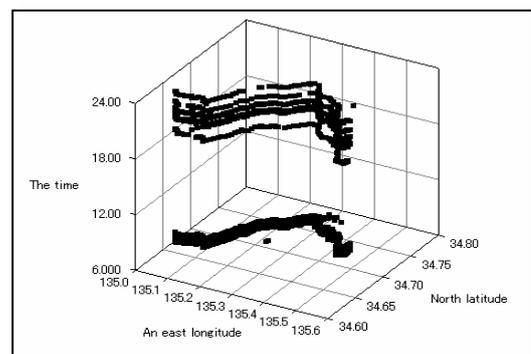


図-4 モニターA氏の時空間パス

これらの図は、モニターの日々の行動について日付を考慮せず1枚の図にオーバーレイしてプロットしたもので、24時間のモニターの行動特性を知ることができる（水平面が地理空間、鉛直軸が時間軸を表す）。モニターの行動は通勤者のものであるが、時間方向の広がり、朝の通勤では小さく、帰宅時では大きいことが読みとれる。交通目的や利用経路、トリップの起終点に関する情報を付加すれば、詳細な阪神高速道路利用者の交通行動の時空間パスを得ることができる。

b) 時空間で見た交通行動の特徴の把握

調査協力者の大半は阪神高速道路のヘビーユーザーである。ヘビーユーザーの特徴を分析する方法として「時空間密度」からのアプローチを試みることとした。

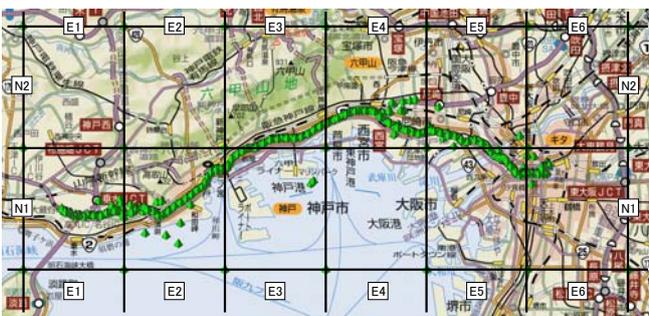


図-5 モニターA氏の分析に用いたメッシュ図
そのねらいは、ユーザの時間的かつ空間的な移動データを有効活用することにある。検討の第一歩として、時空間（24時間と地理空間）という三次元座標空間をメッシュで区切って得られるセル

各々に対してモニターの移動軌跡を割り付け、移動軌跡全体に対する各セルに含まれる軌跡の割合（存在確率）を求め、これを「時空間密度」と捉えることとした。

先に示したモニターについて、実際に時空間密度を求めた。その方法と結果について以下に述べる。

メッシュの切り方は次のように行った。地理空間については、図-5のように1/10度（6分、約10km程度）四方の大きさに区切った。次に、時間軸については、30分単位で区切ることにした。このとき、各セルの存在確率は次式で得られる。位置データの取得間隔は一定（10秒）であるので、メッシュ内データ数=メッシュ内存在（滞在）時間となる。

$$\text{存在確率 } P_{ijk} = \frac{\text{メッシュ内データ数 } S_{ijk}}{\text{総データ数 } \sum S_{ijk}}$$

- i : 緯度メッシュ数
- j : 経度メッシュ数
- k : 時刻メッシュ数

モニターA氏の通勤目的移動における時空間密度を表-2に示す。

この表は、行方向が地理空間、列方向が時間軸の三重クロス表である。この表から、出勤時時刻メッシュは帰宅時時刻メッシュの半分以下の大きさであること、南北方向メッシュでは、出勤・帰宅ともにN1での時空間密度がN2の2倍以上である

表-2 位置データ数から見た時空間密度（A氏）

経度	緯度	出勤一時刻(○●○時)					帰宅一時刻(○●○時)																		
		T1 7.0- 7.5	T2 7.5- 8.0	T3 8.0- 8.5	T4 8.5- 9.0	T5 9.0- 9.5	**Total	T23 18.0- 18.5	T24 18.5- 19.0	T25 19.0- 19.5	T26 19.5- 20.0	T27 20.0- 20.5	T28 20.5- 21.0	T29 21.0- 21.5	T30 21.5- 22.0	T31 22.0- 22.5	T32 22.5- 23.0	T33 23.5- 24.0	T34 24.0- 0.5	**Total					
E1 135.0-1	N1:34.6-7	1.6%	6.0%	7.3%			15.0%						4.7%	0.6%	5.7%	1.6%				1.0%	1.0%	17.4%			
	N2:34.7-8						15.0%			2.8%			4.7%	0.6%	5.7%	1.6%				1.0%	1.0%	17.4%			
	*total	1.6%	6.0%	7.3%			15.0%			2.8%			4.7%	0.6%	5.7%	1.6%				1.0%	1.0%	17.4%			
E2 135.1-2	N1:34.6-7		7.9%	10.0%	4.5%		22.3%						5.5%	2.1%	4.6%	1.8%				2.2%	0.1%	18.6%			
	N2:34.7-8																								
	*total		7.9%	10.0%	4.5%		22.3%						5.5%	2.1%	4.6%	1.8%				2.2%	0.1%	18.6%			
E3 135.2-3	N1:34.6-7		1.0%	3.3%	1.0%		5.3%		0.4%	0.7%			0.2%	1.7%	1.7%		0.6%			0.2%		5.6%			
	N2:34.7-8			4.5%	2.5%		6.9%		2.1%				1.1%	1.9%	2.6%		0.9%			1.1%		9.6%			
	*total		1.0%	7.8%	3.5%		12.3%		2.4%	0.7%			1.3%	3.6%	4.3%		1.5%			1.3%		15.2%			
E4 135.3-4	N1:34.6-7																								
	N2:34.7-8			3.8%	6.2%	0.4%	10.3%		1.8%			1.8%	2.7%	5.0%		1.3%				1.5%		14.1%			
	*total			3.8%	6.2%	0.4%	10.3%		1.8%			1.8%	2.7%	5.0%		1.3%				1.5%		14.1%			
E5 135.4-5	N1:34.6-7			3.5%	12.0%	5.6%	21.1%		1.1%			2.7%	2.7%	0.7%						0.7%		7.9%			
	N2:34.7-8			3.2%	4.7%	1.1%	9.0%		1.0%			2.1%	1.0%	2.4%	0.5%	0.4%	0.6%			0.6%		8.5%			
	*total			6.7%	16.7%	6.7%	30.1%		2.1%			4.7%	1.0%	5.1%	1.2%	0.4%	1.3%			0.6%		16.4%			
E6 135.5-6	N1:34.6-7				3.8%	6.3%	10.0%	1.6%	0.6%			0.1%	6.6%	1.3%	4.0%	1.9%				2.1%	0.1%	18.3%			
	N2:34.7-8																								
	*total				3.8%	6.3%	10.0%	1.6%	0.6%			0.1%	6.6%	1.3%	4.0%	1.9%				2.1%	0.1%	18.3%			
Total	N1:34.6-7	1.6%	14.9%	24.2%	21.2%	11.9%	73.8%	1.6%	2.1%	5.8%	0.1%	9.5%	13.2%	11.1%	13.0%	4.0%	2.8%	3.5%	1.1%			67.8%			
	N2:34.7-8			11.4%	13.3%	1.5%	26.2%		4.9%			5.0%	5.6%	10.0%	0.5%	2.6%	0.6%	3.2%				32.2%			
	*total	1.6%	14.9%	35.6%	34.6%	13.3%	100.0%	1.6%	6.9%	5.8%	0.1%	14.5%	18.8%	21.0%	13.5%	6.6%	3.4%	6.7%	1.1%			100.0%			

こと、東西方向メッシュでは、出勤時に比べて帰宅時にはバラツキ（＝渋滞）が少なく、各メッシュとも 20%以下の時空間密度であること等がわかる。

3. 弾力的な料金による交通行動の変化

3-1 調査スケジュール

(1) 基礎調査 (1/16~1/22)

特に、新たな通行料金の設定は行わない。通行料金を変化させた時に比較検討を行う上での基礎データを得るために設定した。

(2) 仮想対距離料金調査 (1/23~1/29)

阪神高速(株)では、均一料金制から対距離料金制への移行を検討している。そこで、対距離料金を仮想的に設定し、1項で述べたモニターの阪神高速道路の利用意向に関する SP 調査を実施した。

なお、SP 調査における対距離料金は質問中に金額を示すにとどめ、仮想対距離料金と現行料金の差額精算など、実際の金銭のやり取りは行わなかった。調査スケジュールを図-6 に示す。

図に示すように、約 5 週間の調査期間を 1 週間ごとに区切り、週毎に異なる通行料金を与えた。

具体的には、(1)の通常調査期間中に得られた全モニターの移動軌跡をチェックし、3号神戸線を利用しているモニター及び3号神戸線を利用する可

	月	火	水	木	金	土	日
2006年 1月	16	17	18	19	20	21	22
	通常調査						
2月	23	24	25	26	27	28	29
	仮想料金調査						
	30	31	1	2	3	4	5
	環状線直近100円割引						
	6	7	8	9	10	11	12
	6時台：30%割引					終日：30%割引	
	13	14	15	16	17		
	6時台：50%割引						
	20	21	22	23	24	25	26

図-6 調査スケジュール

能性があるモニターを抽出し、彼らを対象として仮想的な対距離料金 (A, B の 2 パターン) を想定した SP 調査を行った。

■パターン A：阪神高速道路非利用者への質問
普段は平面街路を利用しているモニターを対象とし、移動パターンから想定される阪神高速道路のランプペアの対距離料金(想定値)を示し、高速道路に転換するかどうかを質問した。

■パターン B：阪神高速道路利用者への質問
普段は阪神高速を利用しているモニターを対象とし、その利用ランプペアについての対距離料金(想定値)を示し、平面街路に経路を変更するか、他のランプペアを利用するか質問した。

(3) 1号環状線直近 100円割引調査 (1/30~2/5)

阪神高速道路において、1号環状線と他路線の合流部における交通流の錯綜を起因とする渋滞ポイントが少なくない。1号環状線の渋滞対策という観点から、同路線に流入する交通量を適切にコントロールすることが必要と考えられる。

そこで、環状線直近の出路(福島、梅田、南森町、森ノ宮、なんば、湊町、西長堀、中之島西、海老江、波除)を利用したモニターに対して、その際の通行料金を 100円割引した。料金割引により、環状線の一步手前での排出を促進しようという狙いである。

なお、(3)の調査では、PP 調査で収集するデータ等に基づいて割引対象の出路の利用状況を把握し、全調査終了後に割引金額分をモニターにキャッシュバックした。

3-2 基本属性

今回調査・分析を行ったモニターの主な属性は、以下の通りである。なお、全体は 91 名である。

- ①年齢・性別は 30~40 歳代の男性が多い(68%)、
- ②職業は会社員が多い(74%)、
- ③利用車種は乗用車が多い(89%)、
- ④車での移動は平日が多く(56%)、交通目的として通勤(54%)と業務(33%)が多い、
- ⑤料金の支払い方法は ETC(78%)と現金等(22%)である。 ()は全体に対する割合

4. 分析結果

4-1 モニターの車利用の概況

(1) 1日あたりの平均トリップ数

調査期間中の総トリップは 5,877, モニター一人あたりの平均トリップは 1.96 トリップ/日であった。

(2) 目的別トリップ数

全てのトリップから 5 分以上 3 時間未満のトリップを抽出し (5,537 件), その目的に基づいて分類した。通勤・通学, 業務 (その他) がそれぞれ 4 割程度であり, これらの合計で全トリップの 8 割程度を占めている。

(3) 曜日別トリップ

調査期間 5 週間の各週について, 曜日別のトリップ数を図-8 に示す。平日の利用に比べて, 土日の利用が少なく, 土曜日は平日の半分強, 日曜は 3~4 割程度まで減少することがわかる。

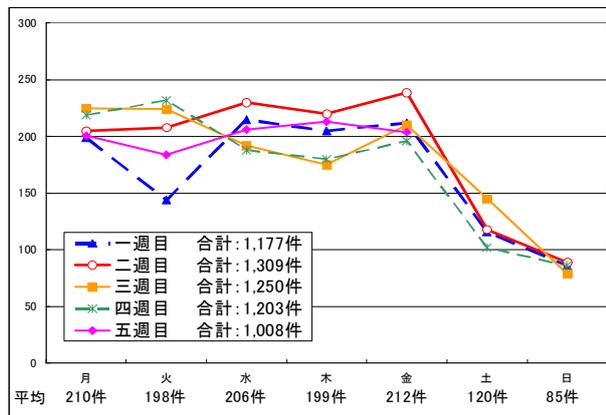


図-8 曜日別トリップ数

(4) 出発時刻分布

出発時刻分布について, 今回の PP 調査と第 21 回起終点調査の結果をあわせて図-9 に示す。図からわかるように, 午前では朝 7 時台, 午後では夕方 5 時台での出発が多く, これは通勤・通学目的のトリップの影響が大きいためと考えられる。また, PP 調査と第 21 回起終点調査で出発時刻の分布は類似しており, 今回の PP 調査で収集されたデータの有効性を示唆するものと考えられる。

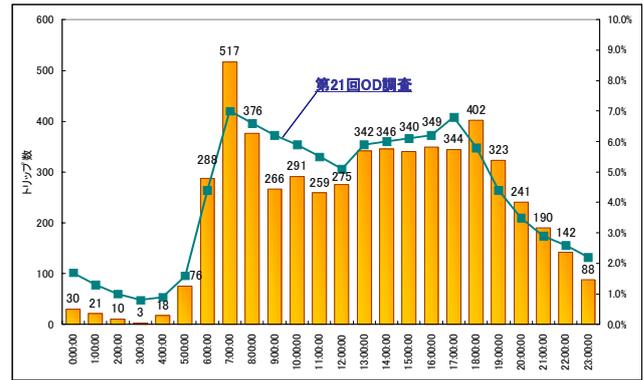


図-9 出発時刻分布

4-2 仮想対距離料金制に対するモニターの反応

Web ダイアリーを用いて, 阪神高速道路に仮想対距離料金を想定した場合の経路選択に関する意識データ (高速/一般の選択) を収集した。併せて, 阪神高速道路利用による予想旅行時間を質問した。

(1) 平面街路利用モニターの反応

対距離料金制度の導入により, 通行料金が現行より下がれば, 平面から高速に転換するか否かの質問を行った。

(対距離料金の下で) 平面街路をそのまま利用すると回答したモニターについて, 現行料金と仮想対距離料金の関係を図-10 に示す。

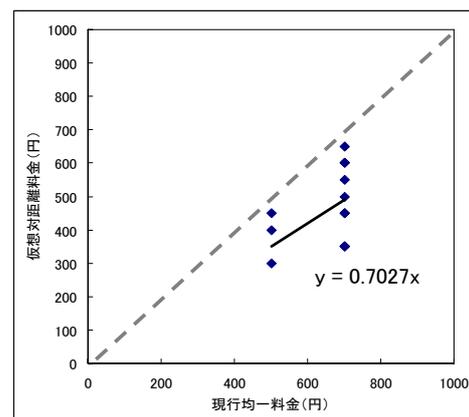


図-10 現行料金と仮想対距離料金の関係 I
(阪神高速への転換意向なし)

上図は, これらのモニターは, 対距離料金制になると料金が値下げされることを示しているが, 平面街路を利用するモニターは, 通行料金が 3 割低下しても, 阪神高速に転換しないという傾向を示

している。

なお、高速への転換意向のあるモニターは今調査では2名しかいなかったため分析から除外した。

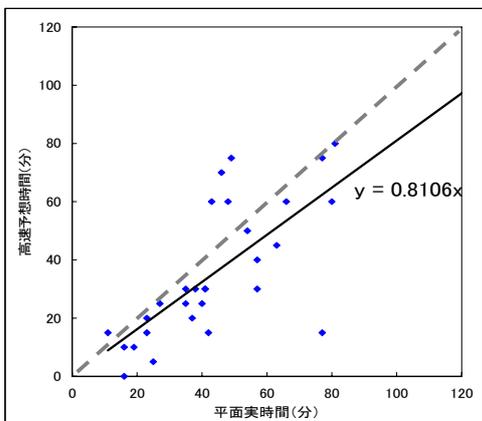


図-11 阪神高速利用による時間短縮予想
(平面街路利用モニター)

また、阪神高速利用による時間短縮は(平面街路の利用に比べて)概ね2割程度と意識されている(図-11参照)。

以上から、平面利用モニターは、阪神高速を利用することによる時間短縮効果がある程度認めつつも、料金抵抗を上回る効果とは判断していないと考えられる。

(2) 阪神高速利用モニターの反応

対距離料金制度の導入により、通行料金が現行より上がる場合、高速利用者が引き続き高速を利用する意向があるかの質問を行った。

その結果、概ね通行料金が6%上がっても、阪神高速を利用し続けるが、24%上がると平面街路に転換するという結果が得られた(図-12, 図-13参照)。

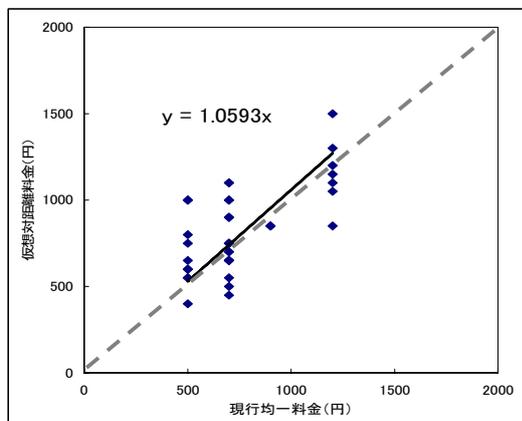


図-12 現行料金と仮想対距離料金の関係Ⅱ
(平面街路への転換意向なし)

また、阪神高速を利用することによる時間短縮を平面街路に比べて5割程度と考えているというモニターが多いという結果が得られた。(図-14参照)

阪神高速利用モニターは、高速利用による時間短縮効果は5割程度と大きく評価する一方、通行料金については1割程度の値上げしか許容していないことがわかる。

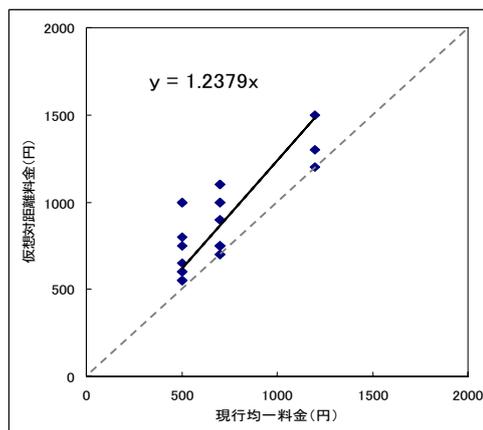


図-13 現行料金と仮想対距離料金の関係Ⅲ
(平面街路への転換意向あり)

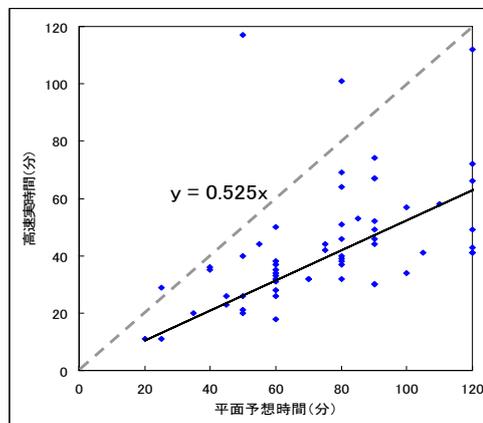


図-14 阪神高速利用による時間短縮予想
(高速利用モニター)

4-3 環状線直近100円割引へのモニターの反応

調査期間中の総トリップ数1,250のうち、割引対象は56トリップで、全体の約4%であった。

割引対象出路を利用したモニター10名を対象として、Webダイアリー調査による追跡アンケートを行った。その結果、10名のうち3名は割引を意

識して出路を決定したと回答した。よって、56 トリップのうち3人×2トリップ/人日×5日=30トリップ程度は、割引を意識したものと推察されるが、サンプル数が少ないので、今後、追加の調査・分析が必要と考えている。

5. まとめ

以上、PP 調査の特徴及び PP 調査を利用した弾力料金下における行動変化について述べてきた。

PP 調査は、当社では初めて取り組むものであり、今後の活用方法を含めて、さらに詳細に分析していきたいと考えている。

また、PP 調査は紙ベースのアンケート調査に比べ、詳細で正確なデータが得られる反面、サンプル数を増やすのが困難である。そこで、利用者数

の増大により、膨大な量のデータが蓄積されつつある ETC データなど、他の交通データと適切に役割分担し、PP 調査の価値を高めていくことが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 朝倉康夫, 羽藤英二: 交通ネットワーク上の経路選択行動: 観測と理論, 土木学会論文集, No.660/IV-49, pp.3-13, 2000.
- 2) 三谷卓摩, 羽藤英二: 被験者回答フローに着目したプローブパーソン調査システムの有効性, 第30回土木計画学研究発表会(秋)講演集, 2004.2
- 3) 朝倉康夫, 中川真治, 岡本篤樹, 北澤俊彦: プローブパーソン調査に基づく阪神高速道路利用者の行動の時空間分析, 第32回土木計画学研究発表会(秋)講演集, 2005.12
- 4) 朝倉康夫, 中川真治, 岡本篤樹, 北澤俊彦, 八ッ元 仁: プローブ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, 第33回土木計画学研究発表会(春)講演集, 2006.6

ANALYSIS OF ROUTE CHOICE BEHAVIOR UNDER FLEXIBLE TOLL SYSTEM OF THE HANSHIN EXPRESSWAY BASED ON PROBE-PERSON TRIP SURVEY

Toshihiko KITAZAWA and Hitoshi YATSUMOTO

Cellular phones with the GPS function allow tracking the movement path of individuals, and attribute and other information of each trip can be known through their inputs to a web diary system. This probe-person trip survey method also enables surveys on their responses to new policies through their answers to virtual questions. A probe-person trip survey was carried out to obtain fundamental data for determining the effect of future charge policy on the use of the Hanshin Expressway. This paper reports its results, with a special focus placed on the relationship between toll changes and use/non-use of the expressway and its patterns.

北澤 俊彦



阪神高速道路株式会社
計画部 調査グループ
Toshihiko Kitazawa

八ッ元 仁



阪神高速道路株式会社
計画部 特定調査グループ
Hitoshi Yatsumoto