

状態のフラクタル次元を用いた地方都市における通勤交通行動分析

信州大学大学院 学生会員 ○相澤 克吉
新潟市江南区 非会員 樋熊 佑弥
四日市市 非会員 石川 真也
信州大学工学部 正会員 高瀬 達夫
信州大学工学部 正会員 小山 健

1. はじめに

地方都市では都市圏に比べ公共交通網が不十分で、駅やバス停から遠く離れた地域が多く存在している。しかし、このような地域に居住している者が公共交通を利用すれば、同じ事業所に勤める者や近隣に住む者も影響を受け、公共交通を利用すると思われる。そこで著者らは、地方都市では都市圏に比べ他者からの影響や地理的影響を受けやすいと考え、他者の行動が個人の交通選択行動に与える影響を考慮し機関別分担率を説明変数に導入したモデルを提案¹⁾した。その結果、地方都市では同一の事業所、同一ゾーン内からの影響が認められ、また、ゾーンより事業所からの影響が強いことが示された。また、公共交通への転換を進めていくためには公共交通沿線以外に居住する者が転換することが不可欠と考え、事業所毎の居住地分布を把握する必要があると思われる。

そこで本研究では、地域における居住地の分布形態を表す指標として新たに状態を表すフラクタルの概念を導入した通勤交通行動モデルを構築した。また、元来から分布交通を計測する際に用いられている情報エントロピーの概念を用いたモデルも併せて構築し、比較検討することでフラクタル次元を用いた通勤交通行動モデルの有効性を検討する。

2. モデルの構築²⁾

本研究で構築するモデルは、式(1)に示すような3肢(自動車、バス、鉄道)選択型のロジットモデルとした。

$$P_{in} = \exp(V_{in}) / \sum_{j=1}^3 \exp(V_{jn}) \quad (1)$$

$$V_{in} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{i \ n} \quad (2)$$

ここで、 P_{in} は個人 n が選択肢 i を選ぶ確率、 V_{in} は個

人 n の選択肢 i による効用の確定項、 θ_k はパラメータ、 X_{ink} は個人 n の選択肢 i の k 番目の特性である。本研究では X_{ink} に性別、通勤時間および費用のみを用いた従来型モデル、著者らが構築した¹⁾事業所毎の分担率を用いたモデル、情報エントロピーを用いたモデル、そしてフラクタル次元を導入したモデルの4つのモデルを構築した。

3. 状態のフラクタル次元と情報エントロピー

(1) 状態のフラクタル次元³⁾⁴⁾

状態のフラクタル次元とは、フラクタル性(自己相似性)を表す指標であるフラクタル次元を自然幾何学以外の分野でも適用できるよう一般化したものであり、近年では株価変動解析などに用いられている。本研究では平面における点の分布状態を表すことを目的として容量次元解析(ボックスカウンティング法)を用いて計測した。これは設定領域の1辺の長さが元の長さの $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8 \dots$ になるように区切ってゆき、区切られたマス目のうち、対象点(居住地)を含んでいるマス目の個数を数え上げるもので、いま、マス目の一辺の長さを r 、対象点を含むマス目の個数を $M(r)$ としたとき、

$$\log M(r) = a \log r + b + \varepsilon(r) \quad (3)$$

$\varepsilon(r)$: 誤差項

なる線形関係を満足する回帰係数 a を求めると、その絶対値が対象空間の容量次元となる。容量次元は $0 \sim 2$ の非整数で表され、 0 に近いほど対象点は1点に集中し、 1 に近いほど線的な分布を示し、 2 に近いほど対象物は面内に均一に分布していることを示している。

本研究では事業所毎に自動車の利用者と公共交通利用者の居住地をそれぞれ設定領域の図上にプロットした。これを用いてフラクタル次元を算出し、それぞれの効用関数の説明変数に導入した。

(2)情報エントロピー⁵⁾

情報エントロピーとは、確率変数が持つ情報の量を表す尺度で、情報量とも呼ばれる。交通工学の分野では分布交通量を算出する手法としてよく用いられている。本研究では事業所毎の分担率をもとに算出した情報エントロピーの値を用いた。情報エントロピーの算出式を式(4)に示す。

$$H = - \sum_{j=1}^3 p_j \log p_j \quad (4)$$

ここで、 H は情報エントロピー、 p_j は移動手段 j の分担率である。情報エントロピーは分担率 p_j がすべて等しいとき最大になり、一つの分担率が 1 で他はすべて 0 のとき最小となる。本研究では、地方都市は都市圏に比べ自動車の分担率が公共交通の分担率に比べ高いことを考慮し、公共交通の効用関数の説明変数に情報エントロピーの値を用いた。

4. 事例研究

(1)通勤交通実態調査の概要

本研究では、平成 22 年に松本市が実施した「松本市通勤交通実態調査」のアンケートを使用した。このアンケートは事業所及び各事業所の従業員を対象としており、事業所アンケートでは従業員数、交通費支給制度、通勤方法に対する施策に関する取り組みなどについて聞いている。一方、従業員に対しては居住地や勤務先への出発時刻、通勤手段などについて質問をしている。

(2)モデルの推定結果

モデルの推定結果を表 1 に示したが、ここでは事業所ごとの分担率を用いたモデルを除いた 3 つのモデルを比較することとした。エントロピー、自動車のフラクタル次元と公共交通のフラクタル次元の係数に着目すると、すべて正の値をとっており、それぞれの効用を増やす妥当なパラメータであるといえる。また t 値もそれぞれ 11.1、5.7、9.9 と高く、交通行動モデルの説明変数として有意であるといえる。一方、 ρ^2 や的中率も従来型モデルと比べ、エントロピーモデルとフラクタルモデルの方が高い値を示しており、特にフラクタル次元を用いたモデルの方がエントロピーを用いたモデルより良いことがわかる。以上のことから、フラクタル次元を通勤交通行動モデルに組み込むことは有効性が認められると考えられる。

表 1 モデルの推定結果

モデルの種類		従来型 モデル		エントロピー モデル		フラクタル モデル	
		係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
説明 変数	バスダミー	-3.49	-5.9	-4.47	-7.2	-2.15	-2.9
	鉄道ダミー	-3.57	-5.9	-4.54	-6.8	-2.29	-3.0
	費用[100 円]	-0.20	-3.5	-0.14	-2.3	-0.15	-2.5
	時間[10 分]	-0.55	-9.7	-0.47	-7.7	-0.46	-7.3
	性別	-0.60	-2.9	-0.39	-1.8	-0.45	2.1
	エントロピー	-	-	3.04	11.1	-	-
	自動車の フラクタル次元	-	-	-	-	2.46	5.7
	公共交通の フラクタル次元	-	-	-	-	2.90	9.9
N		2552		2552		2552	
ρ^2		0.761		0.795		0.796	
的中率		94.4%		94.7%		94.9%	

5. おわりに

本研究では地方都市における通勤交通行動モデルを考える際の選択要因の 1 つとして他者からの影響や地理的な影響を表す指標としてフラクタル次元の導入を試みた。その結果、状態のフラクタル次元は各事業所における居住地の分布状態を表すことのできるパラメータで、この値が増加することで公共交通の効用が増え、公共交通の分担率が増加することがわかった。今後は、設定領域の変化に対する状態のフラクタル次元を用いたモデルの頑健性を検討していく必要がある。

本研究は科研費(基盤(C)22560530)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 石川真也、小山健、高瀬達夫:勤務地や地域コミュニティが通勤交通に及ぼす影響に関する研究、平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp301-302、2011
- 2) 土木学会:非集計行動モデルの理論と実際、丸善、1995
- 3) 高安秀樹:フラクタル、朝倉書店、1986
- 4) 高瀬達夫:フラクタル次元を用いた地方都市における通勤時の公共交通利用者の居住地分布構造分析、都市計画論文集 No.42-3、pp583-588、2007
- 5) 堀部安一:情報エントロピー論、森北出版、1989