

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

日下部 貴彦¹・社領 沢²・朝倉 康夫³

¹正会員 東京工業大学助教 大学院理工学研究科土木工学専攻
(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1-M1-20)

E-mail:t.kusakabe@plan.cv.titech.co.jp

²学生会員 東京工業大学 大学院理工学研究科土木工学専攻
(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1-M1-20)

E-mail:taku-sharyo@stu.kobe-u.ac.jp

³正会員 東京工業大学教授 大学院理工学研究科土木工学専攻
(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1-M1-20)

E-mail:asakura@plan.cv.titech.co.jp

都市高速道路での突発事象の発生時には、普段とは異なる混雑状況が発生するため、可変情報板(VMS: Visual Message Sign)等による即時性の高い交通情報の提供が重要であるとともに、その情報メッセージが利用者行動に与える影響を分析することは施策を検討する上で重要であると考えられる。本研究では、都市高速道路走行時に突発事象の情報がVMSによって提供された場合の経路選択行動のStated Preference調査を行い、その行動をモデル化することで突発事象時の情報メッセージと経路選択行動との関係を把握することを目的としている。本研究では、渋滞区間の距離や旅行時間の情報による影響とともに、渋滞区間の増減傾向情報や料金体系が突発事象時の道路利用者の経路選択に与える影響を検討した。

Key Words : *Travel Behavior Analysis, Route Choice Behavior, Incident Congestion, Traffic Information*

1. はじめに

可変情報板(VMS: Visual Message Sign)等による都市高速道路上での交通情報提供は道路利用者が経路選択を行う際の貴重な情報源となる。とりわけ、交通事故に代表される「突発事象」の発生時には、普段とは異なる混雑状況が発生するため、道路利用者は普段の通行時の経験に基づく経路選択行動が難しくなることから、道路上で提供される情報がより重要となると考えられる。これに加え、都市高速道路では一般道と比べてより高い水準の到達性と信頼性が要求されることから、突発事象時の情報提供の意義は大きいといえる。突発事象時の情報提供の高度化には、突発事象の検出・処理の高度化はもちろんのこと情報提供の方法及び内容を高度化し、より早く利用者が必要としている情報を提供することとともに、突発事象が発生した場合の影響をより小さく保つことが求められている。このような運用施策を考える際には、そうした情報サービスに対し利用者がどのように反応するかを知ることも重要であるといえるだろう。

これまで、通常の混雑時に高速道路上で情報提供を受

けた利用者の交通行動分析に関する研究は多くなされている(例えば、宇野ら¹⁾吉井ら²⁾等)。一方で、突発事象時を対象とした情報提供に関する研究は、必ずしも多くない。Wardmanら³⁾は、可変情報板(VMS)の情報による道路利用者の経路選択行動を把握することを目的に、WarringtonからManchester Cityまで約34kmのtripに基づいてSP(Stated Preference)調査をしている。被験者にはVMSの写真を示し、VMSで道路の状態(待ち行列の有無)、予測する遅れ(分単位)、遅れの原因(工事・事故・渋滞)などの情報を表示し、情報内容及び道路利用者の個人属性の影響をロジットモデルを用いて分析している。Chatterjeeら⁴⁾は、SP調査を通じてVMS情報に対する行動データを収集し、Logistic回帰モデルを用いて経路を変更の有無について様々な属性を用いて分析を行っている。Peetaら⁵⁾は、SP調査により、事故情報内容の詳しさと道路利用者の迂回経路選択行動の関係について検討している。Levinson⁶⁾は、シミュレーションモデルを用いてインシデントの無と有の場合の二つのシナリオについて、ATIS(Advanced Traveler Information System)の普及率と渋滞のレベルによる旅行時間の変化を分析している。

筆者らの先行研究⁷⁾では、「高速道路を走行中に、走行している路線の下流部の路上で事故渋滞が発生し、高速道路上のVMSから事故による渋滞情報を得た」という状況を想定したSP調査を実施している。この研究では、利用者が高速道路を走行し続けるか、経路を変更し、途中のランプで降車し、一般道を走行して目的地に向かうかという選択行動に着目した、突発事象時のランプ選択行動のモデル化を行った。調査によって得られたデータから、突発事象による渋滞情報の内容と高速道路利用の関係を分析している。その結果、突発事象の発生による渋滞区間の距離情報を提示した場合に、その区間の旅行時間について、道路利用者は、過大又は過小に評価する場合があります、これを抑制するために追加的な情報提供を行う必要があることが示されている。また、この調査では、被験者に現実感をもった回答を促すために、プローブパーソン調査とWeb上のアンケートシステムを統合し、日常利用する経路を抽出した上で、その経路を対象としてSP調査を実施しているが、プローブパーソン調査の実施可能なサンプル数に制約をうけるなどの問題点もあった。

そこで本研究では、Web上でのアンケートシステムを用いたSP調査の手法を検討し、実施する。追加的な情報提供として、近年、平常時のVMSで導入が行われている渋滞情報である「増減傾向情報」を突発事象時の渋滞に適用した場合の影響を分析するとともに、高速道路での料金体系によるランプ選択行動への影響を分析する。

本研究の目的は、都市高速道路走行時に突発事象の情報がVMSによって提供された場合の経路選択行動の調査を行うとともに、その行動モデルを構築することにより、突発事象時の交通行動特性を明らかにし、情報メッセージと高速道路利用との関係を把握することである。本研究では、特に、渋滞の増減傾向情報及び、料金体系の違いによる影響について着目し、調査を実施する。本研究では、情報メッセージとして突発事象が発生している渋滞区間に関する距離情報や旅行時間情報が提供される場合を想定する。高速道路上の迂回路がない場合に、道路管理者がVMSによって突発事象の情報を提供したときには、高速道路を走行中の道路利用者は、一般道を經由する経路に迂回するか、経路変更を行わないかという行動の選択が可能である。そこで本研究では、高速道路を利用中の利用者が、突発事象による渋滞を避けて一般道に下りる際のランプ選択に着目し経路選択行動を分析する。

2. 高速道路上での突発事象時のランプ選択モデル

本章では、突発事象時にVMSによって渋滞情報が提

供されたときのランプ選択行動について、VMSのメッセージ内容及び高速道路の料金体系を考慮した行動モデルを構築する。第一節では、道路ネットワークなど、本研究で想定するランプ選択行動について述べる。第二節では、本研究での対象となる情報メッセージについて述べる。第三節で道路ネットワークの想定と情報メッセージによる行動の違いを考慮したランプ選択モデルの概要について述べ、第四、五節でその効用関数を定式化する。

(1) 想定する道路ネットワークとランプ選択行動

本研究では、「道路利用者が高速道路を走行中に、走行している路線の下流部の路上で突発事象による渋滞が発生し、高速道路上の可変情報板（Variable Message Sign: VMS など）から渋滞情報を得た」という状況を想定する（図-1）。このとき、道路利用者は、「高速道路に乗り続ける（ランプCで降りる）」ことで予定通りの経路を走行するか、もしくは「途中のランプで下りる（ランプBで降りる）」ことで一般道を經由した経路を走行するかというどちらかの行動を選択する。本研究では、このような選択行動に関して、図-1に示すような仮想的な道路ネットワークでのSP調査を通じて収集することを想定している。また、この想定では、出発地とランプAの距離及びランプCと目的地の距離はそれぞれ十分近いものとして想定している。仮想ネットワークでの、高速道路の料金体系は、距離別料金体系のように降ランプによって料金が異なる場合と、均一料金のように、ランプによって料金が変わらない場合のいずれかのケースがあることを想定している。

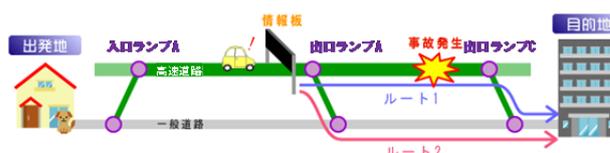


図-1 モデルの想定する状況

本研究のSP調査では、仮想的なネットワークに関する前提条件を示した上で、VMSの情報板でインシデント時の情報を表示するという設定のもと行う。道路利用者が経路を選択する際には、各経路の旅行時間を想定して、旅行時間の遅れが少ないと想定される経路を選択していると考えられる。実際の道路ネットワークでは、一般道の旅行時間は、道路利用者の経験等に基づいて想定される一方で、高速道路の情報は、よりリアルタイムに近い情報がVMSで提供されるという情報の非対称性がある。しかし、SP調査では、仮想的なネットワークに関する前提条件とVMSの情報板の情報の双方を同時に提示する必要があることから、その提示方法に注意を要する。そこで、本研究では、表-1に示すような3つのパ

ターンのいずれかの前提条件をあらかじめ道路利用者に提示することで、SP調査でのネットワークの条件とVMSによる情報を区別できるようにしている。表-1のパターンiは、高速道路のBC間の距離のみを提示し、一般道の距離・旅行時間は一切提示しないものである。このとき、道路利用者は、普段の経験等に基づいて一般道走行による迂回による距離の増減と一般道の旅行速度を考慮した上で旅行時間を想定することになる。パターンiiは、高速道路のBC間と一般道でのBC間の距離を提示するものである。このとき、道路利用者は、普段の経験等に基づいて一般道走行時の平均速度のみを考慮して旅行時間を想定することになると考えられる。パターンiiiでは、高速道路でのBC間の距離に加え、平常時の旅行時間と、一般道の平常時での旅行時間を提示する。このとき、道路利用者は、前提条件をもとに、より直接的に一般道の旅行時間を想定できると考えられる。このように、ネットワークに関して異なる条件を提示することで、高速道路と一般道の情報の非対称性をモデル分析で考慮できるようにしている。

表-1 SP調査で提示した平常時に関する条件のパターン

パターン	高速道路に関する条件	一般道に関する条件
i	高速道路走行でのBC間の距離	なし
ii	高速道路走行でのBC間の距離	一般道走行でのBC間の距離
iii	高速道路走行でのBC間の距離 平常時のBC間の高速道利用での旅行時間	平常時のBC間の一般道利用での旅行時間

表-2 SP調査での突発事象時の情報提供のパターン

情報の内容	増減情報
a 渋滞距離情報	増加
	なし
	減少
b 渋滞区間通過の旅行時間情報	増加
	なし
	減少

表-3 SP調査での情報提供の組み合わせとモデル推定で用いる効用関数の組み合わせ

一般道の条件とVMSの情報の組み合わせ		効用関数の組み合わせ	
一般道	高速道	一般道	高速道
一般道に関する条件提示なし	渋滞距離情報	U_{II} (式(5))	U_{h1} (式(13))
	渋滞区間通過の旅行時間情報		U_{h2b} (式(15))
一般道の距離に関する条件提示	渋滞距離情報	U_{I2} (式(7))	U_{h1} (式(13))
	渋滞区間通過の旅行時間情報		U_{h2b} (式(15))
一般道の普段の旅行時間に関する条件提示	渋滞距離情報	U_{I3} (式(8))	U_{h1} (式(13))
	渋滞区間通過の旅行時間情報		U_{h2a} (式(14))

(2) 情報提供内容

本研究で想定しているVMSの情報メッセージでは、表-2に示すように「渋滞区間の通過にかかる時間」又は「渋滞距離」と「渋滞の増加・減少傾向」によって、突発事象時の渋滞情報を提示する。「渋滞区間の通過にかかる時間」は、BC間の旅行時間を示しており、「渋滞距離」は、BC間で発生している渋滞の長さをkm単位で示したものである。「渋滞の増加・減少傾向」の情報は、「増加」、「情報なし」、「減少」の三区分のいずれかを提示するものである。

(3) 行動モデルの概要

突発事象時のランプ選択行動の特性を把握するために、突発事象時のVMSによる情報メッセージ、料金制度、通常時のネットワークに関する前提条件の違いによる行動の違いを考慮したモデル化を行う。道路利用者は、効用がより高い経路を選択するものとする。このことは、通常時に比べた旅行時間の増分がより小さい経路を選択しようとするを示している。したがって、効用関数の定式化では、道路利用者がランプ選択する際に、平常時の走行時の旅行時間に対する旅行時間の増加分に着目して行動を選択しているものとし、途中のランプであるランプBで降りるかどうかの選択を二項ロジットモデルで定式化する。

SP調査の行動選択の際に提示するネットワークの前提条件とVMSによる情報には、大きく分けて「距離」による条件・情報と「旅行時間」による条件・情報がある。ネットワークの条件とVMSの情報の双方に対して旅行時間の条件・情報が提供された場合、道路利用者は、高速道路を走行することと一般道を走行することとの時間に関する不効用に関して旅行時間を直接比較することにより決定すると仮定する。一方で、距離に関する条件・情報のみを提供した場合には、高速道路の渋滞区間、非渋滞区間、一般道でそれぞれ異なる速度を想定すると考えられることから、道路利用者は、これらそれぞれについて利用者が想定した速度と提供された距離の条件・情報をもとに旅行時間を想定した上で、高速道路を走行する際の旅行時間と一般道を走行する際の旅行時間を比較して行動を選択していると仮定する。このことから、一般道、高速道路のそれぞれの前提条件について、「距離」による条件を提示した場合と「旅行時間」に関する条件を提示した場合に分けた上で、VMSの情報が距離の場合と旅行時間の場合についてそれぞれ効用関数を定式化する必要がある。つまり、「情報なし（高速道路の距離のみ提示）」（パターンi）、一般道・高速道路のそれぞれの「距離を条件として提示」（パターンii）、一般道・高速道路のそれぞれの「平常時旅行時間を条件として提示」（パターンiii）の3つに分けた上で、さら

にVMSの情報メッセージの種類によって2つに分けられる。よって、パラメータ推定の際にロジットモデルに組み込む高速道路と一般道の効用関数の組み合わせは、表-3に示すように計6種類となる。なお、増減傾向の情報は、表に示したそれぞれの効用関数にダミー変数として組み込むため、増減傾向の情報内容によらず効用関数は共通としている。

料金体系の影響は、効用関数に料金項を加えることで考慮する。この際、本研究での経路選択は、既に高速道路を走行している状態で情報が提供され経路選択を行うため、不効用の増分を考える際には、ランプBまで走行する場合の料金とランプCまで走行する場合の料金との差を考える。したがって、均一料金の場合、ランプAから高速道路に乗った時点で料金がかかっており、降りるランプがランプBの場合でもランプCの場合でも同じ料金であるため、料金差は0円となる。距離別料金の場合にはランプBで降りる場合の料金が200円で、ランプCで降りる場合の料金が500円であれば、料金差は300円として考えることになる。

(4) BC間を一般道で走行する際の効用関数の定式化

本研究では、一般道の旅行時間に関する条件を提示していない場合には、道路利用者は、距離の条件から想定される旅行時間を想定した上で不効用を見積もっていると考えられる。このことから、道路利用者が距離から想定する旅行時間に関するモデルを示した後に、一般道の情報に関して「情報なし」、「距離を条件として提示」、「平常時旅行時間を条件として提示」のそれぞれの場合について、効用関数を定義する。

a) 距離情報から想定する旅行時間

BC間を一般道で走行した際の旅行時間の増分を考えるために、まず、一般道の距離情報 X_{BC} が提供された場合に、道路利用者が想定する旅行時間 T_{BC} の関係について、

$$T_{BC} = \frac{1}{v_l} X_{BC} \quad (1)$$

ただし、

X_{BC} : 一般道を利用した場合の BC 間の距離

T_{BC} : 平常時に一般道を利用した場合の BC 間の旅行時間

v_l : 道路利用者が想定する一般道速度

と定義する。

一般道・高速道路のそれぞれの「平常時旅行時間を条件として提示」(パターン iii) と、一般道・高速道路のそれぞれの「距離を条件として提示」(パターン ii) の道路利用者が想定する旅行時間の対応関係を整理する。式 (1) をもとに、通常時の高速道路走行の際と一般道を走行する際に生じる旅行時間の差について定式化する

と、

$$T_{IBC} - T_{BC} = \frac{1}{v_l} X_{IBC} - \frac{1}{v_f} X_{BC} + \alpha \quad (2)$$

ただし、

X_{BC} : 高速道路を利用した場合の BC 間の距離

T_{BC} : 平常時に高速道路を利用した場合の BC 間の旅行時間

v_f : 道路利用者が想定する通常時の高速道路の速度

α : 認知誤差 (定数項)

となる。左辺は旅行時間の差を示しており、表-3の「パターン iii」の条件が与えられた場合には、左辺を直接計算できる。右辺は、表-3の「パターン ii」の場合に相当し、道路利用者が、一般道の速度 v_l と通常時の高速道路の速度 v_f を想定した上で、旅行時間の差を見積もるという構造になっている。なお、 α は、道路利用者が、距離を旅行時間に変換する際に生じる認知誤差であり、定数項である。

b) 一般道の情報に関して「情報なし」の場合の効用関数

高速道路の距離のみ提示された場合に、道路利用者は、一般道を利用することによる迂回率 c と一般道の速度 v_l を想定することによって旅行時間を見積もると仮定する。このことから、式 (2) は、 $X_{IBC} = cX_{BC}$ の関係があると考えると、

$$T_{IBC} - T_{BC} = \frac{c}{v_l} X_{BC} - \frac{1}{v_f} X_{BC} + \alpha = \left(\frac{c}{v_l} - \frac{1}{v_f} \right) X_{BC} + \alpha \quad (3)$$

のように書き換えることができる。単位旅行時間あたりの不効用を θ とすると、旅行時間の増分に対応する不効用は、

$$\theta(T_{IBC} - T_{BC}) = \beta_{dc} X_{BC} + \alpha_d \quad (4)$$

ただし、

$$\beta_{dc} = \theta \left(\frac{c}{v_l} - \frac{1}{v_f} \right)$$

となる。

一般道に関する条件が「情報なし」の場合 (パターン i) は、旅行時間の増加による不効用を式 (4) とすることによって、

$$U_{II} = \beta_{dc} X_{BC} + \alpha_d + \alpha_b \quad (5)$$

と定義することができる。

c) 一般道の条件について「距離」が提示される場合

単位旅行時間あたりの不効用を θ とすると、式 (2) は、

$$\theta(T_{IBC} - T_{BC}) = \beta_d X_{IBC} - \gamma_o X_{BC} + \alpha_d \quad (6)$$

ただし、

$$\beta_d = \frac{\theta}{v_l}$$

$$\gamma_o = \frac{\theta}{v_f}$$

$$\alpha_d = \theta\alpha$$

のような関係となり、推定の際に用いる効用関数には、式 (6) を旅行時間の増分に対応する不効用として組み込むこととなる。一般道の条件について「距離」が与えられている場合（パターン ii）には、旅行時間の増加による不効用を式 (6) とすることによって、

$$U_{12} = \beta_d X_{IBC} - \gamma_o X_{BC} + \alpha_d + \alpha_b \quad (7)$$

と定義することができる。

d) 一般道の条件について「平常時の旅行時間」が提示される場合

一般道の条件について「平常時の旅行時間」が与えられている場合（パターン iii）では、普段の高速道路と一般道路の旅行時間の差を直接求めることができるので、効用関数は、

$$U_{13} = \theta(T_{IBC} - T_{BC}) + \alpha_b \quad (8)$$

ただし、

α_b : 途中ランプで降りることによる不効用（定数項）

となる。

(5) 突発事象時にBC間を高速道路で走行する際の効用関数

高速道路を走行する際の効用関数についても、一般道の場合と同様に、ネットワークの前提条件や VMS での情報として、距離の情報のみが提示された場合と、旅行時間情報について提示された場合について分けて定式化を行う。道路利用者は、距離情報から想定される旅行時間に換算した上で不効用を見積もっていると考えられる。したがって、本節では、まず、道路利用者が VMS による渋滞距離情報から想定する旅行時間に関するモデル化を行い、「距離情報」、「旅行時間情報」のそれぞれの場合について、効用関数を定義する。

a) VMSによる渋滞距離情報から想定する旅行時間

VMS によって、渋滞距離の情報 Y_d が提供された場合に道路利用者が想定する BC 間の旅行時間情報 Y_t とするとき、 Y_d と Y_t の関係は、

$$Y_t = \frac{1}{v_c} Y_d + \frac{1}{v_f} (X_{BC} - Y_d) \quad (9)$$

ただし、

Y_t : 突発事象発生時の旅行時間情報

Y_d : 突発事象による渋滞距離情報

v_c : 道路利用者が想定する渋滞時の高速道路の速度

v_f : 道路利用者が想定する通常時の高速道路の速度

となる。この式では、道路利用者は、BC 間のうち、情報提供された渋滞区間では、渋滞時の速度 v_c で通過し、それ以外の区間については、通常時の速度 v_f で通過すると想定して、旅行時間を見積もっていることを示している。

通常時の高速道路走行の際と突発事象時に走行する際に生じる旅行時間の差について定式化すると、

$$Y_t - \frac{1}{v_f} X_{BC} = \left(\frac{1}{v_c} - \frac{1}{v_f} \right) Y_d + \alpha \quad (10)$$

となる。したがって、突発事象時に高速道路を走行することによる不効用の増分は、

$$\theta Y_t - \gamma_o X_{BC} = \gamma_d Y_d + \alpha_d \quad (11)$$

ただし、

$$\gamma_d = \theta \left(\frac{1}{v_c} - \frac{1}{v_f} \right)$$

である。左辺は、旅行時間情報が提供された場合の旅行時間から道路利用者が想定している普段の旅行時間を引いたものとなっている。左辺は、一般道の情報として旅行時間が与えられている場合には、高速道路についても旅行時間がわかっているため、

$$\theta Y_t - \gamma_o X_{BC} = \theta(Y_t - T_{BC}) \quad (12)$$

のように書き換えることができる。式 (10) の右辺は、渋滞区間を走行時の速度の低減によって生じる追加時間を示しており、距離情報が与えられることで求めることができる。

b) VMSによって渋滞距離情報が提供された場合の効用関数

パターン i~iii で、VMS の情報で「距離情報」が提供される場合、道路利用者は、渋滞区間を通過する際の速度低下を見込んで行動すると考えられることから、効用関数を、

$$U_{11} = \gamma_d Y_d + \alpha_d + \gamma_r Y_r + \gamma_f Y_f + \lambda T \quad (13)$$

ただし

Y_r : 渋滞の増加情報（増加情報提供時 $Y_r=1$, 非提供時 $Y_r=0$ ）

Y_f : 渋滞の減少情報（減少情報提供時 $Y_f=1$, 非提供時 $Y_f=0$ ）

T : ランプ B まで走行する場合の料金とランプ C まで走行する場合の料金との差 (AC 間の料金 - AB 間の料金)

とする。増減情報は、ダミー変数で考慮している。料金は、ランプ B まで走行する場合の料金とランプ C まで走行する場合の料金との差 T で示しており、均一料金の場合は $T=0$ となる。

c) VMSによって旅行時間情報が提供された場合の効用関数

一般道の平常時の情報が、旅行時間情報でありかつ VMS でも「旅行時間情報」が提供される場合 (パターン iii) には、旅行時間を直接比較できることから、式 (11) の関係を用いて

$$U_{h2a} = \theta(Y_t - T_{BC}) + \gamma_r Y_r + \gamma_f Y_f + \lambda T \quad (14)$$

となる。平常時について、距離の情報のみが提供される場合 (パターン i, ii) には、

$$U_{h2b} = \theta Y_t - \gamma_o X_{BC} + \gamma_r Y_r + \gamma_f Y_f + \lambda T \quad (15)$$

を効用関数とする。

表4 設問セット

設問セットA	料金制度	渋滞情報	ネットワークの条件	設問数
1ページ目	均一	距離	パターン i	1問
	均一	旅行時間	パターン i	1問
2ページ目	均一	距離	パターン ii	2問
	均一	旅行時間	パターン ii	2問
3ページ目	距離別	距離	パターン ii	2問
	距離別	旅行時間	パターン ii	2問

設問セットB	料金制度	渋滞情報	ネットワークの条件	設問数
1ページ目	均一	距離	パターン i	1問
	均一	旅行時間	パターン i	1問
2ページ目	均一	距離	パターン iii	2問
	均一	旅行時間	パターン iii	2問
3ページ目	距離別	距離	パターン iii	2問
	距離別	旅行時間	パターン iii	2問

設問セットC	料金制度	渋滞情報	ネットワークの条件	設問数
1ページ目	距離別	距離	パターン i	1問
	距離別	旅行時間	パターン i	1問
2ページ目	均一	距離	パターン ii	2問
	均一	旅行時間	パターン ii	2問
3ページ目	距離別	距離	パターン ii	2問
	距離別	旅行時間	パターン ii	2問

設問セットD	料金制度	渋滞情報	ネットワークの条件	設問数
1ページ目	距離別	距離	パターン i	1問
	距離別	旅行時間	パターン i	1問
2ページ目	均一	距離	パターン iii	2問
	均一	旅行時間	パターン iii	2問
3ページ目	距離別	距離	パターン iii	2問
	距離別	旅行時間	パターン iii	2問

3. 調査方法

本研究の調査では、より多くのサンプル数を確保することを意図として、先行研究⁷⁾のようなプローブパーソン調査を行わずWEB-SP調査のみを実施する。一般に、SP調査では、仮想的設問の設定と被験者の普段の交通行動が剥離していると、被験者がその設問に回答しづらくなることが考えられる。そこで、被験者に個人属性と普段の高速道路利用について設問した後、その結果を反映したSP調査を実施するという2つの段階から構成されるアンケート調査を実施する。このことにより、普段の道路利用に関する設問の回答結果を反映したSP調査の設問を生成し、一定の現実感を持った仮想的設問への回答が可能となるものと考えられる。

(1) SP調査の設計

SP調査は被験者ひとりあたり3ページの構成となっている。ページごとに、平常時の一般道の条件や料金制度などの状況設定について示した後、情報板のメッセージを提示して経路の選択を行う設問が2問又は4問ある構成になっている。

状況設定には、以下の項目がある。

- ・トリップ全長 (出発地から目的地までの距離)
- ・料金 (距離別料金制または均一料金制)
- ・平常時の一般道条件 (距離または時間)

トリップ全長は、出発地から目的地までの距離であり、「入口ランプAと出発地の間の距離」及び「出口ランプCと目的地の間の距離」は、とても近いものとしている。この項目は、普段の高速道路利用についての設問を行いその回答結果をもとに、利用者がよく利用しているオン・オフランプ間の距離と近くなるように設定して現実感を高めている。料金は、距離別料金制と均一料金制の区分を設け、ページによって異なる設定となっている。

表5 SP設問のネットワーク条件

		変数	設定内容
道路ネットワークの条件	高速道路	AC間の距離	10, 15, 20kmのいずれか
		BC間の距離	2km(～AC間の距離-2km)
	一般道	BC間の距離	高速道路のBC間の距離に-5～5kmのいずれかの値を加えたもの
		普段のBC間の旅行時間	10～30分
VMSによる情報	渋滞距離情報	距離	2, 4, 6, 8, 10kmのいずれか
	旅行時間情報	旅行時間	10分～40分
料金制度	均一料金	料金	500円, 700円, 1200円のいずれか
	距離別料金	ランプBまでの料金	300～700円の100円刻み
ランプCまでの料金		ランプBまでの料金に100～500円の100円刻みの値を加えたもの	

平常時の一般道の条件は、「情報なし」、「距離」、「平常時の旅行時間」の3種類がある。「情報なし」のケースはすべての被験者に質問しており、「距離」、「平常時の旅行時間」はそのいずれかが被験者に与えられる。

情報板のメッセージでは、「渋滞区間の通過にかかる時間」又は「渋滞距離」と「渋滞の増加・減少傾向」からなる渋滞情報を提示する。「渋滞区間の通過にかかる時間」は、BC間の旅行時間(分)であり、「渋滞距離」は、BC間で発生している渋滞の長さ(km)である。

「渋滞の増加・減少傾向」の情報は、「増加」・「情報なし」・「減少」の三区分のいずれかを提示する。

一人の被験者に提示する上記の値の組み合わせ(設問セット)を表-4に示す。この表にある4つの設問セットのいずれかを被験者に割り振る。被験者がSP調査全体で答える設問数は10問で、ページは3ページで構成されている。各ページの違いは料金制度である。

・被験者ごとに変化させる項目: トリップ全長, ランプ間距離, 一般道の条件, 各料金制度での料金の内容

・ページごとに変化させる項目: 料金制度

・設問ごとに変化させる項目: 情報板の情報

これらの項目の設定値の範囲を表-5に示す。また、実際の回答ページを図-2に示す。

(2) 調査の実施概要

調査の期間は、平成23年12月1日から12月9日である。

阪神高速道路(株)のメーリングリストである。

「走れGO」に登録されている約1800名にメールを配

信し、Webページ上での回答を要請した。回答人数は285人であった。SP調査の設問では、一人あたり10問の設問を行ったことからサンプル数は2850となった。また、2010年に実施したプローブパーソン調査に参加した被験者(20人)にも回答を要請し、該当する回答人数は12人、サンプル数は120であった。

4. ランプ選択モデルによる調査結果の分析

本節では、推定された行動モデルの結果から、情報内容とランプ選択行動の特性の関連性を分析する。

表-6に、SP調査で得られた全サンプルによる推定結果を示す。符号条件はすべてモデルで想定したとおりである。すべてのパラメータについて有意水準5%で有意なパラメータであることが確認できる。また、有意水準1%で見た場合には、減少傾向の情報に関わるパラメータが有意ではないことがわかる。このことは、減少傾向の情報は他の情報に比べて軽視される傾向を示している。

推定結果のパラメータを解釈するために、表-7に、パラメータを用いて算出される「旅行時間情報と距離情報の関係」、「一般道の条件の関係」、「増減情報と旅行時間・距離情報の関係」をまとめる。なお、これらの関係を分析するための指標の算出については「付録 推定パラメータによる指標の算出方法」を参照されたい。

(1) 旅行時間情報と距離情報の関係

SP調査での突発事象の情報は、渋滞が発生している

図-2 SP調査の設問画面

表-6 パラメータ推定結果

		推定値	t値	p値
途中ランプで降りることによる定数項	α_b	-0.741	-8.40	0.00
距離の条件・情報を提示することによる定数項	α_d	-0.53	-4.41	0.00
一般道の距離に対する係数	β_d	-0.129	-9.70	0.00
一般道の距離を高速道路の距離から見積もる際の係数	β_{dc}	-0.065	-5.58	0.00
突発事象による渋滞距離情報の係数	γ_d	-0.368	-15.96	0.00
BC間の距離から通常時の旅行時間を見積もる際の係数	γ_o	-0.0674	-5.26	0.00
増加情報ダミー変数の係数	γ_r	-0.617	-4.86	0.00
減少情報ダミー変数の係数	γ_f	0.273	2.18	0.03
料金差にかかる係数	λ	-0.00098	-3.93	0.00
旅行時間情報にかかる係数	θ	-0.103	-18.72	0.00
サンプル数	n			2850
初期対数尤度				-1975.47
最終対数尤度				-1502.21
自由度修正済の ρ^2	ρ^2			0.235

表-7 「旅行時間情報と距離情報の関係」, 「増減情報と旅行時間・距離情報の関係」, 「料金と旅行時間・距離情報の関係」

パラメータの区分	パラメータの説明	パラメータ	推定値
距離と旅行時間の関係	平常時の高速道路の速度(km/h)	v_f	91.69
	渋滞時の高速道路の速度(km/h)	v_c	14.19
	距離を提示する事によるバイアス(分)	α	5.15
一般道の条件の関係	平常時の一般道の速度(km/h)	v_l	47.91
	一般道走行による迂回率	c	1.03
	途中ランプでの降車によるバイアスと等価な旅行時間増加(分)	α_b/θ	7.19
	途中ランプでの降車によるバイアスと等価な渋滞距離(km)	$(v_c v_f / (v_f - v_c)) \times \alpha_b / \theta$	2.01
増減情報と旅行時間・距離情報の関係	旅行時間の増加情報と等価な旅行時間増加(分)	γ_r / θ	5.99
	旅行時間の増加情報と等価な渋滞距離(km)	$(v_c v_f / (v_f - v_c)) \times \gamma_r / \theta$	1.68
	旅行時間の減少情報と等価な旅行時間増加(分)	γ_f / θ	-2.65
	旅行時間の減少情報と等価な渋滞距離(km)	$(v_c v_f / (v_f - v_c)) \times \gamma_f / \theta$	-0.74
料金と旅行時間・距離情報の関係	時間価値(円/分)	θ/λ	105.53
	渋滞1kmを走行することに相当する料金(円/km)	γ_d/λ	377.05
	一般道1kmを走行することに相当する料金(円/km)	β_d/λ	132.17

区間BC間の「旅行時間」で提供する場合と、渋滞が発生している区間の「距離」で提供する場合の2つのケースを実施した。本節では、これらのケースで取り扱った「旅行時間」と「距離」の違いによる利用者の行動の差異について着目し、推定されたパラメータの分析を行う。

第二章で示したモデルでは、旅行時間情報を提供した際には、道路利用者は、その情報から直接的に高速道路の効用を考慮できると想定している。一方で、距離を提供した際には、道路利用者は、渋滞距離をもとに、渋滞速度を想定することで渋滞区間での遅れ時間を見積もり、高速道路を走行することの効用を見積もっていると想定している。したがって、提供した情報による行動の差異を分析するためには、パラメータ推定の結果から求められる、道路利用者が想定している通常時の高速道路の速度、渋滞区間の速度及び、距離情報を提示することによるバイアスについて分析することになる。

表-7に示した結果より、通常時の高速道路の速度 v_f は91.69 (km/h) となり、実勢よりやや大きいと考えられる。渋滞区間の速度 v_c は14.19 (km/h) を想定していることがわかる。距離情報を提示することによるバイアス α は、5.15 (分) であった。これらをまとめたものが、図-3で

ある。図では、渋滞距離情報から道路利用者が想定する旅行時間の増加を示しており、これは、付録の式 (a4) より算出できる。道路利用者は、渋滞距離が、2kmの場合は約12分の旅行時間の増加を見込んでおり、10kmでは40分の旅行時間の増加を想定していることがわかる。

(2) 増減情報と旅行時間情報・距離情報の関係

SP調査では、突発事象の情報提供を行う際、渋滞の増加・減少の傾向をあわせて提供を行った。本節では、増加・減少の影響の大きさについて、推定されたパラメータをもとに分析を行う。

表-6の推定結果では、増加傾向の情報に関する係数 γ_r は、-0.617であり、減少傾向の情報に関する係数 γ_f は、0.273であることから、増加傾向の情報には、減少傾向の情報に比べ、道路利用者に対して約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がわかる。

表-7の結果によると、増加傾向の情報を旅行時間情報に換算した γ_r/θ は、5.99分の旅行時間情報の増加に相当し、減少傾向の情報を旅行時間の増加に換算した γ_f/θ は、2.65分の旅行時間情報の減少に相当する影響がある事がわか

る。また、渋滞距離情報に換算した場合には、増加傾向の情報は渋滞1.68kmと同等の影響があり、減少傾向の情報は、渋滞0.74kmと同等の影響であることがわかる。

突発事象時の渋滞は、ボトルネックの容量が大きく低下するため、急激に延伸することもしばしばあると考えられるが、増加傾向の情報によって利用者が想定する影響は6分程度、距離にしての1.68kmの延伸であることから、道路利用者の行動に対する情報提供による影響は限定的ではあるが効果があると言える。

(3) 一般道の条件の関係

一般道の前提条件は、道路利用者がトリップの事前に知りうる前提条件であると想定して調査を実施した。その想定条件として、「情報なし（高速道路の距離のみ提示）」、一般道・高速道路のそれぞれの「距離を条件として提示」、一般道・高速道路のそれぞれの「平常時旅行時間を条件として提示」の三種類を実施した。本節では、それぞれの状況に応じたパラメータの推定結果を用いて考察を行う。

モデルでは、「旅行時間を条件として提示」した場合、道路利用者は、旅行時間の増分と途中ランプでの降ランプによる抵抗 α_b のみで、一般道の効用を決定するとみなす。このため、一般道の条件の関係を見る上で、「旅行時間を条件として提示」した場合には、途中ランプの降車による抵抗 α_b のみを考慮すればよい。 α_b の推定値は0.741であるが、表-7より、この値は旅行時間の増加7.19分に相当することがわかる。このことは、突発事象時の渋滞によって、高速道路側の旅行時間が増大したときに、一般道に比べ高速道路の方が7.19分以上大きくなった場合に、一般道の選択率が50%を超えることを示している。道路利用者は、突発事象が発生する以前に選択しようとしていた経路を、突発事象発生時でもできるだけ選択しようとする傾向があるという結果といえる。

「距離を条件として提示」した場合には、道路利用者は、距離の情報から一般道の速度を想定した上で旅行時間を見積もると考えられることから、一般道の速度 v_b 、距離から旅行時間を見積もる際の認知誤差 α_d 、途中ランプの降車による抵抗を分析する。

道路利用者が見積もっている一般道の速度 v_b は、47.91 (km/h) となり、実勢よりやや大きいと考えられる。距離情報を提示することによるバイアス α_d は、旅行時間情報と共通の変数であり、5.15 (分) であった。これらの結果を式 (2) での一般道の距離と一般道の旅行時間の関係によって示すと、図-4のようになる。一般道の距離5kmでは8分の旅行時間を見込んでおり、20kmでは、17分の旅行時間を見込んでいる事がわかる。また、途中ランプの降車による抵抗 α_b は、距離情報で読み替えると、渋滞距離2.01 (km) に相当することがわかった。

「情報なし」の場合には、道路利用者は、一般道利用による迂回率を想定するとともに、一般道の旅行速度も加味して、一般道の旅行時間を見積もることになる。したがって、この場合の影響は、「距離情報を提供」した場合の項目に加えて、道路利用者が想定する迂回率で評価できる。一般道の迂回率 c は、1.03であり、今回の調査での対象者は、一般道を走行することによって大きな迂回が生じることは想定していないことがわかる。これは、都市高速道路の場合、一般道の経路の方が経路長としては短いことも多くあることから、このような実情を反映しているものと考えられる。

(4) 料金に関するパラメータの考察

表-7の時間価値に着目すると、利用者は、突発事象によって、旅行時間が1分増加することと、BC間の料金が105.53円増加することが同等とみなして経路を選択していると考察できる。渋滞1kmを走行することに相当する料金に着目すると、渋滞の延伸1kmは、BC間の料金が377.05円増加することと同等とみなしていることが読み取れる。また、利用者は、突発事象による渋滞の距離が1kmの情報を見た際には、一般道で同じ距離を走行する際の約3倍に相当すると見ていることがわかる。

これらのことをより詳しく分析するために、図-5に、料金差が300円の時と600円の時の選択率の差についてグラフにまとめた。この図によると、渋滞距離が2~4kmの場合に料金による高速道路の選択率による影響が大きく、料金差が300円の場合、料金差が600円の時に比べて、高速道路を選択する確率が7%多いことがわかる。一方で、渋滞距離が10kmの時には、料金差が300円の場合と600円の場合での高速道路選択率は1.5~3%程度であり、BC間の距離にかかわらず、渋滞距離が長くなると料金による選択率の影響は小さいことがわかる。

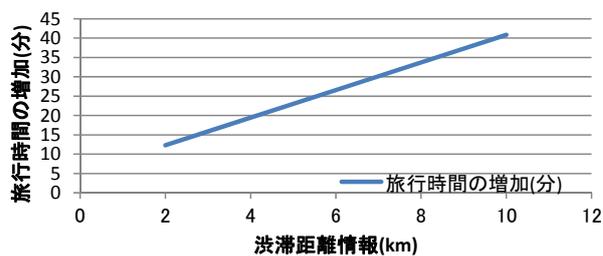


図-3 道路利用者が想定する渋滞時の距離と旅行時間の関係

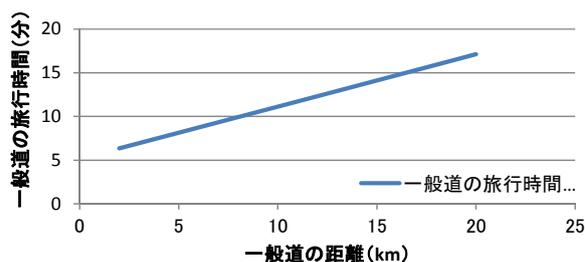


図-4 道路利用者が想定する一般道の距離と旅行時間の関係

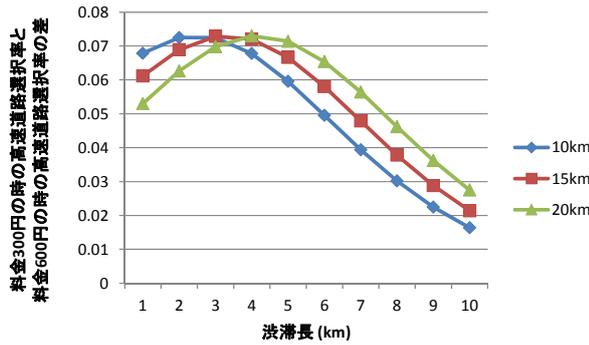


図5 ランプBとランプCの料金差が300円の時と600円の時の選択率の差

5. おわりに

本研究では、突発事象による渋滞時にVMSによって「渋滞区間の旅行時間」又は「渋滞距離」と「増減傾向」に関する情報が提供された場合を想定して、道路利用者のランプ選択行動をモデル化した上で、SP調査を実施し調査データの分析を行った。

SP調査では、仮想的なネットワークを想定した調査を実施したが、パラメータの推定結果を用いて算出された道路利用者が想定している一般道や高速道路の速度は、実勢の速度とは大きくはかけ離れてはいないと推察できる内容であったことから、本研究のモデルの推定結果は、一定程度、妥当であることが示されたといえるだろう。

VMSによる渋滞の「増減傾向」については、道路利用者は、減少傾向の情報に比べ増加傾向の情報に対して敏感に反応することがわかった。増加情報の影響を旅行時間に換算した場合には、5.99分の旅行時間の増加に相当することがわかった。また、減少傾向の情報を旅行時間の増加に換算した場合、2.65分の旅行時間情報の減少に相当することが示された。

距離別の料金体系による影響の分析では、旅行時間が1分の増加は、105.53円の料金と同等とみなしていることがわかった。このことは、ランプ選択にも影響し、ランプ間の料金差が300円の場合と料金差が600円の場合を比較すると、600円の場合の高速道路の選択率が最大で7%少なくなることがわかった。一方、渋滞距離が長くなると料金による選択率の影響は小さくなる傾向にあることが示された。

謝辞：本研究は、国土交通相道路局新道路技術会議平成22～24年研究課題「都市高速道路における突発事象時の最適交通運用についての研究開発」（研究代表者 朝倉康夫）において取り組んだ内容に基づいており、関係者の皆様に感謝の意を表します。本研究の調査の協力者である（株）地域未来研究所 杉野勝敏氏、阪神高速道路（株）に感謝の意を表します。

第二章で示した行動モデルでは、効用関数に含まれる $\alpha_b, \alpha_d, \beta_{db}, \beta_{ds}, \gamma_b, \gamma_o, \gamma_r, \gamma_f, \lambda, \theta$ をパラメータ推定によって直接的に求めることができる。利用者が想定する平常時の高速道路の速度 v_f 、渋滞時の速度 v_c 、一般道の速度 v_g 、一般道走行による迂回率 c 、距離を提示することによるバイアス a についても、パラメータ推定結果を用いて一意に算出することができる。本章では、これらの関係に加え、「距離と旅行時間の関係」、「一般道と高速道路のネットワークの条件の関係」「増減傾向情報と距離・旅行時間情報の関係」、「料金と距離・旅行時間情報の関係」を分析する際に用いる指標の算出方法について述べる。

(1) 距離と旅行時間の関係

本研究の定式化では、道路利用者に高速道路上での距離情報が提供された場合には、その情報と利用者が想定する高速道路速度及び変換の際に生じるバイアスをもとに、旅行時間を想定するものとして仮定している。また、旅行時間情報が提供された場合には、その情報そのものを旅行時間とみなして経路の選択を行っているものとしている。このことから、高速道路上での距離情報と旅行時間情報の関係は、通常時の高速道路の速度 v_f 、渋滞時の高速道路の速度 v_c 、距離を提示することによるバイアス a を算出することで分析することができる。

通常時の高速道路の速度 v_f (km/h) は、式 (6) の関係より、

$$v_f = \frac{\theta}{\gamma_o} \times 60 \quad (a1)$$

で求めることができる。渋滞時の高速道路の速度 v_c (km/h) は、式 (6) と式 (11) の関係より、

$$v_c = \frac{\theta}{\gamma_o + \gamma_d} \times 60 \quad (a2)$$

で求めることができる。距離を提示することによるバイアス a (分) は、式 (6) より、

$$a = \frac{\alpha_d}{\theta} \quad (a3)$$

と求めることができる。これらの関係をまとめると、距離情報を提供した際に利用者が想定する旅行時間の増加は、式 (10) の関係より、

$$\begin{aligned} \Delta T_{BC} &= \left(\frac{1}{v_c} - \frac{1}{v_f} \right) Y_d + a \\ &= \frac{1}{\theta} (\gamma_d Y_d + \alpha_d) \end{aligned} \quad (a4)$$

として表すことができる。

(2) 一般道と高速道路のネットワークの条件の関係

道路利用者に一般道の距離がネットワークの条件として与えられた場合には、その条件と利用者が想定する一般道の速度、途中ランプで降車する際に生じるバイアス、距離の差を旅行時間に交換の際に生じるバイアスをもとに、一般道の旅行時間を想定するものとして仮定している。また、一般道に関する条件が与えられない場合には、高速道路からの迂回率を想定して一般道の距離を想定し、旅行時間を想定していると仮定している。このことから、一般道と高速道路のネットワークの条件の関係には、道路利用者が一般道に想定する速度 v_l (km/h)、一般道走行による迂回率 c 、途中ランプでの降車によるバイアスと等価な旅行時間増加を求めることで分析を行うことができる。道路利用者が一般道に想定する速度 v_l は、式(6)での関係より、

$$v_l = \frac{\theta}{\beta_d} \times 60 \quad (\text{a5})$$

と求めることができる。一般道走行による迂回率 c は、式(4)、式(a1)、式(a5)の関係から、

$$c = \frac{\beta_{dc} + \gamma_o}{\beta_d} \times 60 \quad (\text{a6})$$

となる。途中ランプでの降車によるバイアスと等価な旅行時間増加(分)は、 α_d を単位時間あたりの効用 θ で除することで求められることから、

$$\Delta T_{l0} = \frac{\alpha_d}{\theta} \quad (\text{a7})$$

となる。途中ランプでの降車によるバイアスと等価な渋滞距離(km)は、式(a7)を単位時間あたりの渋滞距離を用いて換算すれば良いことから、 v_f と v_c を用いて、

$$\begin{aligned} \Delta X_{l0} &= \left(\frac{1}{\frac{1}{v_c} - \frac{1}{v_f}} \right) \times \frac{\alpha_d}{\theta} \\ &= \frac{v_c v_f}{v_f - v_c} \times \frac{\alpha_d}{\theta} \end{aligned} \quad (\text{a8})$$

となる。「一般道の走行距離」と「平常時の高速道路走行と比較した一般道走行による旅行時間増加」との関係は、式(2)の関係であることから上記で求めた、 v_f 、 v_c 、 α を代入することで求めることができる。

(3) 増減傾向情報と距離・旅行時間情報の関係

増減傾向情報と旅行時間の関係は、増加・減少それぞれの傾向情報を示すダミー変数のパラメータを、時間あたりの効用 θ で除することで、パラメータを等価な旅行時間に換算することができる。このことより、増加傾向情報、減少傾向情報のそれぞれを旅行時間に換算すると、

$$\Delta T_r = \frac{\gamma_r}{\theta} \quad (\text{a9})$$

$$\Delta T_f = \frac{\gamma_f}{\theta} \quad (\text{a10})$$

となる。また、これらそれぞれについて等価な渋滞距離を求めるには、式(a8)のときと同様の考え方で、式(a9)、(a10)を単位時間あたりの渋滞距離を用いて換算すれば良いことから、 v_f と v_c を用いて、

$$\Delta X_r = \frac{v_c v_f}{v_f - v_c} \times \frac{\gamma_r}{\theta} \quad (\text{a11})$$

$$\Delta X_f = \frac{v_c v_f}{v_f - v_c} \times \frac{\gamma_f}{\theta} \quad (\text{a12})$$

となる。

(4) 料金と距離・旅行時間情報の関係

料金と旅行時間の関係は、時間あたりの効用 θ を料金あたりの効用 λ で除することで、時間価値(円/分)に換算することができる。つまり、時間価値は

$$\Delta T = \frac{\theta}{\lambda} \quad (\text{a13})$$

で求めることができる。また、渋滞距離との関係をみるために、渋滞1kmに相当する料金を求めると、

$$\Delta T_c = \frac{\gamma_d}{\lambda} \quad (\text{a14})$$

となる。距離のみが提示された場合の一般道走行との関係をみるために、一般道1kmに相当する料金を求めると、

$$\Delta T_l = \frac{\beta_d}{\lambda} \quad (\text{a15})$$

となる。

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) 吉井稔雄, 桑原雅夫: リアルタイム交通情報の提供効果, 土木学会論文集, No.653, IV-48, pp.39-48, 2000.
- 3) Wardman, M., Bonsall, P.W. and Shires, J.D.: Driver response to variable message signs: a stated preference investigation, Transportation Research Part C, Vol.5, pp.389-405, 1997.
- 4) Chatterjee, K., Hounsell, N.B., Firmin, P. E. and Bonsall, P.W.: Driver response to variable message sign information in London, Transportation Research Part C, Vol.10, pp.149-169, 2002.
- 5) Peeta, S., Ramos, J.L., and Pasupathy, R.: Content of variable message signs and on-line driver behavior, Transportation

Research Record, 1725, pp.102-108, 2000.

6) Levinson, D.: The value of advanced traveler information systems for route choice, Transportation Research Part C, Vol.11, pp.75-87, 2003.

7) 社領 沢, 日下部 貴彦, 朝倉 康夫 : 都市高速道路における突発事象時の行動調査とその分析, 第44回土木計画学研究発表会・講演集, Vlo.44, No.250, 2011.

(2012.8.4 受付)

BEHAVIOURAL SURVEY OF TRAVELLERS' REACTION TO INCIDENT INFORMATION ON URBAN EXPRESSWAY

Takahiko KUSAKABE, Taku SHARYO and Yasuo ASAKURA

Traffic incidents such as traffic accident sometimes bring severe congestion in urban expressway networks. The traffic information is often provided by VMS (Visual Message Signes) in order to help drivers' route choice behaviour, and mitigate the impacts of the incidents. The purpose of this study is to show driver's route choice behaviour when traffic incident information is provided on the VMS in urban expressway networks. SP (Stated-preference) survey is conducted to observe travelers' behaviour when travelers get the incident information on the urban expressway. The ramp choice model is developed in order to clarify the reaction to the incident information. The results of the survey shows behavioural differences caused by the type of impact indices of the incident congestion are quantitatively represented. The effects of "increasing and decreasing tendency information of congestion" and toll policy of urban expressway are also discussed.