

閾値を考慮した自転車利用者の経路選択モデルについて

九州工業大学 学生会員 徳永 光宏
九州工業大学 正会員 寺町 賢一

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 緒方 剛
九州工業大学 正会員 渡辺 義則

1. 緒言

CO₂による地球温暖化の防止のために、自動車利用の削減が望まれている。その試みの一つが、都市内短距離トリップにおける自動車利用者を自転車に移行することである。この様な観点から、自転車専用道を導入・ネットワーク化するものとして自転車利用者の経路選択モデルを既に提示した。¹⁾しかし、自転車利用者が経路を決定する際に非効用差に関係なく値の小さい経路を選択するため、非効用差がわずかな経路が複数存在する場合には推定として偏ることがあった。そこで、本研究では調査対象を常磐高校への自転車通学者とし、一定の閾値内の経路については選択可能とすることでモデルの精度向上を図った。

2. 自転車利用者の経路選択モデルの構造

1) 経路選択モデルの構造 本研究では自転車利用者は経路を選択する際、最短経路だけではなく、坂や交差点等の要因からなる非効用全体に従って経路を選択すると仮定する。流入点mから目的地までの非効用U_mを求める式は(1)～(2)で表す。なお、Nは構成されたリンク全体を表す。

$$U_m = \sum U_{TK} \quad \dots(1) \quad U_{TK} = U_{LK} + C_1 \overline{HI}_K + C_2 T_K \quad \dots(2)$$

U_{LK}はリンクKの自転車走行路に関する非効用、 \overline{HI}_K はリンクKの勾配(%)と高低差(m)の積、T_KはリンクKの交差点の数、C₁は自転車利用者が登り坂に対して抱く重み、C₂は交差点の数に対する重みを意味する。個人差があると考えるC₁は、14のタイプに分類して処理した。式(2)中のU_{LK}は次式より求める。

$$U_{LK} = (P_{1K} U_{1K} + P_{2K} U_{2K}) l_K + (P_{1K} U_{1C} + P_{2K} U_{2C}) \quad \dots(3)$$

P_{1K}は歩道選択確率、P_{2K}は車道選択確率、U_{1K}は単位距離当りの歩道の非効用、U_{2K}は同じく車道の非効用、U_{1C}は距離に比例しない歩道の非効用、U_{2C}は同じく車道の非効用、l_KはリンクKの長さ(m)である。

2) 歩・車道の効用とその選択確率 自転車利用者の自歩道と車道の選択状況を推定するのに、次の非集計ロジットモデルを用いる。式(4)、(5)において、V₁、V₂は自歩道、車道の効用である。なお、使用した説明変数の係数a₀～a₄、b₁は表-1に示す。

$$V_1 = a_1 X_{11} + a_2 X_{21} + a_3 X_{31} + b_1 Y_1 \quad \dots(4)$$

$$V_2 = a_0 + a_3 X_{32} + a_4 X_{42} \quad \dots(5)$$

X₁₁は段差の強さを表すダミー変数、X₂₁は歩道表面の凹凸状態を表すダミー変数、X₃₁、X₃₂は走行路の有効幅員(cm)、X₄₂は5分間交通量(台/5min)、Y₁は性別である。また、自歩道・車道選択確率P₁、P₂は

$$P_1 = \frac{\exp(V_1)}{\exp(V_1) + \exp(V_2)} \quad P_2 = 1 - P_1 \quad \dots(6)$$

表-1 説明変数の係数

説明変数の係数	モデル
定数項 (a ₀)	3.252
段差強さ (a ₁)	-0.543
表面状態 (a ₂)	-0.480
路肩の有効幅員 (a ₃)	0.018
5分間交通量 (a ₄)	-0.071
性別 (b ₁)	-0.667

3) リンクの歩道と車道の非効用 リンクKの自歩道と車道の効用を

式(4)、(5)のV₁、V₂にサフィックスKをつけて、V_{1K}、V_{2K}と表すと式(3)中の各非効用は次式で表わされる。また、l₀=198.4m、U_{1K}・U_{2K}を正の値とするためにd=10.05を仮定した。

$$U_{1K} = -(V_{1K} - b_1 Y_1) / l_0 \quad \dots(7) \quad U_{1C} = -b_1 Y_1 \quad \dots(8)$$

$$U_{2K} = (-V_{2K} + d) / l_0 \quad \dots(9) \quad U_{2C} = 0 \quad \dots(10)$$

4) 閾値導入によるモデルの改善 本研究では自転車利用者は非効用差がわずかな経路が複数存在する場合は同確率で選択するものとする。その際の非効用差について、閾値として推定する。

3. 各リンクの自転車通行台数の推定と比較

1) 全選択可能経路の探索 後述図-1に調査対象としたネットワークを示す。本研究では、まず全選択可能経路について探索した。方法としては、分岐点となるノードに達した場合に0から1までの一様乱数を発生させ、その値に従ってどの進路を選択するかを決定するとした。

2) 閾値およびモデルに含まれる係数 C_1 , C_2 の推定

各流入口 ∇ から流入する自転車台数と各リンクの条件【歩道幅員・自動車交通量 etc】、登り坂に対して抱く重みのタイプ別発生確率、各流入口的全選択可能経路を準備する。この条件をもとに式(2)~(10)から各リンクの非効用を求め、流入口 m から目的地までの全選択可能経路の非効用および最小非効用経路を求める。更に、流入口 m から流入するタイプ e の推定通行台数を、最小非効用経路に対して非効用差が閾値内にある経路を構成する各リンクに等分配して与え、これを全ての流入口について行うことで、タイプ e の推定通行台数が各リンクについて得られる。これらを全てのタイプについて繰り返すことで各リンクの自転車通行台数を推定する。これを基に式(11)のリンク j の自転車利用者の実測値 M_{Mj} と推定値 M_{Cj} の二乗誤差の和 R の最小値とその時のパラメータを経路選択の実態を最も反映したものとして採用し、結果を表-2 に示す。これより C_1 を求めた。(表-3)

$$R = \sum_j (M_{Mj} - M_{Cj})^2 \quad \dots(11)$$

3) 各リンクの自転車通行台数の推定と比較 図-1 より推定自転車通行台数はモデル改善後で実測値に近づいている。これより対象とした常磐高校周辺でのネットワークについては精度の向上が認められた。

4) 閾値導入による影響 閾値導入により自転車利用者の経路選択特性にも影響が現れたと考えられる。これを検証すべく、以下の CASE についてモデル改善前後での各種非効用の内訳を表-4 に示す。

CASE	X1	X2	X3	X4
(タイプ 14)	①-②-③-⑥-⑩-⑬-⑱	①-②-③-⑥-⑦-⑧-⑪-⑬-⑯-⑱	①-②-⑦-⑧-⑪-⑬-⑯-⑱	①-②-⑦-⑧-⑪-⑬-⑭-⑱

これより、比較的坂を嫌がるとする数字の大きいタイプの場合の経路選択で、その選択要因としての登り坂に関する非効用の影響が小さくなったことが考えられる。

4. 結言

- (1) 本研究で提示するモデルにより、対象ネットワークでの精度の向上を明らかにした。
- (2) その要因として、実際の自転車利用者のような複数の経路選択が可能になった点が挙げられる。
- (3) 自転車利用者の経路選択特性として比較的坂を嫌がるとする数字の大きいタイプの場合で、その選択要因としての登り坂に関する非効用の影響が小さくなった。

参考文献 1) 渡辺義則, 角知憲, 清田勝, 秦裕二郎: 自転車で通学する高校生を対象としての自転車利用者の経路選択モデルに関する基礎研究, 土木学会論文集, No.618/IV - 43, pp27 - 33, 1994.

表-2 各パラメータ値

$R=4027$	[5651]
$(\mu, \sigma) = (0.401, 0.419)$	[0.120, 0.826]
$C_2=0.593$	[0.579]
閾値=7.957	[-]

表-3 坂に対して抱く重み C_1

タイプ	割合	C_1	タイプ	割合	C_1
1	6.00%	0.65 [0.22]	8	7.50%	1.55 [1.22]
2	7.00%	0.86 [0.38]	9	7.50%	1.68 [1.43]
3	7.00%	0.99 [0.50]	10	7.50%	1.83 [1.69]
4	7.50%	1.11 [0.62]	11	7.50%	2.02 [2.04]
5	7.50%	1.22 [0.75]	12	7.00%	2.25 [2.53]
6	7.50%	1.32 [0.89]	13	7.00%	2.60 [3.35]
7	7.50%	1.44 [1.04]	14	6.00%	3.43 [5.81]

【 】内の数値: 前モデルの値

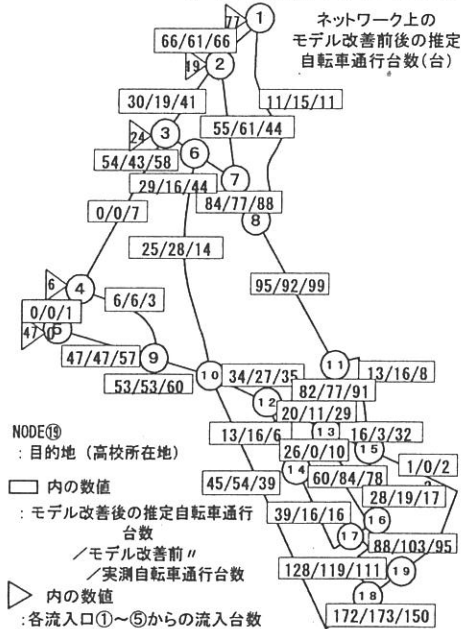


図-1 モデル改善前後の推定自転車通行台数の比較

表-4 モデル改善前後の各種非効用の内訳

モデル改善後		$\Sigma(\text{全非効用}) A+B+C$	$\Sigma(U_i+C_i T)$ (交差点数) A+B	$C_1 \times \Sigma(H \times I)$ ($\Sigma(H \times I)$) C
X1	選択	188.62	124.27(49)	64.34(18.77)
X2	選択せず	202.83	112.72(37)	90.11(26.28)
X3	選択	195.80	104.64(34)	91.15(26.58)
X4	選択せず	200.55	109.05(35)	91.50(26.68)
モデル改善前				
X1	選択	232.61	123.59	109.01
X2	選択せず	264.87	112.20	152.67
X3	選択せず	258.61	104.16	154.43
X4	選択せず	263.58	108.57	155.01