

# 都市間高速道路における料金TDM施策効果予測モデルの構築\*

## A Forecasting Model of TDM Effect Implemented with Expressway Toll Discount\*

石田貴志\*\*・野中康弘\*\*\*・三橋正彦\*\*\*\*・平井章一\*\*\*\*\*

By Takashi ISHIDA\*\*・Yasuhiro NONAKA\*\*\*・Masahiko MITSUHASHI\*\*\*\*・Shouichi HIRAI\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

ETCの利用率は緊急総合対策による土日祝日の高速道路1,000円乗り放題の追い風もあり、平成21年7月時点で81%(週平均)に達した。ETCは、DSRCを用いて利用ICやIC利用時刻、車種等を無線通信することができることから、様々な条件による通行料金割引の実施が可能となっている。たとえば、ETC深夜割引(平成16年~)や、ETC通勤割引・ETC早朝夜間割引(平成17年~)は、特定の時間帯に割引を設定している。また、ETCによる料金割引は、割引対象時間帯を吟味することで、TDMにより渋滞対策効果も期待できる。平成19年には、東名(上)大和TN付近、中央道(上)小仏TN付近、関越道(上)花園IC付近、中国道(上)宝塚西TN付近の路線で、「ETC土日・祝日渋滞対策割引 社会実験」を実施している。この社会実験は、土日・祝日の夕方に対象ボトルネックを通過するETC車を20~22時にシフトさせることを狙ったものである。

従来、新たな料金割引の事前効果検証にあたっては、出発時刻を変更する利用者の割合や出発時刻変更幅が未知であったため、アンケート調査で「実施予定の割引(割引時間帯や割引率)」を高速道路利用者に提示し、出発時刻の変更意思を把握していた。

しかし、上記調査は「実施予定の割引(割引時間帯や割引率)」に対する変更意思を把握することを目的に実施しており、その割引がその他考え得る割引の中で最も渋滞軽減効果があるかは不明である。また、アンケート調査

\*キーワード：TDM、出発時刻選択、渋滞予測

\*\* 正員，修(工)，(株)道路計画 技術部  
(東京都豊島区東池袋2-13-14 丸の内機械ビル5階，  
TEL03-5979-8855，E-mail:t\_ishida@doro.co.jp)

\*\*\* 正員，博(工)，(株)道路計画 技術部  
(東京都豊島区東池袋2-13-14 丸の内機械ビル5階，  
TEL03-5979-8855，E-mail:y\_nonaka@doro.co.jp)

\*\*\*\* 非会員，修(工)，中日本高速道路(株)  
(東京都八王子市宇津木町231，  
TEL042-691-1171，E-mail:m.mitsuhashi.aa@c-nexco.co.jp)

\*\*\*\*\*非会員，中日本高速道路(株)  
(東京都八王子市宇津木町231，  
TEL042-691-1171，E-mail:s.hirai.aa@c-nexco.co.jp)

において複数の仮想割引を利用者に提示しても、渋滞軽減に最適な割引を検討するには限界がある。

本研究では、渋滞を最小にする料金割引TDM施策を検討するため、利用者行動理論を取り入れた料金割引TDM施策効果が把握可能な予測モデルを構築することを目的とする。

### 2. 料金TDM施策効果予測モデルの概要

本研究では、最適な料金割引TDM施策を評価するため、TDM施策実施時の利用者の行動変容(出発時刻の選択)と渋滞軽減効果が推計可能なモデルを構築する。

モデルは、料金(割引率)や割引時間帯、渋滞規模(所要時間)等を変化させた場合の出発時刻変更状況(交通量の変化量)が把握可能な『出発時刻選択モデル』と、交通量を変化させた場合の渋滞状況が把握可能な『交通状況予測モデル』の2つのサブモデルから構成する。

### 3. 出発時刻選択モデル

#### (1) モデルの概要

本研究では、利用者が入口ICを利用する時刻(時間帯)を決定する選択行動のモデル化を行う。

出発時刻選択モデルは、出発時間帯を18区分(5時台以前~22時台以降)とした18選択肢のロジック型の離散選択モデルとする。この選択確率は時間係数そのものであり、これを交通状況予測モデルに取り込むことができる。

また、既往研究では利用希望時刻と選択肢の時刻との差を説明変数に用いることが多いが、本研究ではTDM施策の効果を反映させることから、個人属性等にかかる変数は設定しないこととする。

本研究で定義する効用関数を式(1)に示す。

$$V_i = \alpha T_i + \beta C_i + \gamma_i \quad (1)$$

ここで、 $V_i$  : 効用関数

$\alpha$  : パラメータ

$T_i$  : 出発時間帯*i*の所要時間(分)

$C_i$  : 出発時間帯*i*の高速道路通行料金(円)

$\gamma_i$  : 出発時間帯*i*の定数項

(2) 分析対象サンプル

出発時刻選択モデルのパラメータを推計するため、アンケート調査を実施する。

アンケート調査では、仮定の「渋滞状況(所要時間)」と「ETC割引(割引時間帯や割引率)」を想定した際の、出発可能な時間帯とそのうち最も望ましい出発時間帯を調査する。

アンケート調査は、WEBアンケート調査(closed型)と、高速道路休憩施設におけるヒアリング調査の2種類を実施し、計2,267サンプルを取得した。また、1サンプルに対し複数の仮想パターンを調査していることから、合計12,499の分析対象データを取得した。アンケート調査の概要を表 1に示す。

(3) パラメータ推計結果

アンケート調査で取得した全12,499データを用いて、出発時刻選択モデルのパラメータを推計する。推計にあたっては、母集団とサンプルにおける時間係数の比を尤度関数に取り入れ、各サンプルが推定量に与える影響を調整する(WESML推定量)。なお、母集団の時間係数は、既往データより算出する。

パラメータ推計結果を表 2に示す。

表 1 アンケート調査の概要

アンケート種類	対象者	サンプル数	データ数
WEB アンケート調査	平成20年7月の週末に中央道(上)を走行したETC利用者	1,000	4,850
	平成20年のお盆に中央道(上)を走行したETC利用者	1,000	5,874
休憩施設 ヒアリング調査	平成20年8月15日(金)に中央道(上)談合坂SAに立寄ったETC利用者	267	1,775
合計	-	2,267	12,499

表 2 出発時刻選択モデルのパラメータ推計結果

説明変数	パラメータ	
通行料金(円/台)	-0.00023 (-12.5)	
所要時間(分)	-0.00347 (-3.5)	
定数項	5時台以前	0.508 (8.8)
	6時台	-1.285 (-15.3)
	7時台	-1.253 (-16.0)
	8時台	-1.312 (-18.7)
	9時台	-0.858 (-13.2)
	10時台	-0.743 (-12.1)
	11時台	-0.295 (-4.8)
	12時台	-0.326 (-5.3)
	13時台	-0.261 (-4.2)
	14時台	-0.373 (-6.1)
	15時台	-0.479 (-7.3)
	16時台	-0.331 (-4.2)
	17時台	-0.168 (-1.9)
	18時台	-0.362 (-4.1)
	19時台	-0.385 (-5.0)
	20時台	-0.540 (-8.9)
	21時台	-0.494 (-8.7)
22時台以降	-	
尤度比	0.4369	
的中率	22.27%	
サンプル数	12,499	
時間価値(円/分)	15.3	

パラメータの右( )内は t 値。

尤度比は0.44あり、精度の高いモデルである。また、的中率は22%であるものの18肢の選択確率6%(=1/18)より大きく改善されている。

個別の変数についてみると、通行料金と所要時間の符号条件は満たしており、t値の絶対値も2.0以上あることから、これら変数の説明力は高い。定数項についてもt値の絶対値が1.9~18.7と高く、パラメータ推計結果は良好といえる。

4. 交通状況予測モデル

(1) モデルの概要

本研究では、中央道(上)小仏トンネルを対象として、Point Queue Methodによる渋滞予測を行う。

Point Queue Methodの計算過程は以下のとおりである。

1) 時間帯別需要交通量の算出

$$Q_i = Q_d \times TF \quad (2)$$

ここで、 $Q_i$  : 時間帯*i*の需要交通量(台/h)

$Q_d$  : 日交通量(台/日)

$TF$  : 時間係数(需要変動パターン)

2) 渋滞判定

渋滞判定は以下の手順で行う。

$$Q_i \leq Q_c \dots \dots \dots \text{渋滞なし}$$

$$Q_i > Q_c \dots \dots \dots \text{渋滞開始(この時が渋滞発生時刻)}$$

ここで、 $Q_c$  : 渋滞発生時交通量(台/h)

3) 渋滞の生成

渋滞の生成は式(3)と(4)により算出する。

$$Q_{li} = \sum (Q_i - Q_j) \quad (3)$$

$$L_i = Q_{li} / K \quad (4)$$

ここで、 $Q_{li}$  : 時間帯*i*の滞留台数(台)

$Q_j$  : 渋滞発生後捌け交通量(台/h)

$L_i$  : 時間帯*i*の渋滞長(km)

$K$  : 渋滞長換算密度(台/km)

なお、 $Q_{li} = 0$ のとき渋滞解消。

(2) パラメータの設定

交通状況予測モデルのパラメータは主に以下の5つで構成される。

1) 日交通量( $Q_d$ )

本研究で構築する交通状況予測モデルは、通行料金等を変化させた場合の渋滞状況を予測するものである。通行料金はICペアごとに異なることから、小仏TN(上):八王子IC~相模湖ICを通過する日交通量をICペア交通量表から推計する。ここでは、利用者が最短距離を走行するものと仮定して日交通量を推計する。

なお、平成20年のお盆を対象に小仏TN(上)断面における日交通量の推計値と車両検知器データを比較した結果、RMS誤差が364台/日、平均誤差率が0.9%であった。

2)時間係数(需要変動パターン:TF)

小仏TN(上)断面の時間係数(需要変動パターン)は、前述出発時刻選択モデルの結果を援用する。

なお、WESML推定量に使用した時間係数は、過去の渋滞データと車両感知器データより算出する。

3)渋滞発生時および渋滞発生後捌け交通量( $Q_c$ と $Q_s$ )

渋滞発生時交通量は、過去に渋滞が発生した日の平均値(15分間フローレート)とする。ただし、渋滞予測は時間交通量を用いて行うため、PHF(Peak Hourly Factor)を考慮する。また、渋滞発生後捌け交通量も、過去に渋滞が発生した日の平均値とする。

4)車線数

小仏TN~上野原IC:2車線, 上野原IC~大月JCT:3車線。

5)渋滞長換算密度(K)

渋滞長換算密度は交通容量を超過する需要交通量を渋滞長に換算するためのパラメータであり、上流側の存在台数を考慮しなければならない。

本研究では、小仏TNの渋滞時密度を50台/km・車線、上流非渋滞区間密度を15台/km・車線として、渋滞長換算密度を35(=50-15)台/km・車線とする。

5. 料金TDM施策効果予測モデルの演算フロー

モデルの演算フローを図1に示す。

料金割引を設定した場合、出発時刻選択モデルでは割引を設定していない全時間帯の時間係数(選択確率)が小さくなる。一方で、アンケート調査結果において出発時間の変更幅は前後3時間以内が大半を占めることから、モデルの演算では料金割引を設定した時間の前後3時間のみ時間係数が低下するように設定する。

6. 現況再現

(1)対象日

対象日は交通混雑期の平成20年8月15日(金)とする。

(2)設定データ

以下の項目を出発時刻選択モデルにインプットし、現況の時間係数を算出する。

1)料金割引

通勤割引(6~9時, 17~20時):50%

2)渋滞状況

対象日の時間帯別渋滞長(図2参照)

3)シフト率(アンケート結果より設定)

- ・ETC利用率 :70%
- ・ETC割引認知率 :60%
- ・渋滞予測情報入手率 :50%
- ・時間変更可能割合 :40%

(3)現況再現結果

現況再現結果を図3に示す。

渋滞時間、渋滞開始時間、ピーク時間、最大渋滞長は、現況再現結果と実績が同様である。

渋滞量は、現況再現結果が93.5km・時であり、実績の104.3km・時より10.8km・時(10%)過小であるものの、概ね再現できていると考えられる。

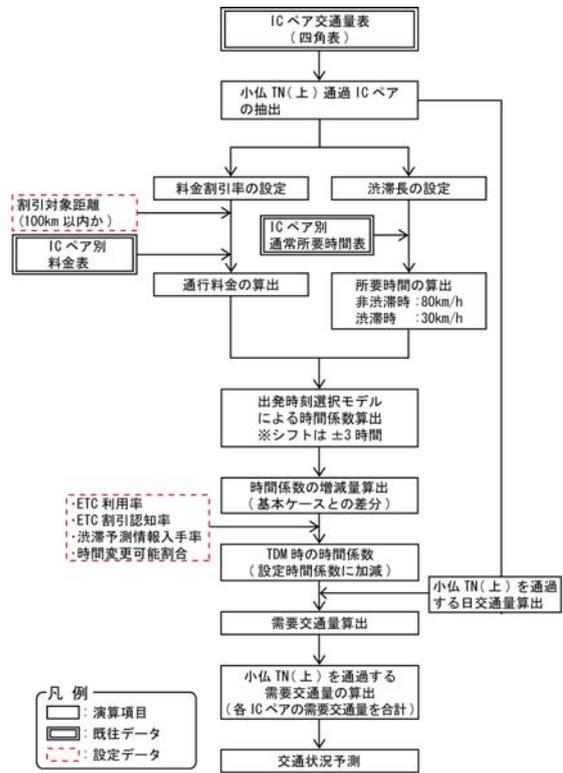


図1 料金TDM施策効果予測モデルの演算フロー

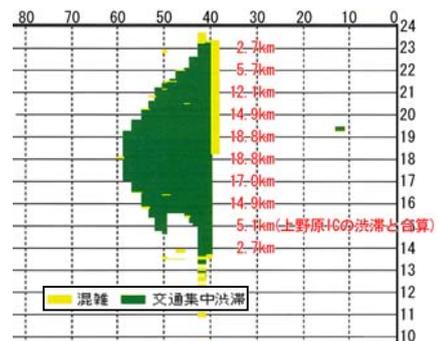


図2 対象日の渋滞状況

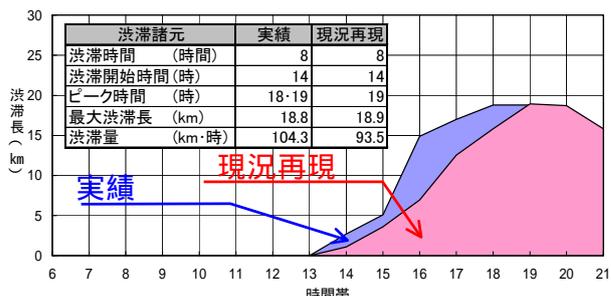


図3 現況再現結果

## 7. ケーススタディ

### (1) 通勤割引の効果検証

通勤割引の効果検証結果を表 3に示す。

通勤割引は、朝6～9時と夕方17～20時の計6時間に、100km以内のICペア交通量に対して50%割引を施すものである。

この条件のもと出発時刻選択モデルより需要交通量を算出した結果、夕方17～20時の需要交通量が相対的に増加する。また、現況と通勤割引がないケース1を比較した結果、渋滞量は通勤割引がないケース1の方が小さくなる。

次に、ETC利用率、ETC割引認知率、割引対象距離を変化させた場合について現況と比較した結果、ケース6では渋滞量が現況の93.5km・時に対し87.5km・時に7km・時(6%)減少するが、ケース6以外のケースはすべて現況の渋滞量より増加する。

これは、14時台の交通が夕方の割引時間帯にシフトしたことで渋滞発生時間が1時間遅れたためである。ただし、14時の交通量は2,497台/時と渋滞発生時交通量2,500台/時をわずかに下回る程度である。

夕方の通勤割引時間帯は渋滞する時間帯と一致しているため出発時刻の変更を促しても効果はなく、むしろ渋滞を悪化させる傾向にあると考えられる。

### (2) 最適な料金割引率・時間帯の検討

最適な料金割引率・時間帯の検討結果を図 4に示す。

今回設定した渋滞発生前割引ケースの渋滞量は、割引なしをいずれも下回る。割引時間帯別渋滞量を同一の割引率・対象距離で比較すると(たとえばケース1と7、13)、渋滞発生直前に割引を設定したケースの渋滞量が最も小さく、設定時間帯が渋滞時間帯より離れるほど渋滞量が大きくなる。

割引対象距離についてみると、割引対象距離を設定しない方が渋滞軽減効果大きい。また、割引率も高いほど効果が大きい傾向にある。

以上より、料金割引時間帯は渋滞直前、割引対象距離は設定しない、割引率は高いほどよい。

しかし、渋滞発生時刻は日によって変化し、今回のケースより数時間早く発生することもあるため、複数日で検討する必要がある。

## 8. おわりに

本研究では、利用者行動理論を取り入れた料金割引TDM施策効果が把握可能な予測モデルを構築し、お盆の1日ではあるものの、現況再現結果の精度が高いことを確認している。

表 3 通勤割引の効果検証

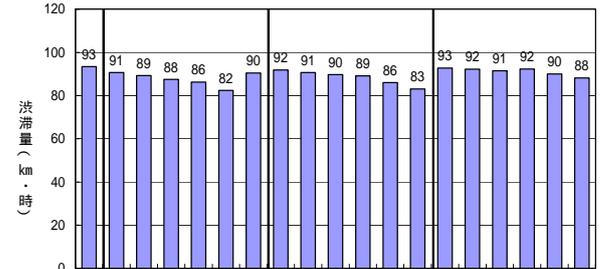
ケース	ETC利用率 (%)	ETC割引認知率 (%)	割引対象距離 (km)	渋滞予測結果	
				最大渋滞長 (km)	渋滞量 (km・時)
ケース1 (通勤割引なし)	-	-	-	18.4	93.4
現況 (通勤割引)	70	60	100	18.9	93.5
ケース2	70	60		19.7	93.7
ケース3	80	80	100	19.3	94.2
ケース4	80	80		20.8	95.5
ケース5	100	100	100	19.9	95.1
ケース6	100	100		21.0	87.5

渋滞予測情報入手率: 50%

時間変更可能割合: 40%

通勤割引率: 50%

割引時間帯: 6～9時と17～20時



ケース	割引なし	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8	ケース9	ケース10	ケース11	ケース12	ケース13	ケース14	ケース15	ケース16	ケース17	ケース18
割引時間帯		11～14時						10～13時						9～12時					
割引対象距離		100km			50			100km			50			100km			50		
割引率 (%)		50	70	100	50	70	100	50	70	100	50	70	100	50	70	100	50	70	100

ETC利用率: 70%

ETC割引認知率: 60%

渋滞予測情報入手率: 50%

時間変更可能割合: 40%

図 4 最適な料金割引率・時間帯の検討結果

一方で、出発時刻選択モデルでは、料金割引を設定していない全時間帯の時間係数(選択確率)が小さくなり、実際の利用者行動と一致していないという問題を有している。モデルの演算では料金割引を設定した時間の前後3時間のみ時間係数が低下するように設定しているが、今後はモデル構造を見直す必要があると考える。

また、今回の料金TDM施策効果予測モデル構築にあたっては、平成20年9月から実施された緊急総合対策(ETC料金割引)実施前の利用者意識を調査し、現況再現とケーススタディを行った。現在、高速道路料金をめぐる施策の変化は目まぐるしく、利用者の行動パターンも大きく変化していると考えられる。今後はこれらを見据えながら分析を進めることが望まれる。

### 参考文献

- 1) 渡邊健司, 千葉尚, 藤井聡, 森田緯之: 行動意図データを用いた非集計出発時刻選択モデルの構築, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.25, pp.117-120, 2005.
- 2) 岩倉成志, 原田知可子: 都市鉄道のピーク需要分散策を念頭においた時刻別需要予測モデルの研究, 運輸政策研究, Vol.8, No.3, pp.1-12, 2005.