

三菱総合研究所 正員 本多 均
 東京工業大学 正員 渡辺 隆
 東京工業大学 正員 森地 茂

はじめに

従来から種々の交通機関選択モデルが提案されてきたが、個人のあいまいな主観的評価過程に重点を置いたモデルは少ない。本研究は個人が経路を選択する際の思考過程を、日常生活の経験を基にした仮定と主観的あいまいさを表現するfuzzy代数によりモデル化するものである。またモデルの検討は、新玉川線開通に伴う利用者流動の説明力という観点から従来のモデルと比較検討する。

1. 主観的思考構造に関する仮定

個人の経路評価に際しての思考構造に関し、日常生活の経験をもとに次の4つの仮定をもうける。

仮定1) 1つの客観的特性値とその主観的評価値とは必ずしも比例関係にはない。例えば徒歩時間を考えると10分から9分になったときと3分から2分になったときの評価の向上を等しく扱うのは不自然である。

仮定2) 一部の特性のみの評価で経路を評価利用することがある。単に徒歩時間が短か、混雑していないからという理由で経路を利用することがあると考えるのは不自然なことではない。

ここでは、このような一部の特性の組を特性部分集合と呼ぶ。

仮定3) 1つの特性部分集合の評価による経路評価には上限が存在する。徒歩時間と混雑度からなる特性部分集合を考えるとこの2つの特性だけが好ましくなっても経路評価の向上には限界があると思われる。

ここでは、この限界をその特性部分集合の評価上限値と呼ぶ。

仮定4) 1つの特性部分集合の評価上限値は、これを含む特性部分集合の評価上限値より大きくなることはない。徒歩時間だけが好ましいときより徒歩時間と混雑度の両方が好ましいときの方が経路の評価値は高いと思われる。

2. モデルとその係数推定方法

個人の経路評価過程を図-1に示されるフローで捉え、先の主観的思考構造に関する仮定をもとに、以下のように定式化する。

1) 特性評価関数 これは経路 R_i の特性 T_j (表-1)の客観値 x_{ij} とその主観的評価値 $\mu_{ij}(x_{ij})$ との関係を示す。ここで k はトリップ目的($k=1$:通勤, $k=2$:私用)である。この $\mu_{ij}(x_{ij})$ を仮定1)を考慮して

$$\mu_{ij}(x_{ij}) = T_{ij} \text{と} \text{「} T_{ij} \text{と} \text{して好ましい} \text{」というfuzzy setに属するgrade} \dots (1)$$

と定める。ここでfuzzy setとは、通常の集合と違い集合に属するgradeが連続的な物の集まりで $[0,1]$ を連続的に変化するmembership function(図-2)により特性づけられる集合である。

2) 経路評価関数 これは経路 R_i の全ての特性の評価値 $\mu_{ij}(x_{ij})$ とその経路評価値 $\mu_k(R_i)$ との関係を示す。

特性部分集合 $S_{\alpha}(l=1 \sim 2^m)$ の評価上限値を $g_{\alpha}(x_{\alpha})$ ($g_{\alpha}(x_{\alpha}) \in [0,1]$)で表わすと仮定4)は、次のように表現できる。

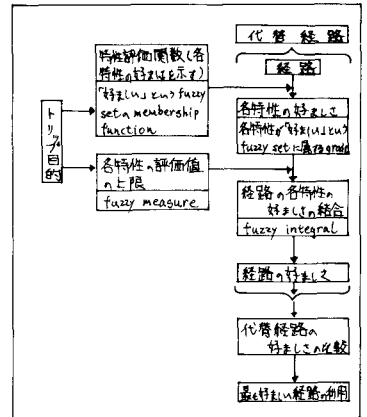


図-1. 個人の経路選択過程

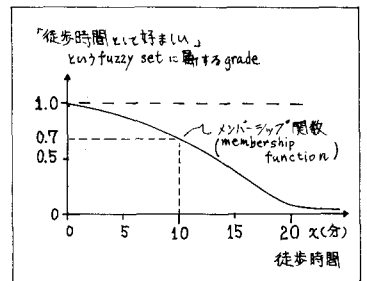


図-2. 特性評価関数の例

$$g_{\lambda_k}(S_k \cup S_k) = g_{\lambda_k}(S_k) + g_{\lambda_k}(S_k) + \lambda_k g_{\lambda_k}(S_k) g_{\lambda_k}(S_k), -1 \leq \lambda_k \leq 1 \quad \text{--- (2)}$$

$$g_{\lambda_k}(T_j \cup T_j \cup \dots \cup T_j) = [\prod (1 + \lambda_k g_{\lambda_k}(T_j)) - 1] / \lambda_k = 1 \quad \text{--- (3)}$$

(3)式は、経路の評価値の上限が1であることを示している。この $g_{\lambda_k}(\cdot)$ は、加法性を有する通常の測度と違い単調性をその特性としてfuzzy measureの条件を満足するものである。

ここで、特性部分集合の評価 $\mu_k(S_k)$ を、その評価上限値 $g_{\lambda_k}(S_k)$ とそれに含まれる特性 T_j の評価 $\mu_k(x_{ij})$ により

$$\mu_k(S_k) = \text{MIN}_{T_j \in S_k} [\text{MIN} \{ \mu_k(x_{ij}) \}, g_{\lambda_k}(S_k)] \quad \text{--- (4)}$$

と表わし、これを用いて経路 R_k のトリップ目的 k の評価値 $\mu_k(R_k)$ を次のように表わす。

$$\mu_k(R_k) = \text{MAX}_{S_k \in \Omega} [\text{MIN}_{T_j \in S_k} [\text{MIN} \{ \mu_k(x_{ij}) \}, g_{\lambda_k}(S_k)]] \quad \text{--- (5)}$$

ここで Ω は、10個の特性 T_j を要素にもつ集合のベキ集合である。つまり(5)式のように定式化された経路評価関数は、全ての特性部分集合に対する評価を考慮した上で、経路特性の条件に応じて1つの特性部分集合の評価を経路評価を表わすことがわかる。このことから(5)式の経路評価関数は仮定2), 3)をも満足するものである。

このようにfuzzy measureの条件を満足する $g_{\lambda_k}(\cdot)$ を用いた(5)式はfuzzy代数でfuzzy integralと呼ばれる。

3)係数推定方法 本モデル(5)式が適用されるには、各特性 T_j の特性評価関数 $\mu_k(\cdot)$ 及びその評価上限値 $g_{\lambda_k}(T_j)$ と(2)式の係数 λ_k が推定されている必要がある。まず $\mu_k(\cdot)$ の推定は、アンケート調査により得られた各特性の客観値とその主観的評価値との関係と最も相関が高くなるように行い関数型と係数を定める。 $g_{\lambda_k}(T_j)$ と λ_k は、(0,1)の一様分布乱数を $g_{\lambda_k}(T_j)$ に与え(3)式より λ_k を定め、アンケート調査から得られた個人の利用経路とその他の代替経路の評価を(5)式により求め、新ためてその説明力が向上するように $g_{\lambda_k}(T_j)$, λ_k を与え、---という繰り返し操作をその説明力が収束するまで行う。

3. モデルの適用と検討

経路評価モデル(5)式の妥当性を検討するため、新玉川線開通に伴う利用者流動の説明に適用した。なおデータは、深沢、池尻三宿地区の新玉川線開通前後の個人の利用経路代替経路調査結果を用いた。

各特性の特性評価関数とその評価上限値、 λ_k は、3)の係数推定方法と開通前の深沢地区の個人の利用、代替経路データから推定した。表-1はその通勤トリップに関する結果である。また係数推定時の説明力(個人が利用しているか否かの判別できた経路の割合)は表-2に示されている。この係数による深沢地区、池尻・三宿地区の開通後の利用者流動の説明力は、表-2のようになる。ここで個人的中率、自動車利用者の中率、新玉川線利用者の中率は、それぞれ全個人、開通前の自動車利用者、新玉川線に乗った者を対象に乗り換えたか否かが説明してまた割合である。

比較のため同データでロジットモデル、プロビットモデルの係数を推定し、同様に開通後の利用者流動に適用した。(表-3)

表-2からわかるように全体的に本モデルが従来の2つのモデルより利用者流動の説明力において優れている。このことから人間の主観的思考構造に関する4つの仮定、及びfuzzy代数により定式化された経路評価式(5)が妥当なものであると思われる。(参考文献 ①L.A.Zadeh: "Fuzzy Sets", Information and Control, 8, 116; ②M.Sugeno: "Theory of Fuzzy integrals and Its Applications", 1974)

経路特性	特性評価関数	特性評価値に訂正された評価上限値
T_j	$\mu_k(x_{ij})$	$g_{\lambda_k}(T_j)$
T_1 : 所要時間	$1 - 0.01174x_{11}$ 0	$x_{11} \leq 55$ $x_{11} > 55$ 0.57028
T_2 : 所要時間の変動	$1 - 0.058x_{21}$ 0	$x_{21} \leq 17$ $x_{21} > 17$ 0.12047
T_3 : 費用	$1 - 0.00269x_{31}$ 0	$x_{31} \leq 33$ $x_{31} > 33$ 0.53124
T_4 : 従来時間	$1 - 0.0324x_{41}$ 0	$x_{41} \leq 31$ $x_{41} > 31$ 0.47930
T_5 : 待ち時間	$1 - 0.058x_{51}$ 0	$x_{51} \leq 17$ $x_{51} > 17$ 0.41150
T_6 : 乗り換える回数	$1 - 0.0468x_{61}$ 0	$x_{61} \leq 19$ $x_{61} > 19$ 0.55848
T_7 : 乗り換える回数	$1 - 0.232x_{71}$ 0	$x_{71} \leq 4$ $x_{71} > 4$ 0.23814
T_8 : 乗り換える回数	$1 - 0.232x_{81}$ 0	$x_{81} \leq 4$ $x_{81} > 4$ 0.55540
T_9 : 乗換度	$1.89 - 0.24x_{91}$ 0	$x_{91} \leq 4$ $x_{91} > 4$ 0.24987
T_{10} : 乗換度	$1.42 - 0.42x_{101}$ 0	$x_{101} \leq 3$ $x_{101} > 3$ 0.13513

表-1 通勤トリップの特性評価関数と各特性の評価上限値 ($\lambda_k = -0.987793$)

適用地域	モデル	トリップ目的	推定時の説明力	新玉川線開通後の説明力	個人的中率	自動車利用者の中率	新玉川線利用者の中率
深沢地区	本モデル	通勤	84.1	87.2	100.0	72.7	
		私用	71.1	82.5	83.3	70.0	
	ロジットモデル	通勤	59.8	85.1	100.0	54.5	
		私用	68.5	82.5	83.3	30.0	
池尻三宿地区	本モデル	通勤	67.4	78.7	88.9	63.6	
		私用	61.6	78.9	100.0	10.0	
	ロジットモデル	通勤			78.0	100.0	65.2
		私用			66.2		91.1

表-2 モデルの説明力