

岐阜大学大学院 学生員 ○水谷香織
岐阜大学工学部 正会員 秋山孝正

1. はじめに

交通需要推計において、TDM 等の短期的で局所的な交通政策・計画に対応する精緻な交通行動モデルの構築が望まれている¹⁾。とくに、交通行動記述において、確率効用理論に基づくロジットモデルや、人間の知識や経験に基づいて記述するファジィ推論 (FL) 等のソフトコンピューティング手法を用いた交通行動モデルが多数研究されている³⁾。また、これらの手法を補完的に組み合わせたファジィ・ロジットモデルが提案されている⁴⁾。

本研究では、ロジットモデルで得られている知見をファジィ推論により拡張することで、精緻かつ実用的なファジィ・ロジットモデルの構築を目標とする。ここでは、基本的交通行動として、交通機関選択問題を対象に分析を進める。

2. 交通機関選択モデルの構築

2.1 基本的交通機関選択モデル

基本的ロジットモデルとして、線形効用関数をもつ2項ロジットモデル (BL) を作成する。選択肢は、公共交通機関と自動車とし、説明変数は、所要時間、自動車免許の有無、自動車の保有台数とした。

第3回中京圏 PT 調査結果から、岐阜市の出勤トリップを抽出した。このうち 1210 サンプル (80%) を学習用データとし、302 サンプル (20%) をモデル検証データとする。推計結果を表-1にまとめる。

2.2 ファジィ推論型効用関数の作成

ロジットモデルにおけるファジィ推論による効用記述は、効用値の決定に人間的推論を仮定し、確率的選択に当該の効用値を用いることを意味する。すなわち、ファジィ推論型効用関数 Z_{in} を内包するロジットモデルである。これをファジィ化ロジット (FL) とし、選択確率 P_{in} は式(1)で表す。

$$P_{in} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda (Z_{in} - Z_{jn})}}$$

式(1)

i, j: 選択肢番号, λ : パラッキを示す変数 (=1)

ここでは、表-2のように 17 ルールを作成した。例えば、ルール1は「自動車の所要時間が非常に短ければ、自動車に対する効用は非常に大きい」ことを示す。ここで、ルールの判定指標 α を、(正判断されたサンプルがルールの前件部に反応した ($\mu > 0$) 度合い) / (全サンプルが反応した度合い) と定義した。メンバシップ関数のパラメータは、図-1の a~f である。ここでは、モデル構築者が試行錯誤法により決定した。このモデルを FL1 とする。

2.3 パラメータ推計へのGAの導入

一般的に、BL モデルは、最尤推定法 (NR 法等) によるパラメータ推定を用いる。ここでは、FL モデルに対しても、最大尤度を基本としたパラメータ推計を実行するため、遺伝的アルゴリズム (GA) を導入する (FL2)。ここで、GA は、微分不可能なファジィ推論におけるメンバシップ関数のパラメータ値を最適化することが可能である。具体的には、式(2)に示す対数尤度関数 L を目的関数とした。

$$L = \sum_{n=1}^N [y_{in} \log P_{in} + y_{jn} \log P_{jn}]$$

式(2)

y_{in} : 実績選択結果の場合 1, 異なる場合: 0

また、図-1に示す6パラメータ a~f を 58 ビットの遺伝子 01001...1010 で表現した。ここで、a~e は、二進法で得られた数値を 10 で割っている。GA における各設定変数は、集団 100, 淘汰率: 0.5,

表-1 モデルの推計・予測結果

推計結果	BL		FL1		FL2			
対数尤度	-243.7		-522.6		-397.2			
ρ^2	0.71		0.38		0.53			
% Right(1)	88.0		88.2		90.2			
% Right(2)	86.4		66.2		73.7			
推計	C	MT	C	MT	C	MT	実績	
実績	C	899	6	909	86	930	45	995
	MT	139	76	57	156	73	142	215
推計		1128	82	966	244	1023	187	1210

C:自動車, MT:公共交通機関

予測結果	BL		FL2			% Right	
% Right(1)	89.1		91.1			(1) $(100/N) \cdot \sum \hat{y}_{in}$	
% Right(2)	86.9		74.2			(2) $(100/N) \cdot \sum \sum (P_{in} \cdot y_{in})$	
予測	C	MT	C	MT	実績		
実績	C	253	1	242	10	252	N: サンプル数
	MT	32	16	17	33	50	n: サンプル番号
予測		283	19	259	43	302	i: 選択結果 y _{in} : 最大選択確率

表-2 ファジィ推論ルール

IF		THEN		α	
No.	T(C) T(M) H L	U(Car) U(Tra)	FL1 FL2		
1	PVS	PVB	0.90 0.95		
2	PS	PB	0.87 0.90		
3	PM	PM	0.87 0.89		
4	PB	PS	0.88 0.98		
5	PVB	PVS	0.83 0.87		
6		PVB	0.61 0.40		
7	PS	PB	0.55 0.73		
8	PM	PM	0.67 0.73		
9	PB	PS	0.75 0.75		
10	PVB	PVS	0.95 0.98		
11		PVB	0.88 0.87		
12	ZE	PVS	0.87 0.89		
13	PS	PS	0.89 0.93		
14	PM	PM	0.87 0.88		
15	PB	PB	0.94 0.94		
16	PVB	PVB	0.85 0.85		
17		ZE	1.00 1.00		

C:自動車, M:公共交通機関
T:所要時間, H:自動車保有台数, L:自動車免許の有無, U:効用
ZE:0,PVS:POSITIVE VERY SMALL, PS:POSITIVE SMALL
PM:POSITIVE MEDIUM, PB:POSITIVE BIG, PVB:POSITIVE VERY BIG

交差率:0.5, 突然変異率 0.2 とした. ここでは, 500 世代まで計算し, 20 回試行した. 表-1 の推計結果より, FL1 と比較して適合率が向上した. また, α 値より, 各ルールの反応状況も向上した.

3. ファジィ化ロジットモデルの適用性の検討

構築した BL, FL2 をモデルの適合性と選択確率を比較分析し, FLモデルの適用性の検討を行う.

3. 1 適合性に関する比較

個人行動の推計を的中率によって検討すると, いずれのモデルも同程度 (約 90%) である. しかしながら, FL2 においては, 特にマストラに対する適合性が高い. これは, 特定利用者群の選好が推論ルールで記述できることに起因するものと思われる.

表-1 に示すとおり, 予測精度に関しては, 検証用データに対する各モデルの的中率, 正判断数ともに現況再現時と同様の傾向があるといえる.

3. 2 選択確率による効用関数の分析

ここでは, 線形効用関数とファジィ推論型効用関数の相違を選択確率分布により分析する. 図-2 は, 実績選択結果別の推計選択確率分布である. (a) から, BL, FL2 の自動車選択者の自動車推計選択確率は同様に高い. しかし, 最高選択確率に関しては, BL では 1 に近接するが, FL2 では 0.9 程度である. (b) は, 公共交通機関選択者の公共交通機関選択確率分布である. ここでは, BL より低確率, FL2 より高確率と判断されるサンプルが多数存在している. これは, 公共交通機関に対する効用がファジィ推論ルールにより具体的に記述されていることを示す.

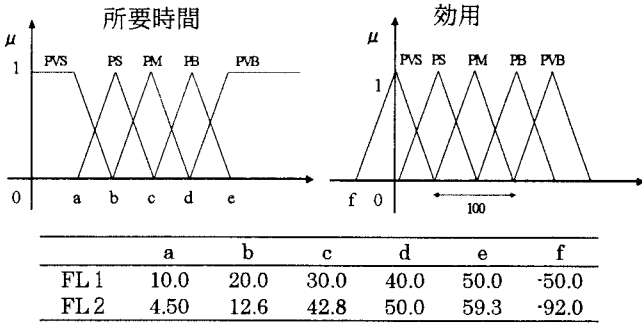


図-1 メンバシップ関数とパラメータ値

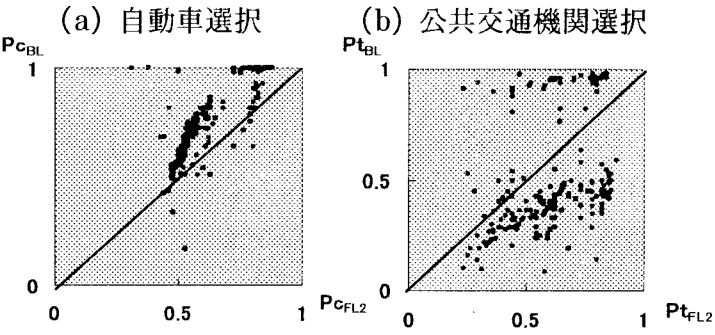


図-2 実績選択結果別の推計選択確率分布

4. おわりに

本研究では, ファジィ推論型の効用関数をもつ交通機関選択ロジットモデルを構築した. とくに, パラメータ推定に GA を導入し, 推計精度の向上とモデル構築の効率化を図っている. ここでは, 知識・経験に基づくファジィ推論型効用を用いることで, 交通行動のより精緻な記述を可能とした.

今後の課題として, i) ファジィ推論ルールに関する知識獲得手法を確立する, ii) 交通情報の影響を考慮した効用関数を定式化する, iii) TDM 等の交通政策・計画の評価を行う の3点が挙げられる.

【参考文献】

1) 北村隆一: 交通需要予測の課題: 次世代手法の構築にむけて, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.17-30, 1996.
2) Moshe Ben-Akiva and Steven R. Lerman : Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand, The MIT Press
3) sippy Lotan & Haris N Koutsopoulos (1993) Models for route choice behavior in the presence of information using concepts from fuzzy set theory and approximate reasoning. Transportation 20: 129-155, 1993
4) 秋山孝正, 高羽俊光, 水谷香織: ナビゲーションのためのファジィ交通行動分析, 日本ファジィ学会誌, Vol. 11, No. 2, pp. 205-214, 1999.