

職住分布の状態を考慮した 地方都市における通勤交通行動分析

高瀬 達夫¹・相澤 克吉²

¹正会員 信州大学准教授 工学部土木工学科 (〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1)

E-mail: ttakase@shinshu-u.ac.jp

¹非会員 長野市役所 (〒380-8512 長野県長野市大字鶴賀緑町1613番地)

これまで、人の交通選択行動をモデル化するには、個人属性や代替案のサービスレベルを用いて分析されることが多かった。しかしながら、現実には親しい他者の選択行動がなんらかの影響を与えていることもたびたび見受けられる。例えば、同じ職場や学校の仲間といった同じカテゴリーに属している人が選択している手段を、自己の選択要因の一つにしている場合が挙げられる。しかしながら、従来のモデルではこうした職場の情報を、規模（従業員数）や立地等をダミー変数として説明変数に用いることが多かった。そこで本研究では事業所や学校ごとに固有な指標で表せないかと考え、景観分析等で用いられているフラクタル次元の導入を試みた。そして、分布状態を表す他の指標とフラクタル次元を交通手段選択モデルに導入した場合と比較することでフラクタル次元の導入可能性の検討を行った。

Key Words : choice behavior analysis, fractal dimension of states, distributions of the workplace and residential area

1. はじめに

地方都市は都市圏に比べて公共交通網が不十分であり、公共交通の利用起点となる駅やバス停から遠く離れた地域が多く存在している。そのためこのような地域に居住している人々は、必然的に自家用車を利用することになる。しかしながら、こうした公共交通利用不便地域に居住している人々が公共交通を利用すれば、普段からコミュニケーションを取っている同じ事業所に勤める人々や近隣に住む人々に大きな影響を与え、公共交通を利用する可能性が増加するのではないかと考え、著者ら¹⁾は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、直近の機関別分担率を一つの情報として説明変数に導入したモデルを提案した。その結果、地方都市では同一の事業所、同一ゾーン内における選択が通勤手段選択行動に影響があたえ、さらにゾーンより事業所からの影響が強いことが示された。しかしながら、他者および地理的影響を考える場合、事業所毎の居住地の分布状態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状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する。さらに、空間等における点の分布状態を表す指標として、これまで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なども併

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意性を検討する。

2. 従来研究と本研究の位置付け

これまでに地方都市における通勤交通に関する研究は数多くなされてきており、特に交通需要マネジメント(TDM)施策に関する研究が多くなされてきている。花岡ら²⁾は路線バスの利用者・非利用者の具体的な通勤行動や意識に着目してバス利用を促す要因を明らかにしており、西井ら³⁾は自動車利用者に対する公共交通に関する意識調査から公共交通への転換を図るための政策について示している。しかし、通勤交通の問題はこのような官主体の政策だけでは解消することが難しく、企業、事業所の自主的な取り組みも必要である。瀬尾ら⁴⁾はこうした企業で行われているTDM施策を取り上げて通勤時の渋滞緩和や交通手段転換対策案を示している。

また、TDM施策以外の点に着目し、従業員と居住地の分布構造、すなわち職住分布構造を考慮した研究もある。下村ら⁵⁾は、プリファレンス曲線と呼ばれる従業員地の分布状況を表す集中トリップの累積比率と居住地における就業者の発生状況を表す発生トリップの累積比率の関係を用いて通勤交通流動の特性を指標化した。また梶谷ら⁶⁾は、発生分布指標集中分布指標を基に、中心業務地区からの距離を用

いて職住分布構造を視覚的、計量的に明らかにしている。

しかしながら通勤交通分析において、職住分布構造を交通行動モデルに適用した研究がこれまでなされておらず、本研究では、職住分布構造を数値化する指標として状態を表すフラクタル次元を用いてモデルを行い通勤交通行動モデルに組み込み、この指標が通勤時の交通手段選択にどのような影響を及ぼすかについて検討する。

このフラクタル次元を用いた研究はこれまでいくつかの研究がなされてきているが、M. Ohya⁷⁾が提唱した状態のフラクタル次元を用いて兒澤ら⁸⁾が株価変動の不確実性を状態のフラクタル次元を用いて定量的に表し、また都市計画の分野では中原⁹⁾や栗・前田ら¹⁰⁾のように都市の構造を分析する指標や、大野¹¹⁾や小川ら¹²⁾のように環境や景観の評価する指標としてフラクタル次元が用いられている。

3. 情報のフラクタル次元を用いた通勤交通手段選択モデル

(1)職住分布の状態を用いた通勤交通手段選択モデル

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。

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

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

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、著者らが既往研究¹⁾で用いた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、そして状態の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。

(2)状態のフラクタル次元について

状態のフラクタル次元とは、状態のフラクタル性(自己相似性)を定量化した指標で、次元解析にはいくつかの手法がある。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…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フラクタル次元となる。ここで、フラクタル次元の値は0~2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。

本研究ではまず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地図上にプロットした。さらにそれぞれの地図ごとに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。

4. 対象地域の設定とモデルの構築

(1)分析対象地域と使用するデータ

本研究では、長野県松本市を分析対象地域に選定した。松本市は長野県中部に位置する人口約24万人の市で、平成17年に旧梓川村、四賀村、奈川村、安曇村、平成22年には旧波田町と合併をし、現在長野県内で最も広い市となっている。

松本市内の交通の特徴を挙げると、鉄道路線は松本駅を中心として南北へJR線が延びているほか東西には松本電鉄上高地線が走っている。また、バス路線に関して、松本駅を中心として各方面へ放射状に路線が配置されている。そのほかに、市が西部地域の交通空白地帯においてコミュニティバスの実証運行を行っている。一方、道路事情については、主要道路として市を南北に貫く国道19号があるが、車線数の少なさから慢性的な渋滞が発生している。

このような状況のもと、松本市ではノーマイカーデー推進市民会議が中心となって市民のノーマイカー運動に対する意識を啓発する活動を行っており、さらに平成16年からはヨーロッパカーフリーデーに参加している。また、同市市役所では平成22年より二酸化炭素排出削減や、公共交通機関利用の意識を職員から高めていこうという目的として「新しいエコ通勤」をスローガンとして、職員のマイカー通勤を日常的に自粛する取り組みを行っている。

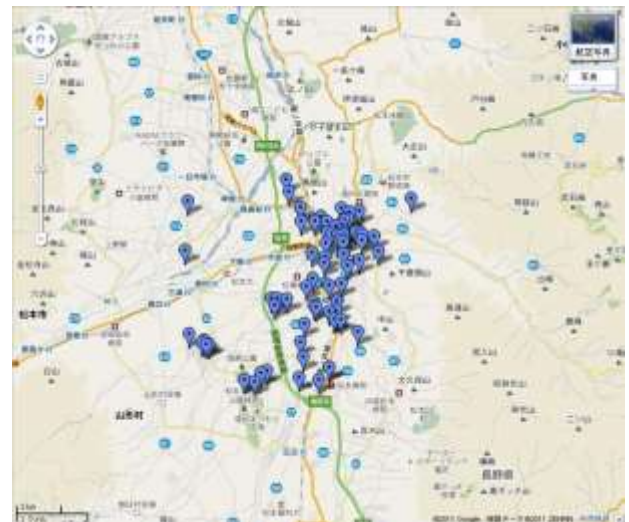


図-1 対象地域と事業所所在地

本研究では、平成 22 年に松本市と共同で実施した「松本市通勤交通実態調査」のデータを使用した。この調査は図-1 に示した松本市とその周辺にある 66 カ所の事業所とその従業員に対してアンケートを実施したものである。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、また従業員に対しては、個人属性（住所、性別、年齢、自動車免許の有無、自家用車の有無）、職場の住所、職場までの交通手段・所要時間、職場での駐車場の有無や交通費支給制度等の項目について調査を行った。アンケートの総回答数は事業所用アンケート 54、従業員アンケート 3355 であったが、この内、本研究に使用したデータ数は、電車、バス及び自動車と回答した 2552 とした。また、OD間の移動にかかる費用や時間等の説明変数については時刻表や路線図、そして道路地図等を用いた。

(2)モデルの推定

通勤交通行動モデルの推定結果を表-1に示したが、本研究では説明変数に事業所別の職住分布の状態を表す指標としてフラクタル次元を用いたモデル（モデル1）、情報エントロピーを用いたモデル（モデル2）、さらに事業所別の直近の手段分担率（ただし本研究では直近に大きな変化が生じていないものと仮定して現在の分担率を用いている）を用いたモデル（モデル3）、これらの値を用いていないモデル（モデル4）の4種類のモデルを構築した。

モデル1は、車のフラクタル次元を車の効用関数に、公共交通のフラクタル次元を公共交通（バスおよび鉄道）の効用関数に組み込むこととした。またモデル2で用いた情報エントロピーは、事業所毎の分担率から値を算出し、公共交通（バスおよび鉄道）の効用関数に組み込み、さらにモデル3における事業所毎の分担率は、車、バス、鉄道の分担率を

それぞれの効用関数に組み込むこととした。

表-1 を見てみるとパラメータの推定結果については推定値の正負に関してすべて妥当な結果が得られた。t 値を見ても、モデル 2 の性別のみ-1.75 とやや低くなったのを除くと、すべてのパラメータが有意な値を示した。一方モデル全体の適合度を表す ρ^2 や個人が実際に選んだ交通手段とモデル上で最大選択確率を持つ交通手段がどれだけ一致しているかを表した的中率をみると、すべてのモデルにおいて高い値を示したが、なかでもモデル 1 において最も大きい値となった。これらのことから、フラクタル次元を用いて通勤交通行動モデルを構築することは十分導入する意義があるといえる。また、モデル 1 の費用と時間のパラメータの比より計測された松本市の通勤交通の時間価値は約 32.6（円/分）であることが分かった。さらに、時間・費用とフラクタル次元の値を比較すると、公共交通のフラクタル次元が 0.1 増加することは、費用を約 200 円下げることや、所要時間を 6.3 分短縮することに相当することがわかる。

(3)モデルの頑健性の検討

本研究で用いたフラクタル次元は、その性質上対象地域の大きさが異なるとフラクタル次元の値が微妙に異なってくる。そのため本章ではモデルの頑健性を検討するために、対象領域を変更した場合にフラクタル次元がどの程度変化するのか、あるいは交通手段選択モデルの係数や信頼性にどの程度影響を及ぼすのか検証を行った。

表-1 中のモデル 5 は対象領域を 2 倍に拡大した場合についてフラクタル次元を算出し、それらの値を用いて交通手段選択モデルを推定した結果である。対象領域を広げることによってフラクタル次元の値はほとんどすべて減少しているが、推定結果の係数の有意性は変わらず、フラクタル次元以外の変数の

表-1 通勤交通手段選択モデルの推定結果

モデルの種類		モデル 1		モデル 2		モデル 3		モデル 4		モデル 5	
		係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
説明変数	バスダミー	-2.15	-2.91	-4.47	-7.19	-3.3	-5.54	-3.49	-5.92	-1.97	-2.66
	鉄道ダミー	-2.29	-2.97	-4.54	-6.83	-3.3	-5.33	-3.57	-5.88	-2.09	-2.70
	費用[100 円]	-0.15	-2.51	-0.14	-2.32	-0.19	-3.36	-0.2	-3.48	-0.14	-2.38
	時間[10 分]	-0.46	-7.32	-0.47	-7.67	-0.55	-9.71	-0.55	-9.7	-0.46	-7.45
	性別	-0.45	2.05	-0.39	-1.75	-0.61	-2.96	-0.6	-2.93	-0.44	-1.99
	情報エントロピー	-	-	3.04	11.06	-	-	-	-	-	-
	事業所毎の分担率	-	-	-	-	0.46	2.14	-	-	-	-
	状態のフラクタル次元（自動車）	2.46	5.71	-	-	-	-	-	-	3.38	5.75
	状態のフラクタル次元（公共交通）	2.9	9.9	-	-	-	-	-	-	3.85	9.85
ρ^2		0.796		0.795		0.762		0.761		0.797	
的中率		94.90%		94.70%		94.60%		94.40%		95.0%	

係数に大きな変化はなく、さらにモデルの適合度や的中率に関してもほとんど変化がなかった。これらのことから、フラクタル次元を用いたモデルの構築においては、対象領域の設定についてはある程度自由度があることが認められ、モデルの有用性は変わらないことが示された。

5. おわりに

本研究では、状態を表すフラクタル次元を用いて通勤交通手段選択モデルを構築する方法について論述し、地方都市における就業者の通勤交通行動分析を行った。本研究では松本市内及びその周辺市町村を対象とし事例研究を行ったが、その結果、公共交通機関の利用状態を表す指標を用いた複数のモデルを比較すると、 ρ^2 の値、説明変数のt値、的中率と全てにおいてフラクタル次元を用いたモデルがもっと良い値を示し、フラクタル次元を通勤交通モデルに導入することは有意であり、むしろフラクタル次元を用いることは有効な手段であることがわかった。

本研究を通してフラクタル次元を通勤交通行動モデルに導入することの主な利点は次の2点であることがわかった。まず事業所ごとの通勤交通行動の特徴・傾向を表すことができる。さらにサービスレベルの変更や政策の施行そのものの影響により通勤手段を変更する人の変化だけでなく、政策後の変化までも知ることができる。つまり、同じ事業所の従業員がある政策により公共交通利用者に転換することで自分も鉄道を利用しようとなるといった目に見えない影響による通勤交通手段の変化のについても知ることができる。

今後は、自転車の利用者などバス、鉄道、自動車以外を用いたフラクタル次元を含む通勤交通行動モデルの有効性をさらに検討していきたい。また公民館利用回数などをモデルの説明変数に用いることで、さらに通勤交通への他者の影響について検討していきたい。

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概集, IV-020, 2011
- 2) 花岡利幸, 大森悟司, 小林三千宏, 大山勲, 向井由子: 地方都市における通勤交通のバス利用への転換に関する考察, 土木計画学研究・講演集 No.22, pp499-502, 1999
- 3) 西井和夫, 古屋秀樹, 志村裕隆, 山口渉: 地方都市の通勤交通における手段転換政策とその意向に関する基礎分析, 土木計画学研究・講演集 No.19(1), pp.467-470, 1996
- 4) 瀬尾和寛, 大場健司: 企業の通勤渋滞対策の事例について<企業 TDM の事例>, 土木計画学研究・講演集 No.32, 2005
- 5) 下村光弘, 榊谷有三, 田村亨, 斎藤和夫: 従業地の分布を考慮した通勤交通流動特性について, 土木計画学研究・講演集 No.24-2, pp593-596, 2001
- 6) 榊谷有三, 塚田倫仁, 田村亨, 斎藤和夫: 職住分布構造の特性指標について, 土木計画学研究・講演集 No.32, 2005
- 7) M.Ohya:"Fractal dimensions of states", Qantum Probability and Related Topics VI, pp. 359-369,1991
- 8) 兒澤秀幸, 松岡隆志, 大矢雅則: 状態のフラクタル次元を用いた株価変動の特徴付け, 数理解析研究所講究録 1100 巻, pp.61-77, 1999
- 9) 中原宏: フラクタル解析による札幌市街地の形状と成長過程に関する考察, 札幌市立大学研究論文集 Vol.4, No.1, pp.33-39, 2010
- 10) 和栗健, 前田義信, 牧野秀夫: 道路網のフラクタル次元に関する基礎研究, 平成 17 年度電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, pp.271-272, 2005
- 11) 大野博之: 自然の分布様式による環境評価の試み, 土木学会論文集 No.664, pp.119-126, 2000
- 12) 小川進, 清原徹也, 阿部忠行: 舗装を主体とする街路景観のフラクタル解析, 土木学会論文集 No.520, pp.135-141, 1995