

第IV部門

自転車交通政策インパクト評価のためのファジィ推論モデルの構築

関西大学大学院理工学研究科 学生員 ○李 増輝
 関西大学環境都市工学部 正会員 井ノ口弘昭
 関西大学環境都市工学部 正会員 秋山 孝正

1. はじめに

環境・健康に配慮した持続可能な都市交通として自転車交通の検討が重要である。地方都市では自転車交通を中心に総合的な交通計画を立案する場合もある。

本研究では、地方都市における自転車交通政策のインパクトを自転車利用の変化から考察する。具体的には、地方都市の中心市街地への集中交通量に関する交通機関分担モデルを構築する。このとき、自転車交通に関する利便性・快適性に基づくあいまいな意思決定過程をファジィ推論によりモデル化する。これより、自転車交通政策の定量的なインパクト評価の基本モデルが構成できる。

2. 地方都市の自転車交通政策

2.1 地方都市における交通の現状

本研究では、自転車交通を主とした総合交通計画を提案している兵庫県伊丹市を対象とする。

図1に伊丹市の中心市街地の状況を示す。



図1 伊丹市の中心市街地の状況¹⁾

伊丹市は人口199,426人（2021/2/1現在）であり、中心市街地に鉄道駅として阪急伊丹駅とJR伊丹駅があり、日常的に集中トリップが観測される。

図2に中心市街地への集中トリップの交通機関分担状況を示す。本図より、伊丹市の中心市街地では、自転車交通が約20%あり、徒歩を加えると約50%の交通が観測されることがわかる。周辺の都市に対して、自転車交通の割合が相対的に大きくなっている。

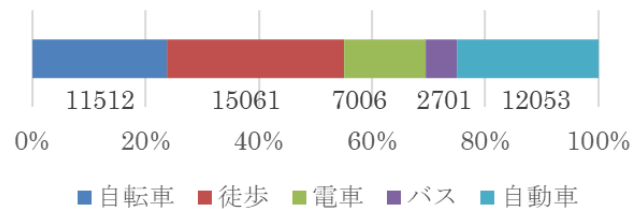


図2 伊丹市の中心市街地の交通機関分担状況

2.2 既存研究での交通機関分担モデルの整理

関連する既存研究では、中心市街地への集中交通量に対する自転車利用割合を算定するため、多項型ロジットモデル (ML) を用いた交通機関分担モデルを構築している。

表1にロジットモデル構築時の説明変数を整理する。

表1 ロジットモデルの説明変数

説明変数	単位
TG (一般化所要時間)	分
DT (OD 距離)	km
OC (職業)	学生・就業者・その他
BO (世帯自転車保有)	保有・非保有 0/1
DL (運転免許保有)	保有・非保有 0/1
AG (年齢)	歳

説明変数として、TG:一般化所要時間を用いる。これは、通常の旅行時間 (分) に加えて、金銭的費用 (円)・安全性・快適性などの交通抵抗を時間換算したものである。

すなわち、MLモデルは説明変数6要因の5項選択型モデルである。表2にMLモデルの作成結果を示す。

表2 MLモデル交通機関推計結果

	推計値					
	自転車	徒歩	鉄道	バス	自動車	合計
自転車	3857	6621	346	135	553	11512
徒歩	663	14051	28	44	275	15061
鉄道	0	54	6921	0	31	7006
バス	546	419	105	1453	178	2701
自動車	812	1707	155	184	9195	12053
合計	5878	22852	7555	1816	10232	48333
的中率						73.4%

モデルの的中率は73.4%である。また自転車交通量は、過少推計であり、自転車利用の選好性を十分に表現できなかったといえない。また都市交通に対する自転車交通量の割合は12.2% (=5878/48333) であり、この値も極

めて過少な推計である。本研究では、この結果を踏まえてファジィ推論モデルを提案する。

3. ファジィ推論モデルの作成

本研究では、自転車選好のあいまい性を考慮してファジィ推論を利用する。ファジィ推論型交通機関分担モデルは多数の研究成果がある^{1)~3)}。基本的なファジィ推論モデルを考える。通常の知識表現である IF/THEN の推論構造を考える。たとえば、入力： x is 2 ならば 出力： y is 3 の推論を以下のように表現する。

IF x is 2 THEN y is 3

ファジィ推論では、入力・出力値のあいまい性を考える。すなわち、 $\hat{2}$: 2 ぐらい、 $\hat{3}$: 3 ぐらいを用いたファジィ推論ルールを構成する。

IF x is $\hat{2}$ THEN y is $\hat{3}$

ここで、「2 ぐらい」「3 ぐらい」に対して、メンバシップ関数： $\mu_A(x)$, $\mu_B(y)$ を定義することで表現できる。

ファジィ推論は経験的知識に基づく推論ルールの設定により複雑な意思決定構造をモデル化するものである。

本研究では、ファジィ推論における含意公式を「論理積」・推論結果の統合を「論理和」・非ファジィ化を「重心法」とする PSG 法 (product-sum-gravity) を用いる。これらの具体的な計算手順の紹介は関連文献に譲る^{1)~3)}。

ここで、主観的な経験的知識から構成される「ファジィ推論ルール」と「メンバシップ関数の形状」は外生的に決定される。本研究では、ファジィ推論ルール構成は、既存研究の成果を利用して、各説明変数のメンバシップ関数の形状について、観測データとの誤差最小化を行った。

図 3 に、説明変数 TG (一般化時間) に関するメンバシップ関数を示す。説明変数 TG (一般化時間) に関して、言語変数 (linguistic variable) を定義する。パラメータ (a_1, a_2, a_3, a_4) の設定により、三角型メンバシップ関数が決定される。同様に説明変数 DT (OD 距離) のメンバシップ関数に関してもパラメータ (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) を設定した。

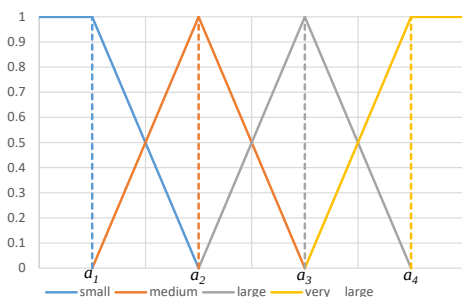


図 3 TG のメンバシップ関数

パラメータ推計手順を示す。すなわち、①乱数発生による 9 種類のパラメータ値の設定。②各パラメータ値に

基づくメンバシップ関数の設定。③ファジィ推論ルールによる交通機関選択結果の推計。④観測値と推計値に関する的中率の算定。⑤的中率の増加時にパラメータ値を保存。⑥上記手順を必要回数実行。最終的に的中率最大の場合のパラメータ値が決定される。すなわち、ランダム探索を用いたパラメータ推計方法である。

本研究では、既存の「ファジィ推論ルール」(14 ルール)を利用して、1000 回のランダム探索を実行した。決定パラメータ値は： $(a_1, a_2, a_3, a_4) = (10, 49, 78, 239)$, $(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) = (0.4, 0.9, 1.2, 2.5, 3.7)$ である。

これより、ファジィ推論型交通機関分担モデルが同定された。表 3 にファジィ推論型交通機関分担モデルによる推計結果 (拡大ベース) を整理する。

表 3 ファジィ推論モデル交通機関推計結果

	推計値					
	自転車	徒歩	鉄道	バス	自動車	合計
自転車	5825	4544	290	448	405	11512
徒歩	380	14499	53	52	77	15061
鉄道	0	21	6985	0	0	7006
バス	291	259	88	1838	225	2701
自動車	643	984	182	200	10044	12053
合計	7139	20307	7598	2538	10751	48333
的中率					81.1%	

4. おわりに

地方都市の自転車交通政策のインパクトについて、ファジィ推論型交通機関分担モデルを用いた分析を行った。本研究の主要な成果は以下のように整理できる。

- ①地方都市の都市交通機関分担から、自転車交通を分析した。中心市街地への集中交通量のうち約 20% の自転車利用があり、自転車交通政策の必要性が示された。
- ②自転車交通を含む交通機関分担モデルについて、従来型の ML に対して、複雑な意思決定構造の記述では、知識利用型モデルが必要であることが示された。
- ③ファジィ推論型交通機関分担モデルでは、自転車交通量の過少評価傾向が減少した。また自転車交通政策のインパクト評価に対するモデル構造が明確化された。

参考文献

- 1) 井ノ口弘昭, 秋山孝正: 自転車交通推計のためのファジィ推論モデルの提案, 第 33 回ファジィシステムシンポジウム, TB2-4, 2017.
- 2) Y. Yasuda, H. Inokuchi, T. Akiyama: The evaluation of bicycle transport policy by modal choice model with fuzzy logic, Proceedings of the World Conference on Transport Research 2019, D2_OS2_02, 2019.
- 3) T. Akiyama, H. Inokuchi: Modal Choice Model with Fuzzy Logic to Evaluate the Bicycle Transport Policy, SCIS&ISIS2020, 730, 2020.