

気象・路面状況が個人の経路選択効用に及ぼす影響*

Influence of Weather and Road Conditions on Individual Utility of Route Choice

神田佑亮**，藤原章正***，折田仁典****，佐藤哲也*****

By Yusuke KANDA, Akimasa FUJIWARA, Jinsuke ORITA, and Tetsuya SATO

1. はじめに

高速道路を代表とする道路資本整備においては，昨今の高速道路建設凍結論や道路特定財源の見直し論により，とりわけ整備優先順位の低い，地方部の道路整備が危ぶまれている状況にある．地方部の道路整備計画に共通してみられる特徴として，都市部と比較して採算性が低いと見なされている点がある．主たる理由として，地方部の道路では交通量が期待できない点にあると考えられる．画一的な便益算出手法で評価した場合，社会的および国土保全上必要な道路資本が正当に評価されないおそれがある．

その一例として凍結・積雪時における効用が考えられる．東北や北海道といった積雪寒冷地では，一般道と比較して道路線形が緩やかで路肩が広く，除雪対策が行き届いている高速道路の存在が地域住民やドライバーに対し多大な安心感を与えていると考えられる．このような非市場的価値を評価できるための手法として拡張費用便益分析や修正費用効果分析手法が提案されている¹⁾．拡張費用便益分析では効果計測項目の拡張により，修正費用便益分析では効用の低い地域で発現する社会的便益は効用の高い

地域で発現する社会的便益よりも社会的厚生に大きく寄与するとみなし，その重みを地域修正係数として便益に重みづけていることで評価している^{2,3)}．このような中で，最近の個人の選択を記述する非集計モデルの精緻化に伴い，新たなアプローチからの分析が可能となってきた．

本論文は，高速道路と一般道路の経路選択を対象として，路面や気象状況がドライバーの選択行動の効用に及ぼす影響について分析することを目的とする．ここでは，凍結・積雪時の移動に対して個人が抱く「安心感」を，通行の安全性（あるいは危険性）に対する個人の認知であるとみなす．ところがこの認知は，運転者の悪天候時の道路利用経験や運転技量，嗜好・性格等の個人属性に依存すると考えられる．道路管理者に求められるのは，多くの道路利用者に一定のサービスを提供することであるとすれば，悪天候でも多様な認知をもつ運転者に対してできるだけ同等の道路利用便益を供与することが重要と言えよう．

本論文では，高速道路整備による利用者の「安全性に対する認知」の改善効果は，効用の「個人間ばらつき」が小さくなることで計測できるものと考えられる．非集計モデルでは，このばらつきは誤差分散の大きさに表れるものと考え(図1)，分析には各選択

* **Keywords:** 整備効果計測法・経路選択・非 IIA モデル

** 正会員 工修 (株)オリエンタルコンサルタンツ
川崎市高津区久本 3-5-7 ニッセイ新溝の口ビル
TEL 044-812-8813 FAX 044-812-8823
E-mail: kanda@oriconsul.co.jp

*** 正会員 工博 広島大学大学院国際協力研究科
東広島市鏡山 1-5-1 TEL&FAX 0824-24-6921
E-mail: afujiw@hiroshima-u.ac.jp

**** フェロー 工博 秋田工業高等専門学校環境都市工学科
秋田市飯島文京町 1-1 TEL&FAX 018-847-6067
E-mail: orita@ipc.akita-nct.ac.jp

***** (株)オリエンタルコンサルタンツ
川崎市高津区久本 3-5-7 ニッセイ新溝の口ビル
TEL 044-812-8813 FAX 044-812-8823
E-mail: satoh-tty@oriconsul.co.jp

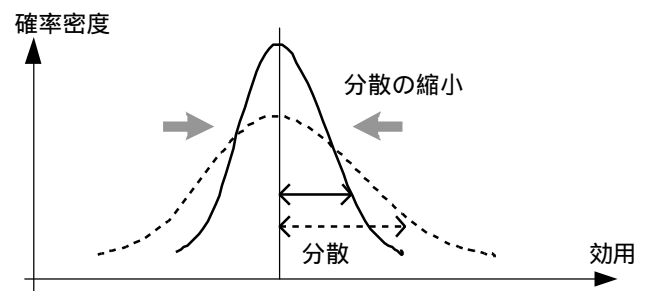


図 1 気象・路面状況によるばらつきの変化

肢の誤差項の分散が推定可能な HEV (Heteroscedastic Extreme Value) モデルを用いる。

2. 誤差分散の不均一性を考慮した離散選択モデル

通常のロジットモデルは、効用関数の誤差分散に関する IID (Identical and Independent Distribution) 仮定に立脚しているため、誤差分散に類似性が存在したり誤差分散の大きさが選択肢によって異なったりする場合には、パラメータの推定結果にバイアスを含むことが知られている。また、対象母集団に存在する個人間に同質性仮定を置いている。これらの強い仮定を緩和するアプローチとしては、前者については)類似性、不均一性を扱う手法、)類似性を扱う手法、)不均一性を扱う手法に大別され^{4,5,6,7)}、後者については非観測異質性を許容する手法が開発され⁸⁾、各々に対するモデリング技法について研究成果が蓄積されつつある。

まず、誤差類似性及び不均一性に対して厳密に対応しているモデルとして多項プロビット(MNP)モデル^{9,10)}が有名である。このモデルは誤差項の分散に正規分布を仮定することにより導出され、選択肢間の誤差相関の関係を全て考慮できる。選択肢数が増えたときのパラメータ推定が複雑であるため、実用化にはまだ解決すべき課題が残されているが、最近になりモンテカルロシミュレーションや GHK 法をはじめとするパラメータ推定手法の改良が進み¹¹⁾、さらに計算機速度の向上によりその適用可能性は徐々に高まってきており、東京首都圏の鉄道整備計画における将来需要の予測手法として採用されている⁷⁾。

他方、誤差分散の均一性のみを緩和するモデルとしては HEV モデル^{12,13,14)}が代表的である。HEV モデルは各選択肢のスケールパラメータを未知パラメータとして推定することができる。この推定値が小さい選択肢ほど、効用の誤差分散が大きいこととなる。

MPL モデル¹⁵⁾、MXL モデル^{16,17,18,19)}は、誤差項を非観測異質性を表す項と真のランダム項に区分することにより、個人の非観測異質性を考慮可能である。MPL モデルは前者の分布に離散分布を仮定し、MXL モデルは正規分布のような連続分布を仮定している。選択肢ごとに分布パラメータは可変であることから、

結果として誤差項の類似性や不均一性を考慮しているという解釈もできる⁶⁾。

3. HEV モデル

記述の通り HEV モデルは、各選択肢間で効用の不均一性、すなわち誤差分散の大きさの違いを認めることにより、通常のロジットモデルの IID 仮定を緩和するモデルである。選択肢 i の効用 U_i の誤差項 e_i はガンベル分布に従うものと仮定すると、その確率密度関数は(2)式で表現される

$$U_i = V_i + e_i \quad (1)$$

$$f(e_i) = \exp(-\exp(-q_i e_i)) \quad (2)$$

ここで、 V_i は効用の確定項、 q_i は誤差分散の大きさを示すスケールパラメータである。

選択肢間で誤差項が独立と仮定するので、各個人は C 個の選択肢のうち選択肢 i を選択する確率は以下のように導出される。

$$P_i = \text{Prob}(U_i > V_j), \quad \text{for all } j \neq i, j \in C \quad (3)$$

$$= \text{Prob}(e_j \leq V_i - V_j + e_i), \quad \text{for all } j \neq i, j \in C \quad (4)$$

$$= \int_{e_i=-\infty}^{e_i=+\infty} \prod_{j \neq i, j \in C} F[q_j(V_i - V_j + e_i)] q_i f(q_i e_i) de_i \quad (5)$$

f は確率密度関数である。HEV モデルにおいて誤差項の分散 $\text{Var}(e_i)$ は $2/(6 q_i^2)$ で表現される。例えば q_i の値が大きいほどその選択肢の誤差分散が小さくなることを示し、ここでは個人間で選択肢に対して持つ効用のばらつきが小さいと解釈する。

福田らは、HEV モデルを観光地選択に適用し、推定で得られるスケールパラメータを参考に観光地類似性の設定を行っている¹³⁾。藤原らは、道路交通情報提供下の個人の効用に与える影響を HEV モデルを用いて計測している¹⁴⁾。

4. 路面・気象状況と経路選択に関する調査

2001 年 12 月、秋田県の 3 町（北秋田郡鷹巣町、由利郡仁賀保町、雄勝郡雄勝町）に居住する住民を対

象に、凍結、積雪時の高速道路の利用意向についてアンケート調査を実施した。調査対象とした地域はいずれも高速道路の建設が予定されているが、現在供用されていない地域である(図2)。また、秋田県の県庁所在地である秋田市までいずれの地域からも1時間以上を要する。

調査は郵送回収方式を用いて行った。配布数は各町とも250票、回答票数は鷹巣町153票(回収率61.2%)、仁賀保町156票(回収率62.4%)、雄勝町184票(回収率73.6%)であった。

調査では、高速道路の路面状況を晴天時、積雪時、凍結時のそれぞれ3つのケースで仮想的な所要時間、通行料金、路面状況を提示し、高速道路利用意向の有無を尋ねた。所要時間、通行料金は各地区から秋田市までの利用を想定した値を示した。また路面状況は高速道路では除雪・凍結対策がされていると想

定した状況を示した。表1にSPカードで示した路面状況の設定を示す。

5. モデル推定

積雪時や凍結時といった異常気象時では、ドライバ

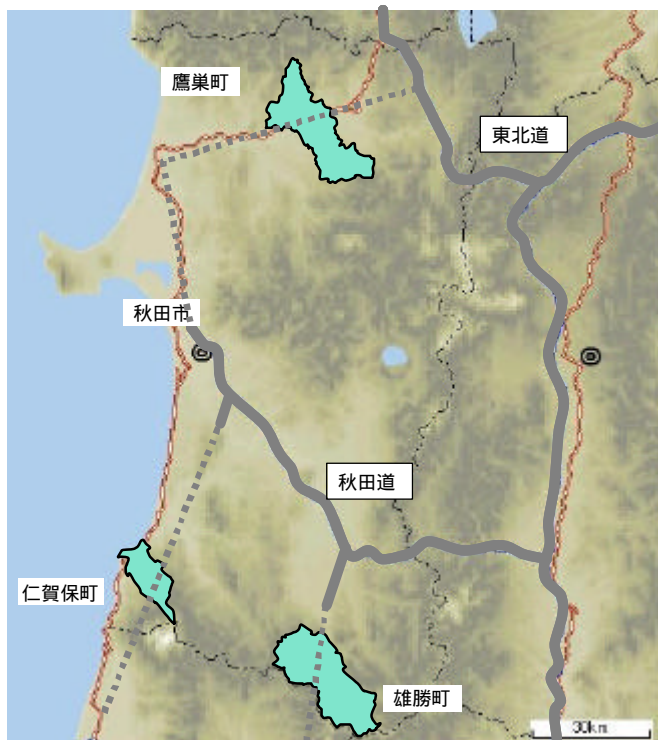


図2 アンケート調査実施地域

表1 SPカードの設定(路面状況)

道路種別	晴天時	路面状況	
		積雪時	凍結時
一般道路	(非提示)	除雪されていない	凍結している
高速道路	(非提示)	除雪されている	凍結箇所が少しある

表2 経路選択モデル推定結果

説明変数	鷹巣町			仁賀保町			雄勝町		
	通常時	積雪時	凍結時	通常時	積雪時	凍結時	通常時	積雪時	凍結時
所要時間の差(時間)	1.207 (1.04)	0.154 (0.11)	0.424 (0.44)	1.802 (0.79)	1.140 (0.96)	2.097 (1.55)	1.973 (0.85)	0.023 (0.03)	0.692 (0.71)
通行料金(100円)	-0.063 (-0.90)	-0.020 (-0.21)	-0.043 (-0.50)	-0.091 (-1.09)	-0.133 (-1.78)	-0.053 (-0.70)	0.028 (0.32)	-0.037 (-0.54)	-0.033 (-0.56)
高速道利用経験(ダミー)	-1.538 (-1.85)	-0.440 (-0.66)	-0.236 (0.49)	0.419 (0.75)	0.483 (0.95)	-0.660 (-1.13)	0.789 (1.00)	-1.054 (-1.36)	-1.275* (-2.05)
秋田への往復回数(回/月)	0.387* (2.21)	0.719 (1.84)	-0.059 (-0.38)	-0.051 (-0.63)	-0.001 (-0.02)	0.663* (2.49)	0.155 (-0.87)	0.639** (2.75)	0.258* (1.96)
秋田への目的が主に買物(ダミー)	-0.427 (-1.17)	-0.169 (-0.37)	0.292 (0.57)	-0.695 (-1.48)	0.124 (0.27)	-0.245 (-0.63)	-0.135 (-0.36)	-0.334 (-0.90)	-0.167 (-0.60)
定数項	1.323 (1.40)	1.455 (1.03)	0.977* (2.15)	-0.255 (-0.24)	1.422 (1.74)	-0.274 (-0.39)	0.535 (0.79)	2.333** (2.57)	1.126 (1.45)
スケールパラメータ	1.013	2.374	3.052	0.819	0.943	1.173	0.609	1.284	1.578
初期尤度	-102.586	-101.199	-100.506	-103.972	-103.279	-100.506	-121.993	-119.915	-119.915
最終尤度	-95.796	-67.880	-94.761	-94.217	-83.487	-82.413	-114.036	-90.716	-114.568
自由度調整済尤度比	0.066	0.295	0.057	0.083	0.158	0.170	0.065	0.212	0.044
サンプル数	148	146	145	150	149	145	176	173	173

スケールパラメータは一般道=1.0と固定

**1%有意, *5%有意

一間の効用のばらつきが小さくなり、その結果選択肢の誤差分散が小さくなる（＝スケールパラメータが大きくなる）と仮定する。

前章で得られたデータを基に、路面・気象状況に応じた高速道路選択モデルを HEV モデルを用いて推定を行った。HEV モデルでは効用のスケールパラメータが自由パラメータである。HEV モデルで推定した結果を表 2 に示す。

モデルの適合度は、3 町とも積雪時のモデルが最も高い。説明変数は高速道路選択を説明する構造となっている。すべてのケースにおいて所要時間の差が長くなれば、通行料金については 1 ケースを除いて料金が安くなれば高速道路を選択される構造となっており、パラメータの符号は整合している。また秋田への月当たり往復回数が 4 つのケースでパラメータが有意となっており、回数が多い場合高速道路が選択されるようになっている。

図 3 にモデルで得られた、通常時のスケールパラメータを 1 とした場合の相対的重みを示した。3 町の結果とも通常時が最も小さく、凍結時が最も大きい。特に内陸の鷹巣町・雄勝町で大きくなっている。このことは、積雪時・凍結時といった危険な状況下では誤差分散が小さくなる、換言すれば高速道路・一般道路経路選択の効用のばらつきが個人間で相対的に小さくなることを示している。

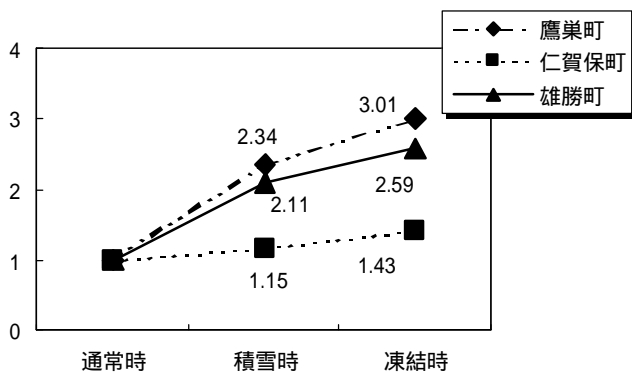


図 3 スケールパラメータの相対的重み
(通常時を 1.00 とした場合)

6. おわりに

本研究では、積雪・凍結時のドライバーの経路選択行動を、特に HEV モデルを用いてドライバーの

効用のばらつきを測定する方法を示し、分析した。この研究の知見として、積雪・凍結時では、効用のばらつきが大きく減少させることを確認できた。

ここで示した知見に基づいて、今後、積雪寒冷地をはじめ、社会的に必要な道路資本を正当に評価する方法を検討することが今後の課題である。

謝辞

本研究で実施した調査は長岡技科大 藤田浩成氏に多大な協力を頂きました。ここに謹んで感謝の意を表します。

参考文献

- 道路投資の評価に関する指針検討委員会編: 道路投資の評価に関する指針(案) 第2編総合評価, 財団法人日本総合研究所, 2000
- 田邊慎太郎, 佐々木恵一, 田村亨: 地域修正係数を用いた高速道路の整備優先順位決定, 土木計画学研究・講演集, No. 24, CD-ROM, 2001
- 上田孝行, 長谷川専, 森杉壽芳, 吉田哲生: 地域修正係数を導入した費用便益分析, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp. 139-145, 1998
- Bhat, C.: Recent methodological advances relevant to activity and travel behavior analysis, Resource paper presented at 8th IATBR Conference, Austin, Texas, pp. 1-45, 1997
- Hensher, D. and Button, K.: Handbook of Transportation Modeling, Pergamon, 2000
- 兵藤哲朗, 章翔: Mixed Logit モデルの汎用性に着目した特性分析, 土木学会論文集, No.660/ -49, pp.89-99, 2000
- 屋井鉄雄, 清水哲夫, 坂井康一, 小林亜紀子: 非 IIA 型選択モデルの選択肢集合とパラメータ特性, 土木学会論文集, No. 702/ -55, pp. 3-13, 2002
- Lindsay, B.: Properties of the maximum likelihood estimator of a mixing distribution, In Hingham C.T. (eds.), Statistical Distribution in Scientific Work, Vol.5, Kluwer Academics Publishers, pp.95-109, 1981.
- Daganzo, C.: Multinomial Probit: The Theory and Its Application to Demand Forecasting, Academic press, New York, 1979
- Ben-Akiva, M. and Lerman, S.: Discrete Choice Analysis, The MIT Press, 1985
- Yai, T., Iwakura, S. and Morichi, S.: Multinomial probit with structured covariance for route choice behavior. Transportation Research, Vol.31B, pp.195-207, 1997
- Bhat, C: A heteroscedastic extreme value model of intercity travel mode choice, Transportation Research, Vol.29B, No.6, pp.471-483, 1995
- 福田大輔, 森地茂: 観光目的地選択行動に対する精緻化された個人選択モデルの適用可能性の検討, 土木計画学研究・講演集, No. 22(2), pp.655-658, 1999
- 藤原章正, 中村文彦, 佐藤和彦, 神田亮亮: 旅行時間情報の提供が個人の交通機関選択効用に及ぼす影響, 土木計画学研究・論文集, No. 14, Vol. 4, pp. 595-602, 2001
- 杉恵頼寧, 張峻屹, 藤原章正: 個人の異質性による交通機関選択モデルの構造分析, 土木計画学研究論文集, No. 12, pp.425-434, 1995
- 西井和夫, 北村隆一, 近藤勝直, 弦間重彦: 観測されていない異質性を考慮した繰り返しデータに関するパラメータ推定法: Mass Point Model と Mixing Distribution Model, 土木学会論文集, No.506/ -26, pp.25-33, 1995
- McFadden, D. and Train, K.: Mixed MNL models of discrete choice. Working paper, Department of Econometrics, University of California, Berkeley, 1997
- Brownstone, D. and Train, K.: Forecasting new product penetration with flexible substitution patterns, Journal of Econometrics, Vol. 89, pp.109-129, 1999
- 兵藤哲朗, 室町泰徳: 個人選択行動モデルの最近の開発動向に関するレビュー, 土木計画学研究・講演集, No. 23(2), pp.275-278, 2000