

テーラーメイド型SP調査による 所要時間傾向情報提供時の 経路選択行動分析

馬場 悠介¹・宇野 伸宏²・中村 俊之³・山崎 浩気⁴・倉内 文孝⁵

¹非会員 東京電力株式会社 (〒100-0011 東京都千代田区内幸町一丁目1-3)
E-mail:baba.yusuke@tepcoco.jp

²正会員 京都大学経営管理大学院 (〒615-8530 京都市西京区京都大学桂Cクラスター)
E-mail:uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8530 京都市西京区京都大学桂Cクラスター)
E-mail:nakamura@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁴正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8530 京都市西京区京都大学桂Cクラスター)
E-mail:baba@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁵正会員 岐阜大学工学部 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番1)
E-mail:kurauchi@gifu-u.ac.jp

交通事故等の突発事象発生時には日常の交通状況とは異なる状況が発生することから、可変交通情報板(VMS: Visual Message Sign)では、即効性が高く、現実情報を補う情報として、所要時間傾向情報の提供が近年高速道路会社で導入されている。

しかし、所要時間傾向情報は提供されたのが最近であることから、実際にドライバーの経路選択にどのような影響を与えているのかについてはこれまで十分に調査・把握されているとは言い難い。そこで、本研究では、利用者の実際の行動に基づくテーラーメイド型SP調査を通じて、所要時間傾向情報提供がドライバーの経路選択行動に与える影響を分析した。

Key Words : *Trend Information of Travel Times, Tailor Made Stated Preferences Survey*

1. はじめに

ITSの進展に伴い、VICS情報や自動車メーカー等のカーナビゲーションシステムにより、交通渋滞の発生箇所や目的地までの所要時間等の道路交通情報提供され、ドライバーは平常時の交通状況を比較的容易に把握できる環境が整ってきた。一方で、現在提供されている交通情報は、現時点の交通状況に基づいた現在情報が主であり、時々刻々と交通状況が変化し、渋滞が発生・解消する際に情報と実際の交通状況に乖離が生じることが想定される。

こうした交通状況が変化する時にこそ、精度の高い情報をドライバーに提供することが理想的ではあるが、技術的には決して簡単ではない。そういった中で、首都高速道路(以下、首都高速)や阪神高速道路(以下、阪神高速)では、都市高速道路上に設置されている可変情報板(VMS: Visual Message Sign)により、即効性が高く、現在情報を補う情報として、所要時間傾向情報の提供が近年導入されてきている所要時間傾向情報とは、交通状

況の変化を示す情報であり、現時点の所要時間を基準として、その変化方向を示す情報である。所要時間と比して増加する傾向にあれば上向き矢印、減少する傾向にあれば下向き矢印を所要時間の横に提示する情報である。

所要時間傾向情報提供のねらいとしては、所要時間情報と所要時間傾向情報を合わせて提供することで、ドライバーの経路選択に関わる不確実性を緩和し、合理的な意思決定を支援することの可能性が考えられる。その結果、渋滞の緩和や交通流の円滑化などにつながる可能性も期待されている。

しかし、所要時間傾向情報の提供されたのが最近であることから、実際にドライバーの経路選択にどのような影響を与えているのかについてはこれまで十分に調査・把握されているとは言い難い。また、阪神高速道路においては、現状では所要時間の増加傾向のみを情報として提供しており、減少傾向については未提供である。

そこで、本研究では所要時間傾向情報提供時のドライ

バーの経路選択行動について、提供情報の内容や項目等を分析側が設定して分析ができるという利点を考慮し、web上のアンケート調査システムを用いたSP調査により分析を行なうものとする。その際、所要時間の増加傾向の見らず減少傾向についても、あわせて影響分析するものとする。

本研究では、SP調査が抱える提示される条件（所要時間、費用等）に対する被験者の過剰反応を緩和するため、予め被験者の日常的な経路選択行動を把握したうえで、その情報に基づき、SP調査の具体的な条件を設定・調整する、いわゆるテーラーメイド型SP調査を採用している点に特徴を有している。テーラーメイド型SP調査による経路選択調査を行なった背景については、第2章にて解説する。

2. 既往研究

高速道路の混雑時にドライバーへの情報提供を行なった際の利用者の交通行動分析については比較的多くの研究がこれまでなされてきている（例えば、宇野ら¹⁾ 大口ら²⁾。そうした中で、所要時間傾向情報を扱った研究として、田中ら³⁾は、PCを利用した室内経路選択実験データを用いて、1ODペア2経路の単純なネットワークにおいて所要時間情報とその増減傾向を示す傾向情報が経路選択行動に及ぼす影響を個人異質性に着目して分析を行なった。分析の結果、所要時間傾向情報の有無により、ドライバーの経路選択には差異が生じる一方で、個人の経路選択嗜好の差異により影響が異なることを明らかにした。所要時間提供情報については、提供情報の精度に関わらず影響を及ぼすことが明らかとした。

安らは⁴⁾は、田中ら³⁾と同様の1OD2経路の単純なネットワークを対象に、室内実験により傾向情報提供下の経路選択データを収集、モデル推計結果を利用して、交通シミュレーションを用いて、傾向情報の提供効果の分析を行った。分析の結果、経路選択傾向情報提供による道路交通状態の調節可能性に関して、渋滞が発生して交通が交互に集中する、いわゆるハンチング現象が起きやすい1OD2経路のネットワークケースでは、傾向情報の提供により、道路交通状態はネットワークのサービス水準が向上する方向に制御される可能性が示唆している。

日下部ら⁵⁾は、都市高速道路を想定したネットワークを対象に、webシステムを活用したSP調査により、突発事象発生時の情報に基づくドライバーの経路選択行動との関係を分析している。分析の結果、渋滞区間の距離や旅行時間情報に加えて、渋滞区間における所要時間傾向情報や料金体系が突発事象時の経路選択に影響を与えることを示している。特に所要時間傾向情報に着目すれば、増加傾向の情報は、減少傾向の情報と比較して、約2.3

倍の影響力があり、道路利用者は旅行時間の増加に対して敏感であることを示している。その影響は、増加傾向情報を所要時間に換算して約6分の増加、減少傾向で約3分の減少に相当することを示している。

田中ら³⁾、安ら⁴⁾、日下部ら⁵⁾の研究アプローチはいずれも都市高速道路を想定したネットワークを対象に室内実験としてSP調査を実施し、ドライバー（アンケート被験者）の経路選択行動の分析を行なっている。ここで、SP（Stated Preference）調査より得られたデータは、実験者が任意に設定可能な実験データであることから、操作性が非常に高く、意思決定における属性間の関係性を捉えることに適している。しかしながら、市場における行動原理が必ずしも厳密に働かないことから、被験者が回答するSPデータは実際の行動結果とは一致しないことがあるなどデータの信頼性の問題を抱えていることが知られている（SP調査による生じる問題については、森川ら⁶⁾、藤井ら⁷⁾に詳しい）。つまりデータに含まれたバイアスが構築するモデルの精度やパラメータに影響を与えることは容易に推測ができる。

そこで、webによるSP調査を実施する本研究においてはテーラーメイド型SP調査を実施することとした。テーラーメイド型SP調査とは、各被験者が今回対象とする阪神高速道路において、日常的に実際に行なっている経路行動に基づき、統一のSP調査の因子と水準を設定しつつ、日常的に利用するネットワーク条件を反映させ、被験者個々に対応した設問を作成した上で、実施するSP調査である。そのため、本研究ではweb上でのアンケート調査を同一被験者に対して2回実施している。このテーラーメイド型SP調査により、これまでの仮想状況下での選択行動と日常的に利用している現実にも似た場面での意思決定との乖離を解消、調査バイアスの緩和を図るものである。なお、こうした、テーラーメイド型SP調査を実施した研究としても、阪神高速道路を対象に情報提供及び料金調整を用いた新たな流入制御施策に基づく利用者行動変化を分析した中川ら⁸⁾の、本研究とRP調査を実施し、事前に普段の行動を1人1人にアンケートを実施し、その上で各個人で異なる調査票を作成し、利用者の先行を尋ねるSP調査を実施した三荒ら⁹⁾の事例が存在する。なお、三荒ら⁹⁾の研究と本研究におけるアンケート調査は、第1回アンケートを同一被験者に実施しており、一部内容についても重複しているため、必要に応じて参照して頂きたい。

上記で示したように、本研究では被験者が実際に利用している阪神高速道路を対象としたSP調査を行い、所要時間傾向情報の提供が経路選択の意思決定に影響を及ぼすのかについて検証する。

3. 調査設計

本章ではテーラーメイド型SP調査の調査概要について説明する。なお、本研究では、阪神高速道路の利用者を対象に所要時間傾向情報が経路選択に与える影響を分析することから、アンケート調査の被験者として、阪神高速道路(株)のアンケート調査モニターを利用している。なお、アンケート調査はweb形式での実施であり、回答者には回答の謝礼として、ポイントが付与される仕組みである。

3.1. 調査の目的と概要

本研究では、阪神高速モニターを対象としたWebアンケート調査は、同一被験者に対して2回実施する形で、1回目に主として日常的な阪神高速道路利用状況調査、2回目にSP調査を行った。そのため、2回目のSP調査では、1回目の実態調査において、被験者1人1人の日常の交通行動を把握し、これらの行動を元に、普段の行動に即した異なる調査票を作成し、SP調査を実施している。そのため、本研究での調査手法をテーラーメイド型SP調査と称して、以下論を進める。実施した2回のアンケート調査の目的と実施時期、対象者数を表1に示す。

2回のアンケート調査の目的は、1回目の実態調査（以下、第1次調査と呼称）は、2回目のアンケート（以下、SP調査と呼称）実施のための被験者のスクリーニングおよび日常的な交通行動の把握が目的であり、第2次調査では、スクリーニングされた被験者に対して、所要時間傾向情報提供下での経路選択分析のため、テーラーメイド型SP調査を実施した。

ここで、第1次調査の回答者数は668人、テーラーメイド型調査の回答者数は255名である。第2回調査自体の回答者数は298名（回答率44.6%）であり、今回、テーラーメイド型SP調査とともに、共通の仮想ネットワークを想定し経路選択を問う従来型のSP調査も並行して実施したために、実際の回答者数と今回の分析対象者数が異なっている。従来型のSP調査とテーラーメイド型SP調査を合わせて実施した意図は、主として仮想状況を想定して意思決定を問う調査手法であるSP調査において往々にして見受けられる現実場面との乖離を、テーラーメイド型SP調査を行なうことで緩和できるか否かという点を検証することを目指したためである。この論点についての詳細は、三荒ら⁹⁾の結果を参照されたい。

3.2. 第1次調査：RP調査

第1次調査は、第2次調査で行うテーラーメイド型SP調査を被験者の日常的な阪神高速道路利用状況を踏まえて、設定するための情報を得ることが目的である。

第1次調査の設問としては、阪神高速の利用に関する項目、大阪都心部への自動車移動する際の阪神高速道

表1 調査の目的・調査時期・対象者数

第1次調査：RP調査	
目的	テーラーメイド型SP調査のためのスクリーニング
調査対象	阪神高速道路のアンケート調査モニター
調査時期	2013年8月19日～31日（13日間）
有効回答数	668名（回答数1,150名）
第2次調査：テーラーメイド型SP調査	
目的	テーラーメイドSP調査の実施による所要時間提供情報の影響分析
調査対象	第1次調査でスクリーニングした668人の被験者
調査時期	2013年12月13日～12月27日（15日間）
分析対象数	255人

表2 第1次調査の設問内容

項目1：阪神高速の利用
<ul style="list-style-type: none"> ・阪神高速の利用頻度 ・主な利用目的
項目2：大阪都心部への自動車移動する際の阪神高速道路利用 OD
<ul style="list-style-type: none"> ・主に利用する阪神高速の入口・出口ペア ・上記入口・出口ペアの利用頻度/主な利用目的 ・上記ペアの所要時間（通常時/混雑時/閑散時） ・上記ペアの主な利用日（平休）/時間帯 ・ルート案内の有無/ET利用の有無 ・高速道路料金の負担者
項目3：一般道の代替経路
<ul style="list-style-type: none"> ・代替経路（具体的にプロットして作成） ・代替経路の利用頻度/所要時間（通常時/混雑時/閑散時） ・代替経路への変更した理由/変更しない理由
項目4：高速道路の情報利用
<ul style="list-style-type: none"> ・VICS, JARTIC, ラジオ, 可変交通情報版, 阪神高速 web サイトの利用頻度/利用場面 ・上記メディアによる行動変更の可能性/役に立つ情報/評価
項目5：所要時間傾向情報
<ul style="list-style-type: none"> ・所要時間傾向情報の認知有無/意味の理解 ・所要時間傾向情報の参考度合い
項目6：突発事象情報
<ul style="list-style-type: none"> ・突発事象情報の参考度合い ・新たな情報のニーズ/自由回答欄
項目7：個人属性
<ul style="list-style-type: none"> ・性別/年齢/職業・職種 ・免許保有歴/所持自動車の種類 ・日常的な運転頻度



図1 テーラーメイド型SP調査画面

路利用ODに関する項目とその一般道の代替経路に関する項目、高速道路の情報利用に関する項目、所要時間傾向情報に関する項目と、突発事象に関する項目、個人属性の7項目を設定した。各項目での設問内容を表2に示す。

このうち、大阪都心部への自動車移動の際の阪神高速道路利用ODとは、被験者が阪神高速を利用する場合に「主に利用する阪神高速の入口・出口のペア」のことである。その一般道の代替経路と利用有無・頻度とは、「もし阪神高速を利用せずに一般道を利用する場合の経路」を回答してもらうとともに、各被験者の代替経路の利用の有無および頻度も回答してもらった。この2つの設問は、被験者別にテーラーメイド型SP調査を設計する上で、被験者が実際に利用している現実的なネットワークを設定するために重要な点である。

3.3. 第2次調査：テーラーメイド型SP調査

(1) SP調査で被験者に与えられる情報内容

テーラーメイドSP調査設計にあたって、被験者に与えられる情報は、「阪神高速入口」、「阪神高速出口」、「選択できるルート」、「利用料金」、「移動する目的」、「図形情報板の提示情報」、「選択できるルートのOD距離」の7項目である。これらの項目は、先述の通り、第1次調査のデータに基づき、各被験者ごとに設定されることとなる。図形情報板は、阪神高速の入口に設置されているものとし、情報板の表示内容としては、渋滞区間・渋滞原因・渋滞長・所要時間情報・傾向情報・

一般道所要時間情報の6点である。なお、被験者に提示した設問内容、情報板の内容、選択できるルートの例を図1に示す。

(2) 対象ネットワークの設定

対象ネットワークは、阪神高速とその代替経路となる一般道の2経路とした。本研究では、被験者が日常的に利用に基づく設問を設定する必要があることから、被験者それぞれに個別のネットワークを設定した。具体的には、被験者Aには、阪神高速2号淀川左岸線、被験者Bには5号湾岸線、被験者Cには3号神戸線といった通りである。これは第1次調査で把握した阪神高速の最頻利用路線を踏まえて設定されている。その上で、阪神高速OD、代替経路の設定は、第一次調査の「主に利用する入口・出口のペア」および「もし阪神高速を利用せずに一般道を利用する場合の経路」の回答内容を反映している。

(3) 阪神高速利用料金の設定

提示する阪神高速の利用料金は、実際に阪神高速が採用している距離料金制を用いて、上記の阪神高速OD間の距離に基づき設定した。

(4) 高速道路利用目的の設定

高速道路利用目的は、第一次調査の回答結果を反映し、通勤や私事等を設定した。

(5) 調査因子と水準

表3 設定因子と水準

水準	傾向情報	渋滞長	渋滞原因	一般道情報	渋滞発生地点
1	増加傾向	延長の 80%	自然渋滞	30km/h で走行した所要時間	渋滞頻発地点
2	減少傾向	延長の 40%	事故渋滞	15km/h で走行した所要時間	高速入口地点
3	表示無し	延長の 10%	自然渋滞*	表示無し	渋滞頻発地点

*: 擬水準として、「自然渋滞」を設定。自然渋滞とは交通集中渋滞のこと

実験者が操作可能かつ経路選択に影響を及ぼす可能性が高い因子として、表3に示した傾向情報・渋滞長・渋滞原因・一般道情報・渋滞発生地点の5因子で、それぞれ3水準の設定を行なった。経路選択モデルの推定に十分なデータを集め、かつ被験者1人あたりの回答の負担を減らすために、本調査では実験計画法の考え方を採用し、L27 (313) を用いて因子を割り付け、27通りの因子・水準の設定を行った。以下では、調査因子とその水準について概説する。

① 所要時間傾向情報

所要時間と比して増加する傾向であれば上向き矢印、減少する傾向であれば下向き矢印を所要時間の横に表示することとする。これに加えて（傾向情報）表示なしの3水準設定した。なお、阪神高速では、現在のところ所要時間減少傾向の提供は行われていないが、本研究では減少傾向についても水準として設定した。また、表示なしは傾向情報を提供しない、つまり所要時間情報のみを提供した場合に相当する。

② 渋滞長

各路線で、阪神高速上の実際の日常的な渋滞発生状況を考慮して、渋滞が発生する箇所を予め設定しておき、その箇所と各被験者の利用入口との間を潜在的な渋滞発生区間とした。その上で、渋滞長水準は、この渋滞発生区間のうち、何%の距離で渋滞しているかで定義した。

渋滞長の水準は、潜在的な渋滞発生区間長の 80%、40%、10%の3水準とした。80%は大規模の渋滞を表し、40%は中規模の渋滞を、10%は小規模の渋滞を想定している。

各被験者には、対象入口から渋滞箇所までの潜在的な渋滞発生区間長を算出し、実験計画法で割り当てられた渋滞長の水準の積を、渋滞長として表示した。

なお、阪神高速各路線の渋滞発生箇所は、例えば、4号湾岸線であれば16号大阪港線阿波座合流部、12号守口線であれば守口線・環状線合流部、14号松原線であれば駒川入口といった現実の渋滞状況を反映させて作成した。

③ 渋滞原因

渋滞原因の種類としては、交通集中に基づく渋滞（以下では「渋滞」と表記）と事故渋滞の2水準で設定した。

渋滞中の走行速度は時速 30km、事故渋滞時の渋滞中速度を時速 15kmと仮定した。

④ 一般道情報

第1次調査で設定した被験者別の代替経路に関する所要時間情報である。現状阪神高速においては、実際提供されていない情報であるが、経路選択要因としては少なからず影響を及ぼす可能性が考えられるため、本研究では一般道情報の情報提供も想定して、SP調査を設計した。

一般道的水準は、時速 15km は混雑時の交通状況を表し、時速 30km は通常時の交通状況を表すと仮定する。

「表示なし」の場合は、現状同様一般道情報を提供しない、つまり、現在の実際の入口情報板の運用状況に相当する。

⑤ 渋滞発生地点

渋滞発生地点は、渋滞発生区間の中での位置を示し、②でも述べたとおりに実際の阪神高速の渋滞頻発地点を先頭とする渋滞と、利用予定入口を末尾とする渋滞の2つを設けた。

(6) SP調査での設問項目

SP調査での被験者への設問項目は、3.3 (1) で示したように、第1次調査結果に基づき設定された情報に対して、見込み所要時間と経路選択についての回答を行なう。

所要時間傾向情報の提供時に、被験者がその増加・減少の矢印に対して、どれくらいの増加時間・減少時間を見込んでいるかを把握するため各自の見込み時間について回答してもらう。被験者は3経路から1経路を選択するにあたって、情報板の内容・阪神高速・一般道の2ルート間の距離の情報を得て、各被験者の見込み時間を記入する形式の設問とした。

経路選択について、被験者は阪神高速道路の入口手前におり、阪神高速の入口に設置されている図形情報板を参考に、上記の見込み時間を回答しつつ、

- ①目的地まで阪神高速を利用する（以下、阪神高速利用）
 - ②阪神高速利用入口を一つ目的地寄りの入口に変更して、阪神高速を利用する（以下、入口変更利用）
 - ③目的地まで一般道を利用する（以下、一般道利用）
- の3経路から、1つの経路を選択する。

4. 経路選択に関する基礎集計

本章では経路選択に関する基礎集計として、第1次調査にて得られた大阪都心部へのトリップ時の代替経路（一般道）利用頻度と第2次調査によって得られた混雑状況別経路選択率を示す。

4.1. 大阪都心部へのトリップ時の代替経路利用頻度

第2次調査では、被験者が大阪都心部へのトリップ時に日常的に利用している入口・出口を対象に、阪神高速道路と一般道との利用を問うSP調査を設計している。そこで、図2では大阪都心部へのトリップ時の代替経路（一般道）利用頻度を阪神高速利用別に示す。

図2より大阪都心部トリップ時の阪神高速利用頻度が毎日・週2~3回とより高い被験者ほど、代替経路として一般道を相対的によく利用する人が多くなる傾向にあることが分かる。

4.2. 混雑状況別経路選択率

一般的傾向として阪神高速が渋滞・混雑するほど、阪神高速の利用率は低くなり、一般道の利用が増加することが想定される。図3には、第2次調査のSP調査によって得られた回答から、情報提供された阪神高速上の混雑状況別の経路選択率を示す。

利用距離が被験者間で異なるため、混雑状況については阪神高速所要時間情報を被験者別（利用入口・出口別）の阪神高速距離で割った値を用いて、3グループに分類した。阪神高速1kmあたりにかかる所要時間が増加するほど、阪神高速の選択率が減少し、一般道の選択率が増加することが分かる。この結果は、混雑状況により阪神高速の利用率は劇的に変化することを示している。

5 見込み所要時間に関する基礎集計

第2次調査のテラーメイド型SP調査において、被験者が図形情報板を見た後に、各経路について見込む所要時間を対象として、情報板表示された所要時間情報と見込み所要時間の関係について統計的に分析した。特に、見込み所要時間を被説明変数とする重回帰分析を行った。

5.1. 所要時間情報と見込み所要時間の関係

情報板に記載の所要時間情報（x軸）に対して、所要時間傾向情報の表示なし、増加表示、減少表示の3つの場合に関する見込み所要時間（y軸）を図4に示す。被験者が情報板の所要時間情報に対して、正しく所要時間が表示され、各自の見込み時間を同じであると認識している場合には、45度線上にプロットは漸近するはずである。しかしながら、図4よりは所要時間傾向情報の提供・非提供に関わらず、ある種の余裕時間を考慮して所

要時間が、所要時間情報より増加すると見込んでケースが多いことがわかる。その度合いは、ドライバーは情報板に提示される所要時間よりも、提示所要時間が70分程度までの場合、概ね5~10分程度多く見込む傾向にあるといえる。特に、所要時間の増加傾向を提供した際は、他の減少傾向・表示なしに比べて、相対的に大きく見込まれることがわかる。

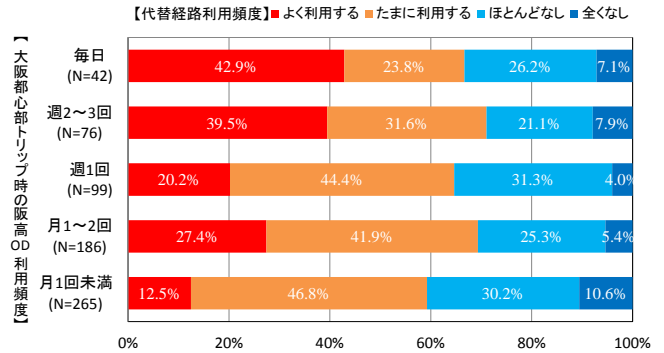


図2 大阪都心部へのトリップ時の代替経路利用頻度

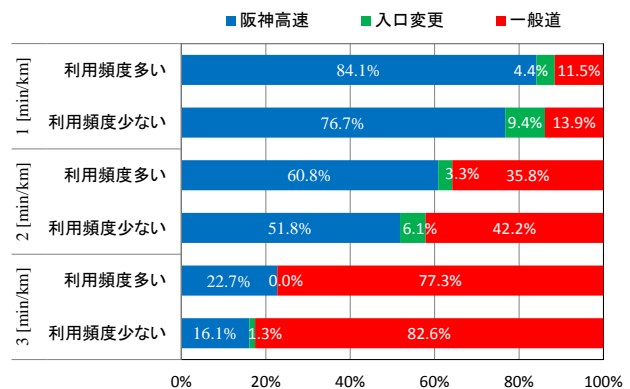


図3 大阪都心部へのトリップ時混雑状況別経路選択率

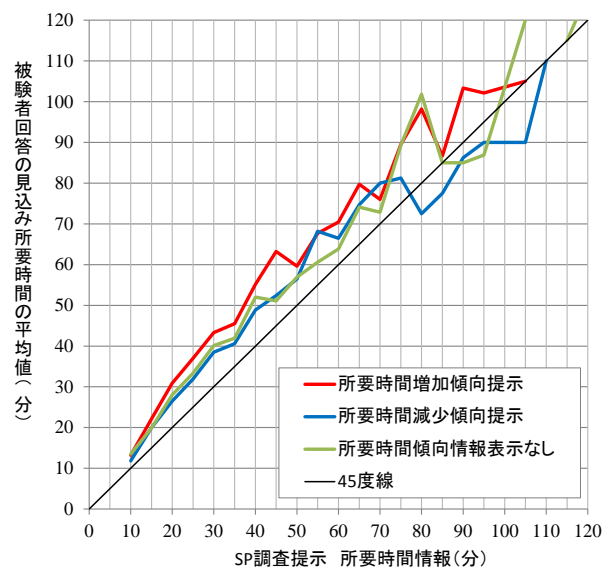


図4 所要時間情報と見込み所要時間の関係

表4 重回帰分析における説明変数

説明変数	内容
阪神高速提示距離	被験者にSP調査で提示した阪神高速の距離 (km)
情報板提示の阪神高速所要時間	被験者にSP調査で提示した阪神高速所要時間 (分)
阪神高速の渋滞長	被験者にSP調査で提示した阪神高速の渋滞長 (km)
増加傾向ダミー	被験者にSP調査で提示した所要時間に増加傾向が付加している場合のダミー変数
減少傾向ダミー	被験者にSP調査で提示した所要時間に減少傾向が付加している場合のダミー変数
事故渋滞ダミー	経路上で事故による渋滞が発生しているか

表5 見込み所要時間に関する重回帰分析結果

説明変数	係数	標準化係数	t値	
(定数)	6.721		11.687	**
情報板提示阪神高速所要時間	0.851	0.683	36.421	**
阪神高速の渋滞長	0.724	0.179	9.871	**
増加傾向ダミー	4.192	0.081	7.167	**
増加傾向ダミー	1.891	0.037	2.986	**

** : 1%有意, * : 5%有意

5.2. 見込み所要時間に関する重回帰分析

見込み所要時間を被説明変数とした重回帰分析を行い、所要時間傾向情報が、被験者の見込む所要時間に有意な影響を及ぼすか否かについて把握する。重回帰分析では、第2次調査のSP調査において、被験者が回答した阪神高速の見込み時間を被説明変数として、説明変数候補については表4に示す。

以上の被説明変数と説明変数候補を用いて、ステップワイズ法を用いた重回帰分析の結果を表5に示す。阪神高速提示距離、減少傾向ダミーが除外され、他の説明変数については、1%有意（調整済みR²値は0.705）となり、VIFの値からは説明変数間の共線性は見られなかった。

見込み所要時間は情報板提示の阪神高速所要時間、阪神高速の渋滞長、増加傾向、事故渋滞（渋滞原因）による影響を受けており、所要時間の増加傾向表示は、増加傾向ダミー変数のパラメータに着目すると、約4分の所要時間に相当することが確認できる。この結果は、日下部ら⁹⁾に示した約6分に相当するという結果と差が生じているが、今回のSP調査は、より被験者の利用実態に合わせた結果であることと、SP調査で設定した阪神高速の距離が異なることも影響していると想定される。

6. 経路選択行動に関するモデル分析

(1) モデルの定式化

所要時間傾向情報が経路選択に与える影響を把握するために、本研究ではMulti-Logit Modelにより推定を行う。Multi-Logit Modelの各選択肢の選択確率は式(1)、各個人の選択肢は式(2)のように表すことができる。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_j \exp(V_{jn})} \quad (1)$$

$$V_{in} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{ink} \quad (2)$$

ただし、 P_{in} ：個人 n の選択肢 i を選択する確率、 V_{in} ：個人 n の選択肢 i の確定効用、 θ_k ：属性 k に関する定数パラメータ、 X_{ink} ：個人 n の選択肢 i についての k 番目の属性である。選択肢 i については、1：阪神高速利用、2：入口利口変更し、阪神高速利用（以下では、阪神高速入口変更と略記）、3：一般道利用である。なお、SP調査では、同一個人から複数回の回答を得ている。

(2) 説明変数の設定

説明変数を選択する必要がある。説明変数の設定には、集計分析の結果を基に選択肢ごとに以下のように定めた。

阪神高速利用

- ✓ 阪神高速所要時間／阪神高速距離
- ✓ 増加傾向表示ダミー
- ✓ 減少傾向表示ダミー
- ✓ 阪神高速利用料金
- ✓ 高速料金負担者本人以外ダミー
- ✓ 交通集中渋滞ダミー
- ✓ 定数項

阪神高速入口変更

- ✓ 一般道所要時間／一般道距離
- ✓ 阪神高速渋滞長
- ✓ 一般道距離／阪神高速距離

一般道利用

- ✓ 阪神高速渋滞長
- ✓ 時間制約なしダミー
- ✓ 渋滞発生地点入口側ダミー
- ✓ 定数項

なお、阪神高速所要時間、一般道所要時間、阪神高速渋滞長はSP調査として情報板に提示される阪神高速の所要時間、一般道所要時間、渋滞長の値をそれぞれ意味する。

阪神高速所要、一般道所要時間を阪神高速距離、一般

道距離で除して説明変数とする理由は、テラーメイド型 SP 調査であり、被験者 1 人 1 人に対して提示したネットワークが異なり、各経路の距離も異なるため、単位距離当たりの所要時間とし、基準化した。

(3) モデルの推定結果

モデル推定結果を表 6 に示す。モデル推計は、一般道情報提供の上で、代替経路利用経験あり (E:Exprence) を Case E、代替経路利用経験なし (N:No Experience) を Case N とする。なお、図 2 に示したように、阪神高速利用頻度により、代替経路の利用割合が大きく異なることから、今回代替経路の利用経験別にモデル推計を行なった。

修正尤度比は Case E で 0.371、Case N で 0.400 と比較的良好な値である。各説明変数の t 値をみると 1% 有意となっている変数もあり、各説明変数は被験者の経路選択に影響を及ぼしていることがわかる。以下より、各説明変数について考察する。

- ✓ 阪神高速所要時間／阪神高速距離は、代替経路利用経験に関わらず、いずれも有意で負値である。よって、阪神高速の走行距離あたりの所要時間が大きいほど、阪神高速を選択しない傾向がある。
- ✓ 増加傾向ダミーは、代替経路利用経験ありの場合に限り、有意で負値である。よって、代替経路利用経験がある被験者は所要時間増加傾向の表示により、阪神高速を相対的に選択しない傾向があると考えられる。代替経路利用経験がない被験者では、所要時間傾向情報表示による影響を受けない可能性を示している。
- ✓ 阪神高速利用料金では、代替経路利用経験に関わらず、いずれも有意で正値である。阪神高速の料金が高いほど、阪神高速を選択する傾向を示している。距離制料金を想定して経路選択を問うているので、料金はある意味トリップ距離を代表すると解釈できる。
- ✓ 高速料金負担者本人以外ダミーでは、代替経路利用経験に関わらず、いずれも有意で正値である。勤務先など通行料金を支給してくれる場合は、相対的に阪神高速道路の利用が増加するものと考えられる。
- ✓ 交通集中渋滞ダミーでは、いずれも有意な結果となったが、代替経路利用経験のある被験者では正値、代替経路利用経験のない被験者では負値となった。これは、交通集中渋滞が発生している場合に、代替経路利用経験のある被験者では阪神高速を相対的に多く選択し、代替経路利用経験のない被験者は入口変更もしくは一般道を選択する傾向がある。

表 6 経路選択モデル推定結果

説明変数	Case E		Case N	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
定数項 (阪神高速利用)	-0.223	-0.231	0.679	0.622
定数項 (一般道利用)	2.162	4.824 **	0.641	0.810
阪神高速所要時間／阪神高速距離	-0.707	-2.786 **	-0.996	-3.332 **
増加傾向表示ダミー	-0.817	-4.428 **	0.030	0.115
減少傾向表示ダミー	0.315	1.590	0.229	0.870
阪神高速利用料金	0.512	5.154 **	0.406	3.685 **
高速料金負担者本人以外ダミー	0.542	2.562 *	0.662	2.440 *
交通集中渋滞ダミー	0.776	4.669 **	-0.627	-2.673 **
一般道所要時間／一般道距離	-0.236	-2.783 **	-0.050	-0.392
阪神高速渋滞長	0.193	7.004 **	0.075	3.244 **
一般道距離／阪神高速距離	-0.330	-1.184	0.008	0.013
時間制約なしダミー	-2.011	-5.148 **	-0.449	-1.271
渋滞発生地点入口ダミー	0.160	0.557	-0.326	-0.971
サンプル数		972		558
初期尤度		-1067.851		-613.026
最終尤度		-659.103		-354.599
修正済み決定係数		0.371		0.400

** : 1% 有意, * : 5% 有意

- ✓ 一般道所要時間／一般道距離では、代替経路利用経験ありの場合に、有意で負値である。よって一般道の距離に対する所要時間が大きいほど、阪神高速の入口変更を選択しない傾向が示されている。
- ✓ 阪神高速渋滞長では、代替経路利用経験に関わらず、いずれも有意で正値である。よって、阪神高速での渋滞が激しくなることで、入口変更、一般道を選択する傾向がある。
- ✓ 時間制約ダミーでは、代替経路利用経験ありの場合に、有意で負値である。よって、代替経路利用経験ありの場合には、到着時刻に制約があると、一般道を選択しない傾向、すなわち阪神高速を選択する傾向がある。

以上の結果から、説明変数の符号条件では概ね解釈できる結果となった。一部、代替経路利用経験のあり・なしに関わらず、阪神高速の料金が高いほど、阪神高速を選択する傾向を示していたが、阪神高速所要時間／阪神高速距離のパラメータ値と比較して値は小さく、経路選択という意味では、所要時間に関する項の方が影響が大きいことがわかる。それは、高速道路料金負担本人以外ダミーが正に有意となっていることから、自らが料金を払っていないために、料金に対して影響が現れていない可能性も存在する。加えて、料金がトリップ距離を代表し、長距離トリップほど阪神高速利用が相対的に増える傾向を示唆しているとも解釈できる。

ここで本研究の目的である所要時間傾向情報に着目すると、代替経路の利用経験がある場合には増加傾向表示が有意であり、パラメータの推定結果が -0.817 である。この値は、その他の説明変数と比較しても大きな値となっており、経路選択に影響を及ぼしていることがわかる。ただし、減少傾向に対しては経路選択に影響は見られない。また、代替経路の利用経験がない場合には、阪神高速の所要時間／阪神高速の距離がその値から強く影響を及ぼすこととなり、所要時間増加傾向、減少傾向はとも

に経路選択には影響を及ぼしていないという結果となった。このことは、代替経路の利用経験の多寡により、傾向情報をはじめとする提供情報に対する反応に差異が生じる可能性を示唆しているともいえる。

7. おわりに

本稿では、新たに導入されている所要時間傾向が高速道路利用者の経路選択行動に及ぼす影響を、被験者それぞれの日常利用に即したテーラーメイド型 SP 調査を行い、経路選択モデルを用いて分析した。

分析結果からは、代替経路の利用経験がある場合に限り、所要時間増加傾向が経路選択に影響を及ぼす可能性を示唆している。一方で、代替経路の利用経験がない場合には所要時間傾向情報は経路選択に影響を与えない結果となった。

今後の研究における課題として、今回のモデル推定ではマルチロジットモデルを用いたが、個人の嗜好の多様性を取り扱えないことや柔軟な選択肢間の代替性パターンを表現できないという課題もあることから、個人の異質性を考慮した選択モデルを構築できるMixed Logit Modelや阪神高速道路と入口変更の選択肢としての類似性に着目し、Nested Logit Modelを用いることが考えられる。

謝辞

本研究の遂行にあたって、阪神高速道路株式会社、一般財団法人阪神高速道路技術センターとの共同研究の成果の一部である。また、アンケート調査実施にあたっては地域未来研究所にご協力頂いた。さらに、アンケート調査に多くの被験者にご協力頂いた。ここに記して、謝意を申しあげます。

参考文献

- 1) 宇野伸宏・飯田恭敬・久保篤史：旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動に関する実験分析, 土木計画学研究・論文集, No.14, pp.923-924, 1997.
- 2) 大口敬・佐藤貴行・鹿田成則：渋滞時の代替経路選択行動に与える交通情報提供効果, 土木学会論文集, Vol.22, No.4, pp.799-804, 2005.
- 3) 田中光久・宇野伸宏・倉内文孝・安隆浩：室内実験による傾向情報の経路選択に及ぼす影響分析, 第6回ITSシンポジウム, pp. 373-378, 2007
- 4) 安隆浩・宇野伸宏・倉内文孝・田中光久：傾向情報提供による道路交通状態の調整可能性に関する研究, 第46回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM, 2008
- 5) 日下部貴彦・社領沢・朝倉康夫：都市高速道路における突発事象情報の提供による行動変化の SP 調査とその分析, 第46回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM, 2012.
- 6) 森川高行・Ben-Akiva, M. : RP データと SP データを同時に用いた非集計行動モデルの推計法, 交通工学, Vol. 27, No. 4, pp21-30, 1992.
- 7) 藤井聡・Tommy GÄRLING : 交通需要予測における SP データの新しい役割, 土木学会論文集, IV-58, pp. 1-14, 2003.
- 8) 中川貴文・宇野伸宏・嶋本寛・塩見康博：テーラーメイド型 SP 調査による都市高速道路利用者の迂回経路分析, 第44回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM, 2011.
- 9) 三荒智也・倉内文孝・宇野伸宏・馬場悠介：現実的な行動を観測するためのテーラーメイド型SP調査, 第49回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM, 2014.

A BEHAVIOURAL ANALYSIS ON EFFECT OF TREND INFORMATION OF TRAVEL TIME BY APPTAILOR-MADE STATED PREFERENCE SURVEY

Yusuke BABA, Nobuhiro UNO, Toshiyuki NAKAMURA,
Hiroki YAMAZAKI and Fumitaka KURAUCHI

Concerning the descriptive information, this kind of information does not include the driver's response to information provided. we focus on the provision of additional information with the existing descriptive information in order to relax the accuracy problem of descriptive information on travel time. However, it is able to predict short-term traffic condition to some extent of accuracy, and accordingly adding the trend information which expresses the short-term variation of traffic condition by arrows on VMS (Variable Message Sign) board, has been put into practical use in Metropolitan Expressway of Tokyo. There is a possibility that providing the information on short-term trend of traffic condition (abbreviated here-in-after to "trend information") might lead to not only improvement in service for travelers but also enhancement in traffic control by information provision.

This study conducted a tailor-made type SP survey about route choice for the users of urban expressway in Osaka and Kobe area in Japan. The survey is composed of two sequential web-based questionnaires.