

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

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

林 成卓** 藤井 聡*** 北村 隆一****

By Masataka Hayashi, Satoshi Fujii, Ryuichi Kitamura

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。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思われる。

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」と仮定されることが多い。しかし、上述のように、各個人が予想する交通状態の個人間の異質性が顕著となる交通網異常時では、その仮定を緩和する必要があるものと考えられる。そこで本研究では、「異常時に生じる交通状態を認知している程度（以下、認知水準）」の違いによって、2つのセグメントを仮定し、潜在セグメント手法^{1) 2)}を適用して、各個人が予想する交通状態の異質性を考慮した交通網異常時の交通行動モデルの構築を図る。そして、各セグメントへの帰属を規定する要因として、各情報媒体への接触の有無を設定することで、有効な広報活動を検討を可能とするモデルシステムの提案を図る。

なお、本研究では1994年11月19日～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」で得られた交通行動、および、広報効果に関するデータに基づいて分析を行なう。

2. モデルの概要

交通網異常時の交通行動は、交通網が平常であると仮定した場合の交通行動（以下、予定交通行動）

*キーワード：交通行動分析、交通状態認知

** 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 工藤 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
(606-01 京都市左京区吉田本町 Tel:075-753-5136 Fax:075-753-5916)

に大きく影響され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をサンプルとして、交通網異常時に対応した交通行動モデルの構築を図る。その際、予定交通行動として「自動車利用かつ池田線利用予定（以下、池田線利用予定）」「自動車利用かつ池田線以外利用予定（以下、池田線以外利用予定）」を想定して、それぞれについて個別に交通行動モデルを構築した。

(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」「電車に乗る」「高速道路で迂回」「一般道路で迂回」から離散選択を行なうと仮定する。一方で、通行止め規制時における認知水準は個人によって異なり、また、認知水準の違いによって、それぞれの対応行動の選択確率も異なると思われる。そこで本研究では、認知水準を2つ仮定し、

認知水準1の個人

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。

認知水準2の個人

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。

として、以下の定式化を行なった。

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

i : 対応行動を表すダミー変数

(=1:外出中止, =2:電車に乗る, =3:高速道路で迂回, =4:一般道路で迂回)

k : 認知水準を表すダミー変数

(=1:認知水準1, =2:認知水準2)

$Pr_i(i)$: 池田線利用予定者の対応行動 i の選択確率

$Pr_i(i|k)$: 池田線利用予定者の認知水準 k における対応行動 i の選択確率

$Pr_i(k)$: 池田線利用予定者の認知水準 k である確率

本研究では、以下に構築する認知モデルで $Pr_i(k)$ を、対応行動モデルで $Pr_i(i|k)$ を算出する。

(a) 認知モデル

ロジットモデルを枠組みとして構築する。ここで、認知水準 k は ω によって式(3)で規定され、 $Pr_i(k)$ は式(4)、式(5)で示される。

$$\omega = \alpha X + \varepsilon \quad (2)$$

$$k = \begin{cases} 1 & \text{if}(\omega \geq \theta) \\ 2 & \text{if}(\omega < \theta) \end{cases} \quad (3)$$

$$\Pr_1(1) = \frac{\exp(\alpha X - \theta)}{1 + \exp(\alpha X - \theta)} \quad (4)$$

$$\Pr_1(2) = \frac{1}{1 + \exp(\alpha X - \theta)} \quad (5)$$

ω : 認知水準を規定する潜在変数
 X : 認知水準に影響を及ぼす外生変数ベクトル
 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
 $\Pr_1(k)$: 認知レベル k の帰属確率

なお、 X としては、各情報媒体への接触状態を用いる。このことによって有効な情報媒体の検討が可能になると考えられる。

(b) 対応行動モデル

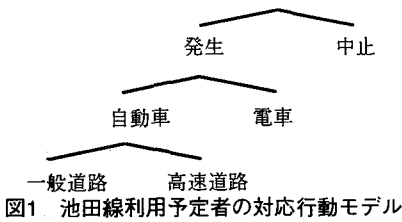


図1 池田線利用予定者の対応行動モデル

図1に示す「発生選択」「機関選択」「経路選択」の3層の階層的な選択構造を仮定した、ネステッドロジットモデルで構築する。この際、想定自動車所要時間という説明変数の値として、認知水準1, 2に対して、それぞれ「通行止め規制時の所要時間」、「平常時の所要時間」を用いるが、交通システム利用者の対応行動の意思決定構造は、認知水準によらず同一であると仮定した。なお、 $\Pr_1(i|k)$ は以下のように定式化する。

$$\Pr_1(i|k) = P_1(l, m, n|k) \quad (6)$$

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

$$P_1(n|l, m, k) = \frac{\exp(V_{1nl, m, k})}{\sum_n \exp(V_{1nl, m, k})} \quad (7)$$

$$P_1(m|l, k) = \frac{\exp(V_{2ml, k} + \lambda_2 LS_m)}{\sum_m \exp(V_{2ml, k} + \lambda_2 LS_m)} \quad (8)$$

$$P_1(l|k) = \frac{\exp(V_{3lk} + \lambda_3 LS_l)}{\sum_l \exp(V_{3lk} + \lambda_3 LS_l)} \quad (9)$$

l : 発生選択を表すダミー変数
 m : 機関選択を表すダミー変数
 n : 経路選択を表すダミー変数
 $V_{1nl, m, k}, V_{2ml, k}, V_{3lk}$: 確定効用
 LS_m, LS_l : ログサム変数
 λ_2, λ_3 : ログサム変数のパラメータ
 $P_1(l, m, n|k)$: 認知水準 k の時の l, m, n の同時選択確率

$P_1(n|l, m, k)$: 認知水準 k の時 l, m を選択した場合の n の選択確率

$P_1(m|l, k)$: 認知水準 k の時 l を選択した場合の m の選択確率

$P_1(l|k)$: 認知水準 k の時の l の選択確率

(c) パラメータの推定

回答者の認知水準はアンケート調査からは得られないため、認知モデルのみを単独で推定することは出来ない。そこで、パラメータの推定は式(1)を基に、対応行動の結果から尤度関数を定式化し、最尤推定法によって認知モデルと対応行動モデルの同時推定を行う。

(2) 池田線以外利用予定者に対するモデル

データの基礎集計の結果、池田線以外利用予定者の通行止め時の対応行動として、「外出中止」「電車に乗る」を行なった人は0.2%であった。そこで本研究では、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利用予定とする経路を「変更する」「変更しない」の2つとする。また、池田線利用予定者に対するモデルと同様に、認知水準を考慮して、以下の定式化を行なった。

$$\Pr_2(i) = \sum_k \Pr_2(i|k) \times \Pr_2(k) \quad (10)$$

i : 対応行動を表すダミー変数
 (=1:変更する, =2:変更しない)
 k : 認知水準を表すダミー変数
 (=1:認知水準1, =2:認知水準2)
 $\Pr_2(i)$: 池田線以外利用予定者の対応行動 i の選択確率
 $\Pr_2(i|k)$: 池田線以外利用予定者の認知水準 k における対応行動 i の選択確率
 $\Pr_2(k)$: 池田線以外利用予定者の認知水準 k である確率

以下に構築する認知モデルで $\Pr_2(k)$ を、対応行動モデルで $\Pr_2(i|k)$ を算出する。

(a) 認知モデル

池田線利用予定者に対するモデルと同様、ロジットモデルで構築する。

(b) 対応行動モデル

認知水準1に対しては、交通網が平常の場合利用予定とする経路を「変更する」「変更しない」の離散選択を行なうと仮定し、ロジットモデルで構築する。認知水準2の個人は利用予定経路の交通状態に変化がないと考えており、全員経路変更という対応行動は取らない ($\Pr_2(1|2) = 0$) と仮定する。

(c) 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式(10)を基に、最尤推定法によって、「認知モデル」「対応行動モデル」の同時推定を行う。

3.モデルの推定結果

池田線利用予定者に対して図1の3層の選択構造を仮定した対応行動モデルを用いて推定を行なった。その結果、自動車選択の効用に入るログサム変数のパラメータ値は0.9となり、0からのT-値が3.74、そして1からのT-値が-0.40となった。そこで、「発生選択」「機関・経路選択」の2層の階層的な選択構造の対応行動モデルを仮定して池田線利用予定者に適応した。その結果を表1に示す。なお、「各情報媒体への接触」とは、各媒体からの情報を得たことを記憶していることを意味する。認知モデルにおいて、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り、両媒体への接触が認知水準1である確率を上げることが分かる。対応行動モデルでは、各選択肢の所要時間のパラメータが負であるなど、妥当な結果となった。比較のため、認知水準を考慮せず、全員が認知水準1であるとして構築したモデルの推定結果も表1に示す。この結果より、認知水準を考慮すると、 ρ^2 が0.11から0.13に向上することが分かる。

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		認知水準の考慮なし	
	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
(高速道路)				
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
(一般道路)				
一般所要時間(分)	-0.028	-4.45	-0.016	-2.60
(電車)				
電車所要時間(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		305	
L(C)	-284.25		-284.25	
L(β)	-247.17		-252.35	
χ^2 -square	74.16		63.80	
ρ -square	0.13		0.11	

池田線以外利用予定者の推定結果を表2に示す。認知モデルにおいて、各媒体の接触ダミーのパラメータが正なので、各媒体への接触が認知水準1の確率の向上をもたらすことが分かる。また、パラメータの大小関係より、チラシ、フリーダイヤルの影響が強いことが分かる。対応行動モデルにおいて、速度比のパラメータが負であるので、通行止め時の経路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。認知水準を考慮せず、全員が認知水準1であるとして構築したモデルの推定結果と比較すると、 $\rho^2=0.23$ から $\rho^2=0.26$ に向上している。

表1と表2の認知モデルのパラメータを比較すると、チラシ、フリーダイヤルは、いずれの個人にも認知水準1である確率の向上に働くことが分かる。また、池田線通過地区居住者であることは、池田線以外利用予定者に対してのみ認知水準1となる確率を上げる要因となることが分かる。これは、居住地区と予定交通行動が認知水準に対して交互作用を持っていることを示しているものと思われる。

表2 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1				
	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		1808	
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	

*: 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³⁾

** : (通行止め時経路速度平均) / (平常時経路速度平均)

表3 接触媒体の違いによる認知・対応行動確率の変化（池田線利用予定者）

チャシ	フリーダイヤル	サンプル数	交通状態の認知について			外出中止について			電車について			一般道路について			高速道路について		
			確率平均	増加量**	期待値***	確率平均	増加量**	期待値***	確率平均	増加量**	期待値***	確率平均	増加量**	期待値***	確率平均	増加量**	期待値***
×	×	105	0.070	—	7.36	0.039	—	4.07	8	0.053	—	5.53	2	0.641	—	67.29	75
○	×	179	0.240	0.170	43.05	0.039	0.001	7.06	3	0.056	0.003	9.97	7	0.630	-0.011	112.74	117
×	×	8	0.602	0.532	4.82	0.041	0.002	0.33	1	0.062	0.009	0.50	7	0.606	-0.034	4.85	0
○	○	13	0.864	0.794	11.23	0.042	0.003	0.54	0	0.067	0.014	0.87	1	0.589	-0.051	7.66	1

○：接触
×：非接触

*：全トリップの接触媒体が同一であると仮定した時の各項目についての確率の平均
**：全ての媒体に対して接触がない状態からの確率平均の増加量
***：（期待値）＝（確率平均）×（考慮する媒体接触状態でのサンプル数）

表4 接触媒体の違いによる認知・対応行動確率の変化（池田線以外利用予定者）

チャシ	フリーダイヤル	新聞	サンプル数	交通状態の認知について			外出中止について		
				確率平均	増加量**	期待値***	確率平均	増加量**	期待値***
×	×	×	625	0.039	—	60.89	0.015	—	9.55
×	×	×	29	0.119	0.023	3.46	0.019	0.004	0.56
×	×	×	419	0.292	0.195	122.17	0.051	0.036	21.40
×	×	×	8	0.466	0.369	3.73	0.083	0.068	0.67
×	×	×	154	0.593	0.496	91.34	0.106	0.091	16.39
×	×	×	98	0.331	0.234	30.78	0.058	0.043	5.43
×	×	×	8	0.511	0.414	4.09	0.091	0.076	0.73
×	×	×	92	0.639	0.542	38.80	0.115	0.100	10.56
×	×	×	16	0.748	0.651	11.97	0.135	0.120	2.16
×	×	×	227	0.844	0.747	191.55	0.155	0.140	35.14
×	×	×	0	0.936	0.840	0.00	0.177	0.162	0.00
×	×	×	0	0.786	0.689	0.00	0.143	0.127	0.00
×	×	×	93	0.871	0.774	81.03	0.161	0.146	14.97
×	×	×	0	0.950	0.854	0.00	0.181	0.166	0.00
×	×	×	24	0.989	0.892	23.73	0.191	0.176	4.60
×	×	×	16	0.992	0.895	15.87	0.192	0.177	3.08

○：接触

*：全トリップの接触媒体が同一であると仮定した時の各項目についての確率の平均
**：全ての媒体に対して接触がない状態からの確率平均の増加量
***：（期待値）＝（確率平均）×（考慮する媒体接触状態でのサンプル数）

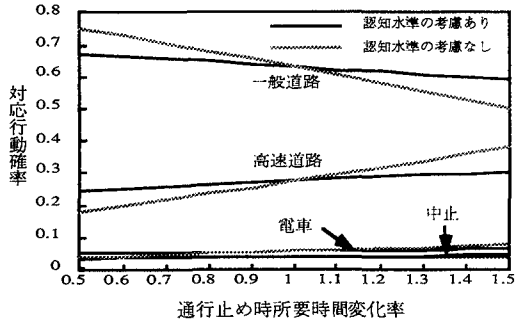


図2 通行止め時所要時間の変化に対する感度分析

4. 感度分析

推定したモデルを用いて感度分析を行なった。表3、表4は接触した媒体の違いによる、認知確率、各対応行動確率の変化を示したものである。これらの表より、予定交通行動に関わらず、接触媒体が増えると認知確率が向上し、特にフリーダイヤルやチャシの接触によって認知確率が大きく上がることが分かる。表3より、池田線利用予定者では、認知確率が高くなるに従い一般道路を利用して迂回するという対応行動から、高速道路の利用、電車への乗り換え、外出の中止等の対応行動へ移行する傾向が分かる。また表4より、池田線以外利用予定者も認知確率が高くなると経路変更確率が高くなり、認知水準が対応行動に変化を与えることが確認できる。

図2に通行止め規制時における各OD間の自動車所要時間が一樣に変化した場合の池田線利用予定者の対応行動の変化を示した。比較のため、認知水準を考慮せず、全員が認知水準1として構築したモデルを用いた結果も同時に示した。これより、自動車の所要時間が長くなるにしたがって、一般道路利用確率が下がり、高速道路の利用確率が増加する傾向が分かる。また、認知水準を考慮していないモデルと比較すると、所要時間の変化に対する対応行動の変化が鈍感となっている。現実には交通状態を認知しない個人が存在し、かつ、それらの個人の通行止め時の所要時間に対する感度が鈍いことを考えると、本研究で提案するモデルの方が妥当な感度を算定しているものと考えられる。

5. おわりに

本研究で提案する 認知水準の固有性を考慮したモデルの構築によって、より高精度の交通行動分析が可能となり、また、様々な情報媒体が認知水準に与える影響、認知水準が交通行動に与える影響を分析することができた。これらの結果より、本モデルシステムを用いて情報提供等の交通政策の評価が可能となると考えられる。今後の課題として、1) 認知水準をより細分化することによって、よりきめの細かい分析を行なう、2) 通行止め期間中の対応行動の動的な変遷を考慮した非集計モデルの構築、等が考えられる。

なお、本稿では、個人が接触する媒体の状態や、行動予定が与えられたモデルを構築しているが、交通需要予測を行う際には、別途構築した、各個人がどの媒体に接触するかを分析する「接触媒体モデル」、そして、各個人の交通行動予定の分析を行なう「予定行動モデル」を用いる必要がある。

最後に貴重なデータを惜しみなく提供下さった阪神高速道路公団杉山守久氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 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.
- 2) Fujii, S. and Kitamura, R.: Analysis of Personal Action Space Using a Model System with Multiple Choice Structures, *Selected Proceedings of the 7th WCTR*, forth coming, 1996.
- 3) 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.