

交通網異常時における交通状態認知を考慮した交通行動分析*

一 阪神高速道路池田線通行止め規制時において一

*An analysis of the Recognition of and Reaction to, Unusual Traffic Network Condition:
The Case of the Hanshin Expressway Ikeda Line Closures*

藤井 聡** 林 成卓*** 北村 隆一**** 杉山 守久*****
Satoshi Fujii, Masataka Hayashi, Ryuichi Kitamura and Morihisa Sugiyama

1.はじめに

通行止め規制や交通事故等によって、交通網に一時的に大きな変化が生じた場合、その対応策として、種々の情報媒体を通じて、交通システム利用者に対してそれらの異常事態に関する情報の伝達が行なわれている。交通システム利用者は、それらの媒体から得た情報を基に、生じた交通状態を推測し、交通行動の決定を行なっているものと考えられる。このとき、接触する情報媒体の違いによって、それぞれの交通システム利用者の得る情報量は異なるものと考えられ、その結果、各個人が予想する交通状態も個人によって大きく異なると考えられる。

一般に、経路選択行動を考慮した交通需要予測を行なう場合、「各個人が予想する交通状態は同一であり、かつ、現実の交通状態に等しい」と仮定される。この仮定によって、実走行時間と各個人の知覚する所要時間とを一致させることができ、それによって、経路選択行動の再現、ひいては、交通量配分の計算が簡素化される。代表的なものとしては、利用者均衡を仮定した種々の配分モデルが、その例として挙げられよう¹⁾。

この仮定の妥当性は従来から議論の対象となっており、実際、現実の交通状態と個人が想定する交通状態とは異なるものと考え、個人が形成する知覚旅行時間に着目した研究が数多くなされている²⁾³⁾⁴⁾が、その一方で、運転者が複数回の走行経験を繰り返すことで合理的期待を形成し、個人の知覚旅行時間の期待値が実旅行時間に一致する可能性が存在することも示されている⁵⁾。

しかし、先述の様な通行止め規制等による交通網異常時の交通状態を個人の経路選択行動を考慮した上で再現するためには、個人の想定する交通状態と実際の交通

状態とが一致しているという仮定を、緩和することが不可欠であるものと考えられる。なぜなら、例えば、運転者が日々の交通行動を繰り返すことで合理的な期待を形成していたとしても、通常経験することができない交通網異常時には、交通状態の不確実性が極めて顕著になり、交通網異常時における合理的な期待を形成することは、運転者にとっては不可能に近いからである。さらにその様な不確実性が顕著となる場合には、交通網に関する情報量の個人間の差異のため、想定する交通状況についての個人間の差異がより顕著なものとなると考えられる。

交通網異常時では、個人が所有する情報によって生じる個人間の差異が顕著となることを考えれば、交通管理者が適切な情報を各運転者に提供することで、交通網異常時での交通状況を適切に誘導することが、すなわち、交通混雑の緩和を図ることができる可能性が存在するものと考えられる。

本研究では、この可能性に着目し、交通網異常時における交通状態の交通混雑の緩和方策を検討するために、個人が想定する交通状態と交通管理者が提供する情報との関係をモデル化し、その上で、離散選択モデルの枠組みで個人の交通行動モデルシステムを構築する。

個人が想定する交通状態の異質性を表現する方法としては、個人と道路ネットワークについての情報から、その個人が想定する交通状態を算定するモデルシステムを構築する、という方法が考えられよう。しかし、現時点では、種々の研究によって知覚旅行時間についての基礎的、かつ、重要な知見が得られてはいるものの²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾、その様なモデルシステムの構築を目指すことも重要な課題であるものと考えられるが、個人が想定する交通状況の異質性を表現する現実的な方法としては、分析時において複数の客観的な交通状態データを用意し、それぞれを認知している個人からなるセグメントを複数構成するという方法が挙げられる。

ただし、この方法を用いる場合に問題となるのが、セグメ

* キーワード:交通行動分析, 交通網異常時, 交通状況認知
** 正員,工修,京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻
*** 学生員,京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻
**** 正会員, Ph.D,京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻
(〒606 京都市左京区吉田本町, Tel 075-753-5136, Fax 075-753-5916)
***** 正会員, 工修, 阪神高速道路公団大阪第二建設部(〒554 大阪市此花区西九条一丁目 27 番 12 号日立物流第一ビル, Tel:06-460-6640, Fax:06-460-6479)

ンテーションの方法である。アンケート調査時点で、膨大な量のネットワークデータを複数提示し、どのネットワークデータを想定していたか、と尋ねることは事実上不可能である。そこで、本研究では、近年個人間の異質性の再現を図る枠組みとして種々の適応が試みられている潜在セグメント手法⁶⁾⁷⁾⁸⁾を用いることとした。この手法では、潜在的なセグメントを複数想定し、それぞれの個人の各セグメントへの帰属を確率事象と捉える。そして、各個人がいずれのセグメントに帰属しているかという情報を用いずに、行動結果についての情報のみに基づいて各セグメントへの帰属確率を定式化する。したがって、潜在セグメント手法を用いることで、アンケート調査によって各個人が想定する交通状況を調査せずに、個人がどのセグメントに帰属しているか、すなわち、個人がどのような交通状況を認知しているかをモデル化することが可能なのである。

モデルシステムの構築にあたっては、1994年11月19日から11月27日まで実施された阪神高速道路池田線の通行止め工事に伴って実施された「全面通行止め工事に関する反響調査¹⁰⁾」で得られた通行止め時の交通行動、および、通行止め以前に実施された広報効果に関するデータを用いる。

2. データの概要

阪神高速道路池田線(以下、池田線)は、大阪市郊外の池田市と大阪市都心部とを結ぶものであり、補修工事のために、1994年11月19日から9日間にわたって通行止め規制が実施された。阪神高速道路公団では、この通行止め期間に、池田線の利用を予定している運転者の混乱を避けるため、チラシ、テレビCM、新聞広告、フリーダイアル、および、道路上の情報版等を用いて広報活動を行った。全面通行止め工事に関する反響調査は、これらの広報活動のうち、運転者が旅行前に接触可能な情報媒体に焦点をあて、それら情報媒体による情報の効果、ならびに、通行止め時の運転者の対応行動を把握するために実施された調査である。この調査は、通行止め規制が終了した直後の1994年11月30日から約2週間の間に、池田線周辺地域の居住者からランダムに抽出した18才〜60才までの1,300人の個人を対象に、訪問面接の形で実施された。主要な調査項目を以下に示す。

項目1) 池田線が通行止めでないかと仮定した場合に、通行止め期間中に行ったであろう交通行動の予定(目的地、交通機関、経路)(複数回答)

項目2) 通行止め期間中における実際の交通行動

(項目1で得られた個々の交通行動の予定についての対応行動という形で質問する。特に、予定を変更した場合には、その際の目的地、交通機関、経路を質問)

項目3) 旅行前の時点での情報媒体の接触状況

(テレビCM、新聞広告、チラシ、フリーダイアルのそれぞれの情報媒体への接触の有無、等)

項目4) 個人属性

(年齢、性別、自動車利用頻度、等)

一方、これらのデータで得られる個々のトリップについての平常時、ならびに、通行止め規制時の自動車所要時間については、通行止め規制前と規制期間中のそれぞれについて観測されている交通量、速度データ¹¹⁾に基づいて整備した。データの整備手順としては以下の通りである;1)京阪神地域の道路ネットワークを作成する、2)作成した道路ネットワークの個々のリンクについてのリンク所要時間を観測交通量、速度データに基づいて平常時、通行止め規制時の双方について求める、3)各トリップの利用経路に含まれる個々のリンクの所要時間を全て足しあわせる。

3. 経路選択モデルシステムの概要

交通網異常時の交通行動は、その交通状態が平常であると仮定した場合にとつたであろう交通行動(以下、予定交通行動)に直接依存するものと考えられる。本研究では池田線通行止め時の交通行動のデータを用い、交通網異常時に対応した交通行動モデルの構築を図る。このような高速道路が通行止めの場合、当然ながら、予定交通行動が当該路線を利用するものであったか、それ以外の路線の利用であったかによって、対応行動は大きく異なるものと考えられる。前者は、当初予定していた経路の変更を余儀なくされる運転者である一方で、後者は、通行止めの影響で当初予定していたよりも予定経路の所要時間が長くなる可能性が存在するものの、必ずしも経路を変更する必要は無い。そこで、本研究では、当初池田線の利用を行う予定であった運転者の交通行動の再現を図るモデルと、池田線利用予定でなかった運転者の交通行動の再現を図るモデルを個別に作ることとした。

3.1 池田線利用予定者に対するモデル

池田線利用予定者は通行止め規制の対応行動として、

- ・外出中止
- ・電車に変更する(以下、電車変更)
- ・迂回経路として高速道路を利用(以下、高速迂回)

・迂回経路として一般道路を利用(以下、一般迂回)の4つの選択肢集合からの離散選択行動を行なうものとする。一方で、通行止め規制時の交通状況の認知状況についてのセグメントとして、最も基本的な以下の2つを仮定した。

・認知セグメント

このセグメントの運転者は、通行止め規制時の実際の交通状態を認知しており、これに基づいて交通行動意思決定を行う。

・非認知セグメント

このセグメントの運転者は、通行止め規制時の実際の交通状態を認知しておらず、平常時の交通状態に基づいて交通行動意思決定を行う。

認知セグメントの対応行動を再現する際には、通行止め規制時に観測された交通状況についてのデータを、非認知セグメントの対応行動を再現する際には通常時に観測された交通状況についてのデータを用いる。なお、何らかの対応行動をとらざるを得ない池田線利用予定者は、所属するセグメントに関わらず、通行止めの事実を認知しているものと考え、非通行止め時の交通状況データを作成する場合も、池田線はデータ項目から削除した。

なお、ここで仮定したこの2つのセグメントの他にも、様々なセグメントが存在するものと考えられる。この点については、今後、より多くのセグメントを想定したモデルシステムの構築を図る必要があるものと思われる。

以上の仮定に基づいて、本研究では、池田線利用予定者が通行止め期間中に対応行動*i*(*i*=1, 2, 3, 4)を選択する確率を以下のように定式化した。

$$P_i(i) = \sum_k P_i(i|k) \times \pi_i(k) \quad (1)$$

- i* : 対応行動番号(=1:外出中止, =2:電車変更, =3:高速迂回, =4:一般迂回)
- k* : セグメントを表すラベル(=1:認知セグメント, =2:非認知セグメント)
- $P_i(i)$: 池田線利用予定者の対応行動*i*の選択確率
- $P_i(i|k)$: 池田線利用予定者がセグメント*k*である場合の対応行動*i*の選択確率
- $\pi_i(k)$: 池田線利用予定者がセグメント*k*である確率

本研究では、以下に構築する認知モデルで $\pi_i(k)$ を、対応行動モデルで $P_i(i|k)$ をそれぞれ定式化する。

(1) 認知モデル

認知モデルでは、ロジットモデルの枠組みで、確率 $\pi_i(k)$ を以下のように定式化する。

まず、いずれのセグメントであるかは潜在変数 ω によって

式(2)のように規定され、潜在変数 ω は式(3)のように外生変数の関数として定式化されるロジスティック分布に従う確率変数であると仮定する。

$$k = \begin{cases} 1 & \text{if } (\omega \geq \theta) \\ 2 & \text{if } (\omega < \theta) \end{cases} \quad (2)$$

$$\omega = \alpha X + \varepsilon \quad (3)$$

- ω : 帰属セグメントを規定する潜在変数
- X : 外生変数ベクトル
- α : パラメータベクトル
- ε : ロジスティック分布に従う誤差項
- θ : しきい値

以上のように仮定すると、それぞれのセグメントに帰属する確率は、以下のように定式化される。

$$\pi_i(1) = \frac{\exp(\alpha X - \theta)}{1 + \exp(\alpha X - \theta)} \quad (4)$$

$$\pi_i(2) = \frac{1}{1 + \exp(\alpha X - \theta)} (= 1 - \pi_i(1)) \quad (5)$$

ここで、外生変数 X に、データで得られるチラシやテレビCM等の各情報媒体への接触状態を用いることで、各個人のセグメントへの帰属確率への広報活動の影響を考慮することができる。

(2) 対応行動モデル

各個人のセグメントが与件として与えられた場合の、外出中止、電車変更、一般迂回、高速迂回の4つの選択肢集合からの離散対応行動の選択確率を定式化する対応行動モデルでは、各選択肢の誤差項間に共分散が存在するものと考えた。そして、図-1に示した「発生選択レベル」「交通機関選択レベル」「経路選択レベル」の3層の選択構造を仮定したネステッドロジットモデルの枠組みでその選択確率を定式化することとした。

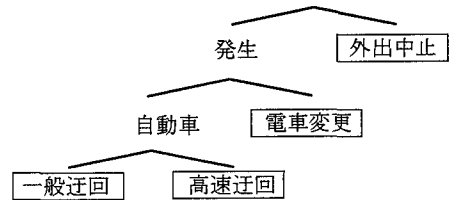


図-1 池田線利用予定者の対応行動モデル

ここで、本研究は、本章の冒頭で述べたように、認知セグメントの個人は通行止め時の実際の交通状況を認知しており、非認知セグメントの個人は通行止め時の交通状況を認知しておらず、平常時の交通状況を想定した上で対応行動の意思決定を行っているものと仮定している。そして、認知セグメントの運転者の選択確率を算定する際には通行止め時における交通状況を示す説明変数を用い、非認知セグメントの場合には非通行止め時の通常の交通状況

に対応した説明変数を用いることとした。

以上の仮定に基づいて、条件付き選択確率を以下の様に定式化した。

$$P_1(i|k) = P_1(l, m, n|k) = P_1(n|l, m, k) \times P_1(m|l, k) \times P_1(l|k) \quad (6)$$

$$P_1(n|l, m, k) = \frac{\exp(V_1 n|l, m, k)}{\sum_n \exp(V_1 n|l, m, k)} \quad (7)$$

$$P_1(m|l, k) = \frac{\exp(V_2 m|l, k + \lambda_2 LS_m)}{\sum_m \exp(V_2 m|l, k + \lambda_2 LS_m)} \quad (8)$$

$$P_1(l|k) = \frac{\exp(V_3 l|k + \lambda_3 LS_l)}{\sum_l \exp(V_3 l|k + \lambda_3 LS_l)} \quad (9)$$

l : 発生選択を表すラベル
 m : 機関選択を表すラベル
 n : 経路選択を表すラベル

$P_1(l, m, n|k)$: セグメント k の時の l, m, n の同時選択確率

$P_1(n|l, m, k)$: セグメント k の時 l, m を選択した場合の n の選択確率

$P_1(m|l, k)$: セグメント k の時 l を選択した場合の m 選択確率

$P_1(l|k)$: セグメント k の時の l の選択確率

LS_l, LS_m : ログサム変数

λ_2, λ_3 : スケールパラメータ

$V_1 n|l, m, k, V_2 m|l, k, V_3 l|k$: 確定効用

(3) 未知パラメータの推定方法

1. で述べたように、各回答者が所属するセグメントについての情報はアンケート調査からは得られないため、潜在セグメントモデルの考え方に基づいて未知パラメータを推定する。すなわち、以下の尤度関数 L_1 を最大化することで、認知モデルと対応行動モデルのそれぞれに含まれる未知パラメータを同時に推定することとした。

$$L_1 = \prod_n \left\{ \sum_k P_1^n(i^{n*}|k) \times \pi_1^n(k) \right\} \quad (10)$$

i^{n*} : 個人 n が実際に選択した対応行動

$P_1^n(i^{n*}|k)$: 個人 n がセグメント k であると仮定した場合に、対応行動 i^{n*} を実行する確率。式(6)~(9)で定式化。

$\pi_1^n(k)$: 個人 n がセグメント k である確率。式(4)(5)で定式化。

3.2 池田線以外利用予定者に対するモデル

池田線以外利用予定者についてのモデルを構築するに

先立ち、得られたデータに基づいて、池田線以外利用予定者の対応行動についての集計分析を加えた。その結果、池田線以外利用予定者の通行止め時の対応行動として、池田線利用予定者について設定した対応行動の選択肢「外出中止」「電車変更」を行なった個人は合計で 0.2%にしか過ぎなかった。推定サンプルのシェアがこのように小さい場合には推定計算が極めて困難であることから、本研究では、池田線以外利用予定者の対応行動を、

- ・交通網が平常の場合に予定していた経路を変更する(以下、経路変更)
- ・交通網が平常の場合に予定していた経路を変更しない(以下、経路非変更)

の二つの選択肢集合からの選択行動と捉えることとした。

そして、池田線利用予定者に対するモデルと同様に、各個人が所属するセグメントの固有性を考慮して、以下の定式化を行なった。

$$P_2(i) = \sum_k P_2(i|k) \times \pi_2(k) \quad (11)$$

i : 対応行動を表すラベル
 (=1:変更する, =2:変更しない)

k : 所属セグメントを表わすラベル
 (=1:認知セグメント, =2:非認知セグメント)

$P_2(i)$: 池田線以外利用予定者の対応行動 i の選択確率

$P_2(i|k)$: 池田線以外利用予定者がセグメント k である場合の対応行動 i の選択確率

$\pi_2(k)$: 池田線以外利用予定者がセグメント k である確率

ここで、確率 $\pi_2(k)$ を認知モデルで、 $P_2(i|k)$ を対応行動モデルで定式化する。

(1) 認知モデル

池田線利用予定者に対するモデルで定式化した式(2)~(5)に示したロジットモデルと同一の枠組みで確率 $\pi_2(k)$ を定式化する。

(2) 対応行動モデル

認知セグメントに対しては、本節冒頭で定義した「経路変更」「経路非変更」の離散選択を行なうものとする。そして、 $P_2(i|l)$ を式(2)~(5)に示したロジットモデルと同一の枠組みで定式化する。

一方、平常時の交通状態を想定して交通行動を行う非認知セグメントの個人については、通行止め期間中においても平常時に予定していた予定行動の通りに交通行動を行うものとする。すなわち、

$$P_2(l|l) = 0 \quad (12)$$

$$P_2(2|2) = 1 \quad (13)$$

と定式化する。

(3) パラメータの推定

池田線利用予定者に対するモデルと同様に、潜在セグメントモデルの考え方に基づいて、以下の尤度関数 L_2 を最大化することで、「認知モデル」「対応行動モデル」の双方に含まれる未知パラメータを同時に推定する。

$$L_2 = \prod_n \left\{ \sum_k P_2^n(i^*|k) \times \pi_2^n(k) \right\} \quad (14)$$

- i^* : 個人 n が実際に選択した対応行動
- $P_2^n(i^*|k)$: 個人 n がセグメント k であると仮定した場合に、対応行動 i^* を実行する確率
- $\pi_2^n(k)$: 個人 n がセグメント k である確率

4. モデルの推定結果

4.1 池田線利用予定者に対するモデルの推定結果

池田線の利用予定者に対するモデルを推定するにあたり、2. で述べた調査から得られる池田線の通行止め期間中の交通行動データを用いた。ここで用いたサンプルは、この調査で得られるデータから抽出した池田線の利用を予定していたトリップの中で、利用経路、広報接触状況等のデータが不備なく得られている 305 トリップである。

3.1(3) で述べた様に、本研究では対応行動モデルと認知モデルの双方のパラメータを、式(10)に定式化した尤度関数 L_2 を最大化することで、同時に推定する。ここで、対応行動モデルについては、認知セグメントと非認知セグメントのそれぞれで意思決定構造が異なる可能性を考慮すると、認知セグメントと非認知セグメントの対応行動モデルのそれぞれの未知パラメータ、認知モデルの未知パラメータの全てを同時に推定することが必要となる。しかし、本研究で得られた 305 トリップではこの 3 つモデルのパラメータを同時に推定することが極めて困難であった。そこで、広報活動が個人の交通状態の認知、ならびに、交通行動に及ぼす影響を把握することを目指している本研究では、認知モデルにおけるパラメータ推定値を得ることを優先させ、効用関数のパラメータベクトルはいずれのセグメントの運転者も共通に持つものとして、推定計算の簡略化を図った。ただし、意思決定構造と帰属するセグメントとの相関を考慮したモデルシステムの構築を図ることは、本研究の今後の重要な課題である。

以上の仮定に基づいて、かつ、図-1 の 3 層の選択構造を仮定して、式(10)に示した尤度関数に基づいて推定計算を行った。その結果、「自動車」と「電車変更」を選択肢

集合とするレベルにおけるログサム変数のパラメータとして、0.90, 0.0 からの t 値が 3.74, そして 1.0 からの t 値が -0.40 という推定値が得られた。この推定結果を受けて、「一般迂回」「高速迂回」「電車迂回」の 3 選択肢が共に等しい誤差共分散を持つものと仮定して、「発生選択レベル」「機関・経路選択レベル」の 2 層の選択構造を仮定した。この仮定に基づいて推定した結果を表-1 に示す。また、表-2 に、各接触媒体で伝達された情報を示す。なお、接触媒体としては表-2 に示した 4 つのものを考慮し、これらを認知モデルの外生変数として導入した。また、個人属性については、認知モデルと対応行動モデルの各レベルに導入

表-1 池田線利用予定者のモデルの推定結果

認知モデル	認知水準を考慮		認知水準を考慮なし	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
チラシ接触ダミー	1.43	1.03	—	—
フリーダイヤル接触ダミー	3.00	2.09	—	—
しきい値	2.58	2.54	—	—
対応行動モデル				
経路・機関選択レベル	パラメータ	t値	パラメータ	t値
(高速迂回)				
高速所要時間(分)	-0.011	-1.54	-0.0032	-1.88
年齢29歳以下ダミー	-0.58	-1.66	-0.52	-1.94
年齢30-44歳ダミー	-0.46	-1.38	-0.38	-1.82
男性ダミー	-1.10	-2.85	-1.08	-7.55
業務目的ダミー	0.35	1.03	0.24	1.32
定数項	-1.32	-2.75	-1.08	-8.48
(一般迂回)				
所要時間(分)	-0.028	-4.45	-0.016	-2.60
(電車変更)				
所要時間(分)	-0.084	-5.41	-0.075	-4.85
駅までの距離(km)	-1.45	-4.05	-1.32	-1.61
男性ダミー	-2.41	-3.74	-2.48	-3.72
業務目的ダミー	-1.55	-2.36	-1.45	-1.91
定数項	3.48	4.22	3.51	3.42
発生選択レベル(発生)	パラメータ	t値	パラメータ	t値
アクセシビリティ*	0.16	0.57	0.16	1.26
男性ダミー	0.46	0.60	0.35	1.08
業務目的ダミー	-1.71	-2.26	-1.77	-4.05
定数項	2.64	3.72	2.55	12.49
ログサム変数	0.32	2.18	0.38	1.61
		(-4.70)*†		(-2.65)*

*: 1からのt値

Sample Size	=305(うち、一般迂回:193, 高速迂回:83, 電車変更:17, 外出中止:12)
L(C)	-284.25
L(B)	-247.17 -252.35
χ^2 -square	74.16 (df=20) 63.80 (df=17)

* : 距離と商店年間販売額を用いたポテンシャル型アクセシビリティ⁽²⁾

表-2 各接触媒体の情報内容

	通行止め期間	通行止め期間	代替経路	動的交通状況
テレビCM	○	○	×	×
新聞広告	○	○	×	×
フリーダイヤル	○	○	×	○
チラシ	○	○	○	×

○: 提供, ×: 非提供

した。機関別の所要時間、駅までの距離等の選択肢固有属性については、それぞれに対応する選択肢の外生変数として導入した。

認知モデルのパラメータに着目すると、チラシ、フリーダイヤル接触ダミーのパラメータが正である。このことから、両媒体への接触が認知セグメントへの帰属確率を上げること、すなわち、これらの媒体へ接触している個人ほど、通行止め時に生じている実際の交通状態を的確に認知して交通行動を行う確率が高いことが分かる。なお、この2つの情報媒体以外のテレビCM、新聞広告についての接触ダミーについては、有意なパラメータが得られなかった。これらの結果は、通行止めの存在については必ず把握している池田線利用予定者にとっては、これらの情報媒体に接触したところで、交通状況の的確な把握には貢献しないが、代替経路情報や動的な交通状態についての情報に接触することで交通状況を的確に認知する確率が向上する、ということを示しているものと考えられる。特に、フリーダイヤルのパラメータが大きいかを考えると、動的な交通状態についての情報は、交通状況の的確な認知に大きく貢献することが分かる。

対応行動モデルの推定結果からは、電車変更、一般迂回、高速迂回の各選択肢の所要時間がそれぞれの効用関数において負のパラメータが推定されており、所要時間の増加に伴う忌避感が存在することが示されている。また、駅までのアクセスが不便な個人は、通行止め期間中においても自動車から電車に変更する傾向が低いことが示されている。なお、表-1には、本モデルとの比較のために、帰属するセグメントの固有性を考慮せず、全員が認知セグメントに帰属する、すなわち、交通状態異常時の交通状態を認識しているものと仮定した場合のモデルについても推定計算も示した。なお、このモデルでは、式(1)に定義した認知確率 $\pi_i(k)$ について $\pi_i(1) = 1.0$ 、 $\pi_i(k) = 0.0$ と固定し、通常のネスティッドロジットモデルの枠組みで推定計算を行った。両モデルを比較すると、 χ^2 値が交通状況の認知についてのセグメントの固有性を考慮した場合の方が高い適合度が得られていることが分かる。

4.2 池田線以外利用予定者に対するモデルの推定結果

池田線以外利用予定者に対するモデルを推定するにあたり、池田線の通行止め期間中の交通行動データから池田線以外の経路の利用を予定していたトリップの中で、利用経路、広報接触状況等のデータが不備なく得られている1808トリップをサンプルとして用いた。そして、式(14)に定式化した尤度関数 L_2 を最大化することで推定計算を

行った。推定結果を表-3に示す。また、認知モデルの外生変数としては、表-2に示した4つの接触媒体ダミーと個人属性を、対応行動モデルの外生変数としては、個人属性と速度比(表-3参照)を導入した。

表-3 池田線以外利用予定者のモデルの推定結果

認知モデル	認知水準を考慮		認知水準の考慮なし	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
テレビCM接触ダミー	1.98	7.62	-	-
新聞広告接触ダミー	0.31	2.83	-	-
チラシ接触ダミー	4.16	15.29	-	-
フリーダイヤル接触ダミー	3.29	1.98	-	-
男性ダミー	-1.81	-7.07	-	-
年齢29歳以下ダミー	-2.19	-6.23	-	-
池田線通過地区 居住者ダミー	3.24	11.59	-	-
しきい値	2.76	11.03	-	-
対応行動モデル				
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
テレビCM接触ダミー	-	-	0.97	5.76
新聞広告接触ダミー	-	-	0.21	1.91
チラシ接触ダミー	-	-	1.89	10.96
フリーダイヤル接触ダミー	-	-	1.65	3.13
男性ダミー	-	-	-0.64	-4.61
池田線通過地区 居住者ダミー	-	-	1.60	8.92
業務目的ダミー	2.05	13.46	2.14	12.45
年齢29歳以下ダミー	2.38	9.44	1.22	5.29
年齢30-44歳ダミー	1.03	6.52	1.05	5.38
速度比**	-2.31	-16.98	-1.89	-11.68
定数項	-1.82	-17.48	-4.16	-30.60
Sample Size	1808 (うち変更:137, 非変更:1671)			
L(C)	-485.13		-485.13	
L(β)	-356.79		-374.50	
χ^2 -square	256.68		221.27	
ρ -square	0.26		0.23	

**:(通行止時経路速度平均)/(平常時経路速度平均)

まず、認知モデルに着目すると、各媒体の接触ダミーについて正のパラメータが推定されており、各媒体への接触が認知セグメントへの帰属確率の向上をもたらすことが分かる。また、パラメータの絶対値からは、チラシ、フリーダイヤルの影響が他の2つの接触媒体よりも強いことが分かる。ここで、池田線利用予定者についてのモデルにおいても、テレビCM、新聞広告については有意な係数が推定されなかったことを考えると、池田線利用予定、非利用予定に関わらず、代替経路情報を伝達するチラシ、動的な交通情報を伝達するフリーダイヤルは個人の的確な交通状態の認知に貢献する情報媒体であることが分かる。また、池田線が通過する地域の居住者は認知セグメントに帰属する確率が高いことが示されている。一方、表-1においては、このダミー変数が有意な係数を持たなかった。これは、通行止め規制によって必ずしも経路変更をする必要のない

池田線以外利用予定者にとって、池田線沿線以外に居住することは通行止め規制についての関心を低める要因となるが、必ず対応行動をとらなければならない池田線利用予定者にとっては、沿線外居住者であっても関心は低くないためである、と考えられる。

次に、対応行動モデルの推定結果に着目すると、速度比について負のパラメータが推定されており、予定していた経路の平均速度が平常時より遅くなるほど、経路変更を行う確率が増えることが分かる。

なお、表-3には、表-1と同様に、全員が認知セグメントに帰属すると仮定したモデルの推定計算も示した。このモデルと、本研究で提案する交通状況認知についてのセグメントの固有性を考慮したモデルとを比較すると、本研究で提案するモデルの方が高い適合度が得られていることが分かる。

5. 京阪神パーソントリップデータを用いたモデルシステムの感度分析

以上に構築したモデルシステムを用いて、通行止めに先立って実施する広報活動が、通行止め時の個人の対応行動、ならびに、京阪神地域の集計交通量に及ぼす影響を分析するために、京阪神パーソントリップデータ(以下、PT データ)を用いた感度分析を行った。以下に、感度分析の手順を示す。

まず、京阪神パーソントリップから、池田線が利用可能なOD¹³⁾である全てのカートリップを抽出する。以下では、ここで抽出した個々のカートリップを表すひき数として $n(n = 1, 2, 3, \dots, N)$ を用いる。なお、OD の設定にあたっては、京阪神地域を 17 地域に分割した。また、ここで抽出したカートリップ総数は約 6 万 2 千トリップである。なお、拡大係数を考慮すると、これらのトリップは 208 万トリップを代表するサンプルである。

一方で、2. で述べた調査で得られた項目 1) のデータを用いて、

- ・もし仮に通行止めが無ければ、その期間中に自動車以外出し、かつ、池田線を利用する
- ・もし仮に通行止めが無かったとしてもその期間中に、自動車以外出しはするが、池田線は利用しない

を選択肢集合とするロジットモデルを構築する。以下、このモデルを予定行動モデルと呼ぶ。すなわち、このモデルは、個々のトリップが、3. で述べた 2 つのモデルのいずれを適用すべきかを算定するモデルである¹¹⁾。

このモデルを用いて、先に述べた PT データから抽出した

個々のカートリップ n についての池田線利用予定確率 $P(Ikeda)^n$ 、池田線以外利用予定確率 $P(NIkeda)^n$ を算定する。ただし、対応行動モデルにおける定数項については、平常時に観測されている OD 別池田線交通量¹⁰⁾に基づいて OD 別に補整する。

ここで、個々のカートリップの対応行動確率、認知確率を、 $P(Ikeda)^n$ 、 $P(NIkeda)^n$ 考慮し、かつ、式(1)、(11)に基づく以下のように定式化される。

$$P_1'(i|s)^n = P(Ikeda)^n \times \sum_k P_1(i|k)^n \times \pi_1(k|s)^n \quad (15)$$

$$P_2'(i|s)^n = P(NIkeda)^n \times \sum_k P_2(i|k)^n \times \pi_2(k|s)^n \quad (16)$$

s : 情報媒体接触状況 (=1, 2, ..., 16)

$P_1'(i|s)^n$: (接触媒体状況 s のもとでのカートリップ n の) 予定行動が池田線利用であり、かつ、対応行動が i である確率

$P_2'(i|s)^n$: 予定行動が池田線非利用であり、かつ、対応行動が i である確率

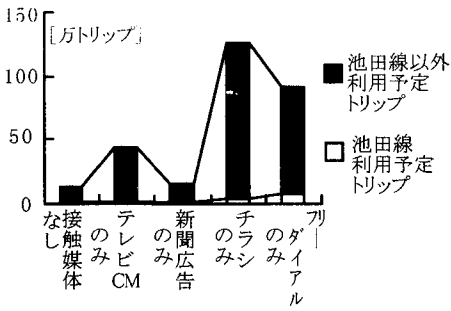
$\pi_2'(k|s)^n$ 、 $\pi_1'(k|s)^n$: 池田線利用予定の場合、および、池田線以外利用予定の場合の、 s のもとでのセグメントが k である確率

ここに、接触媒体状況 s とは、本研究で考慮している 4 つの接触媒体の接触/非接触についての全 16 個 (=2⁴) の組み合わせのそれぞれを表すひき数である。そして、式(15)、(16)と、式(2)~(9)、および、表-1、表-3に示した推定結果を用いて、全ての n, s, i, k についての $\pi_1'(k|s)$ 、 $\pi_2'(k|s)$ 、 $P_1'(i|s)^n$ 、 $P_2'(i|s)^n$ を算定する、そして、これらを個々のトリップの拡大係数を考慮して、全ての n について足しあわせることで、全トリップの情報媒体状況 s が共通であると仮定した場合の、

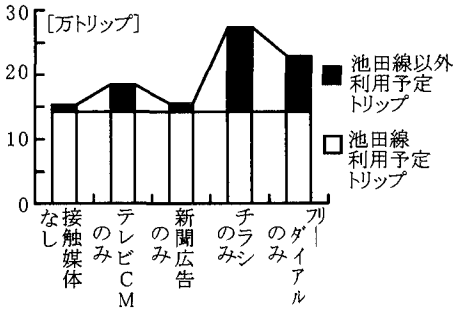
- ・接触媒体状況別、対応行動別トリップ数
- ・接触媒体状況別、帰属セグメント別トリップ数

を算定した。また、本分析では、交通需要量の変化に伴う旅行時間の変化を考慮せず、交通状態を表す変数として、実際の通行止め時、非通行止め時の双方で観測された旅行時間をモデルシステムに導入した。

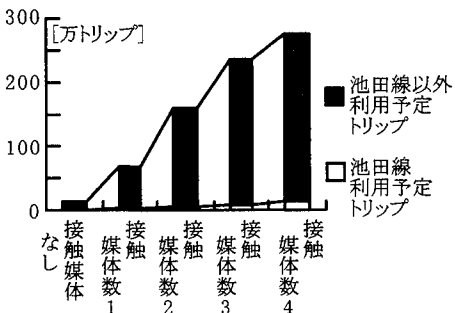
図-2、図-3 は、接触媒体状況が全トリップについて共通であり、かつ、接触媒体数が一つ以下と仮定した場合に、池田線通行止め時に何らかの対応行動をとるカートリップ総数(以下、対応トリップ数)、および、認知セグメントに帰属する(すなわち、通行止め時に実際に生じている交通状況を想定して対応行動を行っている)カートリップ総数(以下、認知トリップ数)を、接触媒体別に示したものである。なお、池田線利用予定トリップについてのトリップ数はいずれの接触媒体でも等しい値となっているが、これは、池田線の利用を予定している場合は通行止めによ



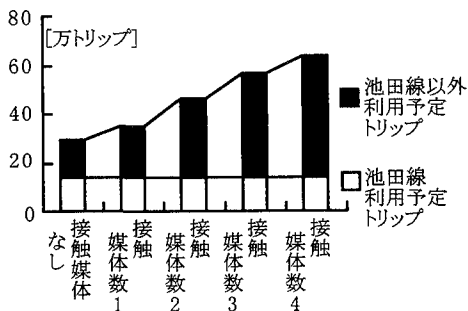
注:接触媒体が全員共通と仮定
図-2 接触媒体数が1以下の場合の情報媒体別認知トリップ数



注1:接触媒体が全員共通と仮定
注2:池田線利用予定者は必ず対応行動をとるので一定値となる
図-3 接触媒体数が1以下の場合の情報媒体別対応トリップ数



注1:接触媒体が全員共通と仮定
注2:同一の接触媒体数の場合にはそれらの平均を算定
図-4 情報媒体数別の認知トリップ数



注3:接触媒体が全員共通と仮定
注2:同一の接触媒体数の場合にはそれらの平均を算定
注3:池田線利用予定者は必ず対応行動をとるので一定値となる
図-5 接触媒体数別の対応トリップ数

って対応行動を行うことを余儀なくされているからである。図-2、図-3より、いずれの情報媒体であっても、それを提供することで認知トリップ数が増加し、それに伴って対応トリップ数も増加することが分かる。ただし、新聞広告は、認知者数の増加にさほど貢献しないことが示されている。一方、フリーダイアル、チラシといった情報媒体については、それを提供することで認知トリップ数を大きく向上させ、それに伴って対応トリップ数も増加させる効果を持つことが分かる。特に、事前にチラシによって通行止めを広報すれば(かつ、それに全トリップが接触すれば)、一切広報活動を行わない場合と比較して、対応トリップ数が1.4倍(図-3参照)に、そして、認知トリップ数については7.0倍(図-2参照)にもなる、という結果が示されている。次に図-4、図-5に、接触媒体数別の認知トリップ数、対応トリップ数を示す。なお、接触媒体数2,3については、複数の接触媒体の組み合わせがあるが、それらについての平均をそれぞれの図に示した。

図-4、図-5から、接触媒体数が増加するにつれて、認知者数、対応者数の双方とも増加することが分かる。このことは、広報活動を行う場合、単一の情報媒体だけでなく、複数の情報媒体を通じて情報を伝達を行うことが有効であることを示しているものと考えられる。また、情報媒体数の増加に伴う認知トリップ数、対応トリップ数の増加率に着目すると、接触媒体数が1から2にかけての増加率が最も大きく、媒体数3から4にかけての増加率が最も小さいことが分かる。この結果は、複数の情報媒体を用いることは有効であるが、必ずしも全ての情報媒体への全員の接触を図る必要性はないことを示しているものと思われる。

6. おわりに

本研究では、交通網異常時においては、各個人が想定する交通状況についての異質性がより顕著となり、かつ、その異質性に広報活動が影響を及ぼしているものと考え、交通状況認知についての2つのセグメント仮定した、交通網異常時における交通行動モデルシステムの構築を図った。本研究で提案したモデルシステムは、認知セグメント、非認知セグメントのそれぞれへの帰属確率を定式化する認知モデル、帰属セグメントを与件とした対応行動確率を定式化する対応行動モデルの2つのサブモデルで構成されている。このモデルシステムを、阪神高速道路池田線において通行止め規制が行われた際の個人

の行動データを用いて構築した。パラメータの推定にあたっては、認知モデル、対応行動モデルの双方のパラメータを同時に推定した。

推定の結果、広報活動を行う際のいくつかの情報媒体の中でも、代替経路情報を提供するチラシ、動的な交通状態情報を提供するフリーダイアルが最も個人の交通状況の認知に貢献することが示された。さらに、京阪神戸パーソントリップデータを用いた感度分析からは、情報媒体に接触することで、とりわけ、チラシ、フリーダイアルに接触することで、対応行動をとるトリップが増加することが示された。このことから、本研究で提案した枠組みに基づいて、個人の認知、交通行動、および、集計的な交通量といった観点から、広報活動についての評価が可能であることが示された。

ここで、認知セグメントに帰属している運転者、すなわち、的確に交通状況を把握している傾向にある運転者の方が対応行動をとる傾向が強いことを考えると、適切な広報活動によって通行止め時の交通混雑が緩和されるものと期待される。なぜなら、通行止めによって均衡状態からより大きく乖離することで混雑が生じている交通状況を改善するのは、的確な情報を所有する運転者の対応行動であるものと考えられるからである。ただし、この点に詳細な分析を加えるためには、一般街路、高速街路という形ではなく、道路網を考慮した経路選択モデルに基づいた検討が必要となるものと思われる。

ここで、広報活動のための費用制約を考えた場合、本研究で示した感度分析において前提としたように、全員にチラシを配布する、あるいは、全員にフリーダイアルへの接触を依頼するということは、事実上不可能である。さらに、感度分析から、複数の接触媒体を組み合わせることが有効であることも示されている。これらの点を考え合わせると、チラシやフリーダイアルの有効性を踏まえた上で、それらの情報媒体に基づいた広報活動と、テレビCMや新聞広告といったマスメディアを通じた広報活動とを、費用制約下で適切に組み合わせることが必要となるものと考えられる。そして、「適切な組み合わせ」を考えるにあたっては、本研究で提案したモデルシステムと別途構築する配分モデル等を組み合わせることで、広報活動が交通状態に及ぼす影響を分析し、交通網異常時における交通混雑の緩和を目指すことが必要である。

なお、本研究は未だ途上にあり、以下のような課題が残されている。

1) 本研究では、帰属セグメントの相違による交通行動の

相違は、想定する交通状況が異なることでのみ生じるものと仮定した。この仮定により、推定パラメータ数が削減され、本研究の様に帰属セグメントが観測されていない状況下でも、認知モデル、対応行動モデルの双方のパラメータを推定することが可能となった。しかし、帰属セグメントと意思決定構造との間にも相関が存在することは十分に考えられる。この点を考慮するためにも、今後、より多くのサンプルを収集する、あるいは、直接的に帰属セグメントについて観測し、これを行動結果とあわせた形で推定計算を行う、といった対処が必要となるものと思われる。

- 2) 本研究では、個人が認知する交通状況の異質性を考慮するはじめの試みとして、2つの交通状況認知についてのセグメントを仮定した。しかし、広報活動が個人の交通状況の認知、ならびに、交通行動に及ぼす影響をより詳細に検討するためには、本研究で仮定した2つのセグメント以外にも、様々なセグメントを仮定することが必要であるものと思われる。
- 3) 本研究では、個人が情報媒体への接触状況を直接的に説明変数として用いた上でモデルシステムを構築し、その上で、それに基づいた広報活動に関する検討を加えた。しかし、広報活動が個人の行動、ならびに、交通状況に及ぼす影響を把握するためには、広報活動と個人の接触状態との関係についても検討を加えることが必要となるものと思われる。

最後に、本研究の遂行にあたり、阪神高速道路公団から、数多くの貴重なデータをご提供いただいた。また、都市・地域交通計画研究所 戸松稔氏からは惜しみないご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

注

- [1] 対応行動モデルを推定するにあたっては、池田線以外利用予定者についてのモデルで用いた305サンプル、池田線以外利用予定者についてのモデル1808サンプルの合計2113サンプルを用いた。また、説明変数としては、池田線以外利用予定者については、池田線利用予定時の選択肢固有属性がデータとして得られなかったため、個人属性(年齢)、トリップ目的(通勤目的ダミー、業務目的ダミー)のみを用いた。推定の結果、 $\chi^2 = 63.80(df = 4)$ と有意なモデルが構築できた。なお、選択肢固有属性をモデルに導入していないため、このモデルではODによる池田線利用予定確率の相違を表現できないが、集計化にあたっては、OD別池田線利用交通量に基づいてOD別に定数項を補整している。したがって集計化の局面においては、個々のカートリップについて、個人属性、トリップ目的、ODのそれぞれを考慮した選択確率を算定している。

参考文献

- 1) 佐佐木綱, 飯田恭敬: 交通工学, 国民科学社, pp. 78-90, 1992.
- 2) 秋山孝正: 知識利用型の経路選択モデル化手法, 土木計画学研究・論文集, pp. 65-72, 1993.
- 3) 内田敬・飯田恭敬・松下晃: 通勤ドライバーの出発時刻決定行動の実証分析, 土木計画学研究・論文集, No. 10, pp. 39-46, 1992.
- 4) 山下智志: 所要時間に関するHN効用関数, 土木計画学研究・講演集, No. 18(2), pp. 337-340, 1995.
- 5) 小林潔司・安野貴人: 室内実験によるドライバーの合理的期待に関する仮説検定, 土木計画学研究・論文集, No. 12, pp. 493-500, 1995.
- 6) Swait, J. and Ben-Akiva, M.: Empirical Test of a Constrained Choice Discrete Model, Mode Choice in San Paulo, Brazil, *Transportation Research B*, Vol. 21B, No. 2, pp. 103-115, 1987.
- 7) 杉本 直・佐々木邦明・森川高行: 潜在セグメントを考慮した動的な休日買物目的地選択分析, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.43-46, 1995.
- 8) Fujii, S., Kitamura, R.: Analysis of Personal Action Space Using a Model System with Multiple Choice Structures, *World Transport Research -Proceedings of the 7th World Conference on Transport Research-*, Vol. 1, Travel Behavior, pp. 165-180, 1996
- 9) 藤井聡, 木村誠司, 北村隆一: 選択構造の異質性を考慮した生活圏推定モデルの構築, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp.613-622, 1996.
- 10) 阪神高速道路公団: 平成 6 年 11 号池田線前面通行止めに関する反響調査報告書, 1995.
- 11) 阪神高速道路公団: 池田線補修工事に伴う交通量影響調査業務-実査編-, 1995.
- 12) 石上肇, 藤井聡, 北村隆一: 個人の交通行動を考慮したアクセシビリティに基づいた都市モデルの構築, 土木学会第 50 回年次学術講演会概要集第 4 部, pp.490-491, 1995.
- 13) 阪神高速道路公団: 情報提供による交通行動の変化に関する検討業務-非集計分析を用いた通行止め時の広報効果分析と交通需要予測-, 1996.

交通網異常時における交通状態認知を考慮した交通行動分析 ー阪神高速道路池田線通行止め規制時においてー

藤井 聡 林 成卓 北村 隆一 杉山 守久

本研究では、交通網異常時における適切な広報活動を検討するために、そして、交通網異常の交通需要予測を目指して、個人の対応行動モデルシステムの構築を図った。本研究では、交通網異常時では交通状態の認知についての異質性が顕著となるものと考え、交通状況の認知と交通行動の双方を内生化した。モデルシステムの構築にあたっては、阪神高速道路池田線通行止め規制中の個人の交通行動データを用いた。推定の結果、個人が認知する交通状況の異質性を考慮することでデータへの適合度が向上すること、チラシ、フリーダイヤルが個人の交通状況の認知の向上に貢献することが分かった。また、京阪神パーソントリップデータを用いて感度分析を行った結果、本モデルシステムを用いて広報活動政策を集計的な観点から評価できること、ならびに、複数の情報媒体を組み合わせることが有効であることが分かった。

An analysis of the Recognition of and Reaction to Unusual Traffic Network Condition: The Case of the Hanshin Expressway Ikeda Line Closure

Satoshi Fujii, Masataka Hayashi, Ryuichi Kitamura and Morihisa Sugiyama

The model system of individuals' reaction to unusual traffic network condition is developed in order to evaluate alternative means of providing public information of the condition. Under unusual traffic network condition the heterogeneity of recognition of traffic condition across individuals can not be ignored. The endogenous variables of the model system are indicators of recognition of and reaction to, the unusual traffic condition. The parameters contained in the model system are estimated using trip data during the Hanshin Expressway Ikeda Line closure. The model system provides better fit to the data than a model that does not consider an individual's recognition of traffic condition. The parameter estimates indicate that fliers and toll free telephone information service raise the level of recognition more than do the other media. The sensitivity analysis indicates that the model system can evaluate means of providing public information of the road condition from aggregate viewpoints, and that combining multiple media raises the level of recognition.
