

安全・安心の価値を考慮した 道東自動車道の通行料金の評価

岩館 慶多¹・岸 邦宏²

¹学生員 北海道大学大学院 工学院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:iwad@eng.hokudai.ac.jp

²正員, 博(工) 北海道大学大学院 工学研究院 准教授 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:kishi@eng.hokudai.ac.jp

本研究は2011年秋に帯広～札幌間が全線開通した道東自動車道を対象に、帯広～札幌間の旅客交通体系において利用者および事業者にとって望ましい高速料金を分析した。経路選択モデルではRPデータを用いて高速道路利用と一般道のみ利用の2項ロジットモデルを構築し、パラメータから心理的負担評価値および安全・安心評価値の貨幣換算を行った。交通手段選択モデルでは転換価格(Transfer Price)データを用いてJR、都市間バス、高速道路、一般道の4つの選択に関するNested Logit Modelを構築した。これを用いて事業者側や社会全体の分析として料金収入や料金収入から心理的負担便益を差し引いた値が最大になるときの高速料金を算出した。利用者側の分析にはロジット型価格感度測定法を用いた。

Key Words : Mode choice, Benefit analysis, Value of safety, DOTO Expressway

1. 本研究の背景と目的

2011年10月29日、道東自動車道(以下、道東道)夕張IC～占冠IC間が開通し、これまで飛び地開業であった帯広と札幌を結ぶ高速道路ネットワークがついに全線開通した¹⁾。これにより帯広～札幌間の交通体系は大きく変化することが予想される。

帯広～札幌間は自家用車で移動する場合、一般道では急カーブ、急勾配の険しい日勝峠や石勝樹海ロードを通行しなくてはならなかったが、道東道を利用することでこれらの区間を回避し安全・安心な走行が可能となる²⁾。また公共交通では、JR特急(スーパーとかち、スーパーおおぞら)や都市間バス(ポテトライナー)が運行されている。輸送人員はJRが都市間バスの約20倍と圧倒的であるが、今回の道東道開通によって都市間バスは所要時間が30分短縮、運行本数も3往復増便しており、JRと都市間バスとの競合が激しくなることが予想される。

高速道路料金(以下、高速料金)をめぐっては近年、休日上限千円割引、無料化社会実験、そして無料化社会実験の終了と目まぐるしい政策変更がなされてきた。道東道の開通に際して北海道新聞社が行ったアンケート³⁾では、安全性は評価するものの、普通車で4250円という通行料金への不満は根強く、「片道4千円以上だと利

用を考えざるを得ない」、「無料でなく低料金で利用率を上げられないか」といった意見が寄せられた。せっかく高速道路を整備したのに通行料金がhighのために利用されないというのでは、インフラとしてのストック効果が損なわれてしまっていると言える。一方、無料化社会実験で見られたように高速料金の変更がJRなど他の公共交通に与える影響を考慮することも必要である。

本研究は、帯広～札幌間の旅客交通体系において利用者および事業者にとって望ましい高速料金を提案することを目的とする。その際、道東道には日勝峠を回避するという安全・安心の価値があるという視点を考慮する。

2. 意識調査の概要

本研究では道東道夕張IC～占冠IC間開通直後の2011年11月に帯広～札幌間の移動経験者を対象に意識調査を実施した(表-1)。

表-1 意識調査の概要

調査対象	帯広～札幌間の移動経験者
調査場所	JR帯広駅改札、帯広駅バスターミナル、道東道占冠PA(上下線)、道の駅「樹海ロード日高」、住宅地(帯広市、音更町、幕別町)
調査日	2011年11月11日～12日、19日
方式	直接配布・郵送回収
配布票数	1660票
回収票数	656票(回収率39.5%)

3. 経路選択モデルの構築

(1) 使用するモデル

帯広～札幌間の経路選択モデルについて、高速道路を利用するか一般道のみを利用するかを2項ロジットモデルを構築する。

(2) 使用するデータ

各サンプルの選択結果については、意識調査から得られた4時点（無料化前の通常料金時、休日上限千円割引時、無料化社会実験時、無料化社会実験終了後）のRPデータを用いる。所要時間や高速料金については表-2の値を使用する。

表-2 経路選択モデルに用いる所要時間と高速料金

		所要時間	高速料金
高速道路	無料化前の通常料金時	3:39	3100
	休日上限千円割引時	3:29	(ETCあり) 1000
	無料化社会実験時		(ETCなし) 3100
	無料化社会実験終了後		0
一般道	4:18	3750	
			0

※休日上限割引開始(2009.3.28)、占冠IC～マムIC間開通(2009.10.7)、
無料化社会実験(2010.6.28～2011.6.19)
※帯広～札幌間のガソリン代=2635円とする。

(3) 効用関数の設定

高速道路利用および一般道利用の効用関数について式

(1),式(2)のように設定する。

$$V_{exp} = b_1 C_{exp} + b_2 T_{exp} + b_3 M2_{exp} + b_5 \quad (1)$$

$$V_{gen} = b_1 C_{gen} + b_2 T_{gen} + b_4 M1_{gen} \quad (2)$$

exp: 高速道路 gen: 一般道 V_i : 効用の確定項

C_i : 費用(100円) T_i : 所要時間(分)

$M1_{gen}$: 日勝峠の心理的負担ダミー変数

$M2_{exp}$: 道東道の安全・安心ダミー変数

b_1, b_2, b_3, b_4 : パラメータ b_5 : 高速道路固有定数

ここで、心理的負担ダミー変数 $M1$ 、安全・安心ダミー変数 $M2$ は次のようにして作成する。

1) 心理的負担ダミー変数 $M1_i$:

経路 i を運転時に心理的負担を「大いに感じる」あるいは「やや感じる」場合、 $M1_i=1$ とする。

2) 安全・安心ダミー変数 $M2_i$:

経路 i を運転時に心理的負担を「全く感じない」あるいは「あまり感じない」場合、 $M2_i=1$ とする。

(4) パラメータ推定結果

最尤法によるパラメータ推定を行う。推定には R 2.14.1 を用いた。表-3 に推定結果を示す。

表-3 パラメータ推定結果 (経路選択モデル)

	b1 費用	b2 所要時間	b3 道東道の安全・ 安心ダミー変数	b4 日勝峠の心理的 負担ダミー変数	b5 高速道路 固有定数
パラメータ推定値	-0.0700	-0.0690	0.913	-1.256	-1.758
t値	-8.38	-3.67	5.00	-4.79	-1.84
サンプル数	213				
尤度比	0.359				
的中率	78.5%				

(5) 心理的負担評価値と安全・安心評価値

各パラメータ推定値は費用に関するパラメータで割り戻すことで貨幣タームに変換することができる。本研究では、心理的負担ダミー変数や安全・安心ダミー変数を貨幣換算した値をそれぞれ心理的負担評価値、安全・安心評価値と呼ぶこととし、式(3)、式(4)のようにして算出する。

心理的負担評価値

$$= \frac{\text{心理的負担ダミー変数に関するパラメータ}}{\text{費用に関するパラメータ} \times (-1)} \quad (3)$$

安全・安心評価値

$$= \frac{\text{安全・安心ダミー変数に関するパラメータ}}{\text{費用に関するパラメータ} \times (-1)} \quad (4)$$

この結果、日勝峠の心理的負担評価値は-1795円、道東道の安全・安心評価値は1304円となった。また、この差である3099円は険しい山間部である日勝峠を回避し安全・安心な道東道を利用することに対する価値と言える。

4. TP データを用いた交通手段選択モデルの構築

(1) 使用するモデル

帯広～札幌間の交通手段選択モデルについて、JR、都市間バス、高速道路、一般道の4つの選択に関するNested Logit Modelを構築する。ツリー構造については、上位レベルはJR、都市間バス、自家用車の3つの選択、自家用車に続く下位レベルは高速道路と一般道の2つの選択から成る。なお、下位ツリーのスケールパラメータは1に基準化する。

また、よく使う交通手段ごとにセグメンテーションを行い、JRセグメント、都市間バスセグメント、自家用車セグメントの3つのモデルをそれぞれ導く。

(2) 使用するデータ

意識調査では、JR、都市間バス、自家用車のうちよく使う交通手段に対して、1) その交通手段が値上げをするとしていくら以上になるとその交通手段を使うのをやめるか(また、その際どの交通手段に転換するか)、2) 他の交通手段が値下げをするとしていくら以下になるとその交通手段を使うようになるかという転換価格(Transfer Price: TP, 以下TPデータ)⁴⁾を尋ねている。離散選択モデルを構築するには、ある条件下でそのサンプルはどの選択肢を選択するのかという情報が必要になる。TPデータに対して表-4のように事後的に水準を与えた上で、以下のようにしてそれぞれの水準下での選択 δ を与える。

- a) よく使う交通手段*i*が値上げをするシナリオ
(交通手段*i*から交通手段*j*に転換)

$$\begin{cases} \text{If } TP_{up}(i) > level_k \text{ then } \delta_k(i) = 1 \\ \text{If } TP_{up}(i) \leq level_k \text{ then } \delta_k(i) = 0, \delta_k(j) = 1 \end{cases}$$
- b) よく使う交通手段*i*とは別の交通手段*j*が値下げをするシナリオ

$$\begin{cases} \text{If } TP_{down}(j) < level_k \text{ then } \delta_k(i) = 1 \\ \text{If } TP_{down}(j) \geq level_k \text{ then } \delta_k(i) = 0, \delta_k(j) = 1 \end{cases}$$
- level_k: 設定した水準*k*
 $\delta_k(i), \delta_k(j)$: level_kの下での交通手段*i, j*の選択
 TP_{up}(*i*): 交通手段*i*を選択しなくなる転換価格
 TP_{down}(*j*): 交通手段*j*を選択するようになる転換価格

表-4 TPデータの扱い

	シナリオ	料金			設定した水準
		JR	都市間バス	高速料金	
JR セグメント	(1) JRが値上げ	level	3600	4250	7000円~10000円 (1000円刻み)
	(2) 都市間バスが値下げ	6200	level	4250	3000円~1500円 (500円刻み)
	(3) 高速料金が値下げ	6200	3600	level	3500円~0円 (500円刻み)
都市間バス セグメント	(1) 都市間バスが値上げ	6200	level	4250	4000円~6000円 (500円刻み)
	(2) JRが値下げ	level	3600	4250	5000円~3000円 (500円刻み)
	(3) 高速料金が値下げ	6200	3600	level	3500円~0円 (500円刻み)
自家用車 セグメント	(1) 高速料金の境界	6200	3600	level	0円~6000円 (500円刻み)
	(2) 都市間バスが値下げ	6200	level	4250	3000円~1500円 (500円刻み)
	(3) JRが値下げ	level	3600	4250	5000円~3000円 (500円刻み)

(3) 効用関数の設定

JR, 都市間バス, 高速道路, 一般道の効用関数について式(5)~式(8)のように設定する.

$$V_{jr} = b_1 C_{jr} + b_4 \quad (5)$$

$$V_{bus} = b_2 C_{bus} + b_5 \quad (6)$$

$$V_{exp} = b_3 C_{exp}/np + b_6 \quad (7)$$

$$V_{gen} = b_3 C_{gen}/np \quad (8)$$

jr: JR bus: 都市間バス exp: 高速道路 gen: 一般道

V_i: 効用の確定項

C_i: 費用(100円) np: 同乗人数(人)

b₁, b₂, b₃: パラメータ b₄: JR固有定数

b₅: 都市間バス固有定数 b₆: 高速道路固有定数

(4) パラメータ推定結果

最尤法によるパラメータ推定を行う. 推定には R

2.14.1を用いた. 表-5に推定結果を示す.

5. 帯広~札幌間の交通体系と高速料金

(1) 交通体系を表現する指標

交通体系を表現する指標としてシェア, 料金収入, 心理的負担負便益の3つを以下のようにして設定する. なお, 各値は帯広~札幌間の旅客を表すように釧路~札幌分や大型車分を除外するよう補正している.

a) シェア SS

ある変化後のシェア SSについて式(9)のようにして求める.

$$SS_i = \sum_k S_k P_k(i) \quad (9)$$

SS_i: 交通手段*i*の変化後のシェア

S_i: 交通手段*i*の現状のシェア

P_k(*i*): セグメント*k*における交通手段*i*の選択確率

b) 料金収入 R

JR, 都市間バス, NEXCO 東日本の料金収入(R: Revenue)および3社の料金収入の合計(TR: Total Revenue)について式(10), 式(11)のようにして求める.

$$R_i = SS_i \times C_i \quad (10)$$

$$TR = R_{jr} + R_{bus} + R_{exp} \quad (11)$$

R_i: 交通手段*i*の料金収入

C_i: 交通手段*i*の1人当たり料金

TR: JR, 都市間バス, 高速道路の料金収入の合計

c) 心理的負担負便益 NB

急カーブ, 急勾配の険しい日勝峠を走行することで運転者が心理的負担を感じることは社会的に望ましくないこととする. 本研究では, これを貨幣換算して負の便益として捉えることとする. 本研究では, この負の便益を心理的負担負便益(NB: Negative Benefit of Mental Burden)と呼ぶこととし, 式(12)のようにして求める. なお, 心理的負担の原単位であるMB(Unit of Mental Burden)には経路選択モデルで求めた日勝峠の心理的負担評価値を用いる.

$$NB = SS_{gen} \times MB \quad (12)$$

NB: 心理的負担負便益

MB: 心理的負担の原単位(=1795円)

表-5 パラメータ推定結果 (交通手段選択モデル)

	JRセグメント		都市間バスセグメント		自家用車セグメント	
	パラメータ推定値	t値	パラメータ推定値	t値	パラメータ推定値	t値
b1 JRの費用	-0.092	-5.20	-0.220	-5.12	-0.526	-5.39
b2 都市間バスの費用	-0.394	-5.34	-0.178	-4.89	-0.944	-5.40
b3 自家用車の費用	-0.108	-5.59	-0.108	-5.66	-0.099	-32.61
b4 JR固有定数	8.62	7.80	12.4	5.70	18.8	4.90
b5 都市間バス固有定数	14.52	6.69	7.50	5.89	21.2	4.96
b6 高速道路固有定数	6.10	10.48	4.41	8.59	2.43	27.58
b7 スケールパラメータ	0.723	5.46	0.863	5.32	0.361	5.52
np (同乗人数)の平均	1.61		1.51		1.23	
サンプル数	136		39		262	
尤度比的比率	0.290		0.319		0.448	
	62.1%		62.5%		71.9%	

(2) 高速料金の最適化

高速料金の変数，JR と都市間バスの料金は固定値 ($C_f=6200$, $C_{bus}=3600$) として，以下の 2 つの指標が最大となる時の高速料金を線形計画法によって求める (図-1)。

- 1) 料金収入合計 (目的関数=TR)
- 2) 料金収入合計から心理的負担負便益を差し引いた値 (目的関数=TR-NB)

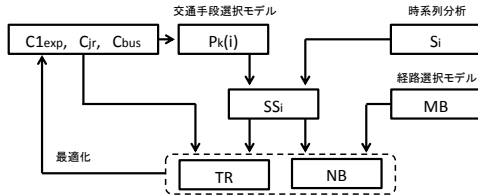


図-1 高速料金の最適化のフロー

このとき目的関数に料金収入の合計を用いた理由は，高速料金の値下げが他の事業者に与える影響が過度に大きくなることを抑えるためである。

表-6 に最適化後の高速料金および各指標を示す。高速料金は，料金収入合計の最大化では 3699 円，日勝峠の心理的負担負便益を考慮した場合には 2978 円となった。

6. ロジット型価格感度測定法を用いた道東道の評価

道東道に対する利用者の評価についてロジット型価格感度測定法(Kishi's Logit PSM: KLP, 以下 KLP)⁵⁾を用いて分析する。

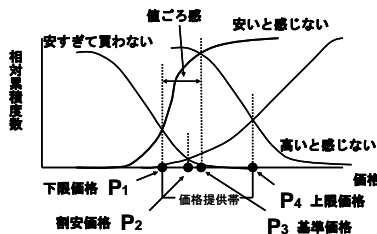


図-2 KLP の概念図

調査票は，1) 通行料金 (帯広～札幌)，2) 安全・安心の価値 (帯広～札幌)，3) 安全・安心の価値 (十勝清水 IC～夕張 IC) の 3 種類を作成した。なお，「安すぎて利用しない」の質問は本研究には適さないため除外した。

表-7 に KLP の分析結果を示す。通行料金については上限価格 3874 円，基準価格 2881 円となっており，現在の通行料金は上限価格を超えてしまっている。

帯広～札幌の安全・安心の価値は単に通行料金として

表-7 KLP 分析結果

	通行料金 (帯広～札幌)	安全・安心の価値 (帯広～札幌)	安全・安心の価値 (十勝清水IC～夕張IC)
サンプル数	202	156	177
上限価格	3874	4288	3052
基準価格	2881	3186	2292

よりも高くなっており，安全・安心の価値への評価と実際に利用する通行料金とのギャップがうかがえる。また日勝峠や石勝樹海ロードの回避区間である十勝清水 IC～夕張 IC については，距離では帯広～札幌間の 47% であるが，安全・安心の価値では 71% を占めている。

3(4) で算出した安全・安心の価値 3099 円という値は KLP での帯広～札幌の基準価格 3186 円や十勝清水 IC～夕張 IC の上限価格 3052 円に非常に近く，KLP と RP データの整合性が示されたと考える。

7. 本研究の成果と今後の課題

本研究の分析から，道東道の通行料金について 4 つの値を得た (図-3)。

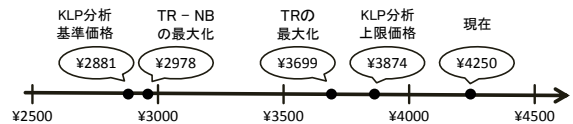


図-3 通行料金まとめ

このうち心理的負担負便益を考慮した料金収入合計の最大化 (2978 円)，KLP の基準価格 (2881 円) から本研究は帯広～札幌間の普通車 (通常料金) で概ね 2900 円が利用者および事業者にとって望ましい通行料金であるとして提案する。このとき心理的負担負便益の軽減効果は年間 8.0 億円 (帯広～札幌間) と算出される。

本研究では帯広～札幌間の交通体系について旅客を対象として分析を行ったが，今後は道東道で大きな役割を担っている物流面の分析についても進めていきたい。

参考文献

- 1) NEXCO 東日本道東道: <http://www.e-nexco.co.jp/dotodo/>
- 2) 佐藤馨一, 小林好宏: 「北海道開発の役割は終わったのか?」北海道建設新聞社, 2008
- 3) 道東道開通アンケート分析 (下): 北海道新聞 2011 年 10 月 29 日朝刊
- 4) 北村隆一, 森川高行: 「交通行動の分析とモデリング」技報堂出版, 2002
- 5) 岸邦宏, 佐藤馨一: 東京-札幌間の航空運賃に対する価格感度の時系列分析, 交通学研究, Vol.45, pp.57-66, 2002

表-6 最適化後の高速料金および各指標

	高速料金 C_{1exp}	シェア SS				料金収入 R				心理的負担 負便益 NB	TR-NB
		JR	都市間バス	高速道路	一般道	JR	都市間バス	高速道路	TR		
現状	4250	25.0%	6.7%	25.1%	43.3%	49.4	7.7	34.0	91.1	24.8	66.3
TRの最大化	3699	23.3%	6.3%	32.8%	37.6%	46.1	7.2	38.7	92.0	21.5	70.5
(TR-NB)の最大化	2978	20.8%	5.6%	44.3%	29.3%	41.2	6.4	42.1	89.7	16.8	73.0

※ 高速料金の単位は円

※ 料金収入R, 心理的負担負便益NB, TR-NBの単位は億円