

フラクタル次元の交通行動モデルへの適用可能性に関する研究*

A Study on a Travel Behavior Model Using Fractal Dimension*

高瀬達夫**・西島秀幸***

By Tatsuo TAKASE**・Hideyuki NISHIZIMA***

1. はじめに

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、交通手段選択モデルにフラクタル次元を導入した場合とそうではない場合を比較することでフラクタル次元の導入可能性の検討をした。

2. フラクタル次元を導入した交通手段選択モデル

(1) モデルの作成

本研究で作成する交通手段選択モデルは、式(1)に示すような3肢選択型（電車、バス、自動車）のロジットモデルを考えた。

$$P_i = e^{V_i} / \sum^n e^{V_i} \quad (1)$$

$$V_i = \alpha * C_i + \beta * T_i + \gamma * N_i + \theta * D + \delta * F \quad (2)$$

P_i : 手段 i の選択確率 (a:自動車, r:電車, b:バス)

C : 費用

T : 所要時間 (乗車時間+乗車外時間)

*キーワード：フラクタル次元、交通行動分析

**正員、工博、信州大学工学部土木工学科

(長野県長野市若里4-17-1、TEL:026-269-5307、

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

***非会員、工修、長野市役所

N : 乗換回数

D : ダミー変数 (例: 自家用車の有無、免許の有無)

F : フラクタル次元

$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \delta$: パラメータ

(2) フラクタル次元について

フラクタル次元とは、フラクタル性（ある有限な図形や集合、現象をまとめてみた場合には自己相似性が成り立たないが、ある一部分だけに着目した場合には自己相似性の成り立つような性質）を示す図形、集合や現象などを、様々な手法で分割することにより得られるそれらの要素の個数と、分割の度合いとの関係を両対数グラフ上に示した時のグラフの傾き、又は傾きに比例した係数のことである。

これまでのフラクタル概念は社会学の分野で多く用いられてきたが、工学分野でも近年導入されるようになってきた。具体的に挙げると景観分析を行う際に個々の景観に固有な値としてフラクタル次元が取り入れられている。

本研究では事業所ごとの鉄道利用者の固有指標を表すためにこのフラクタル次元を用いる。図1は仮想の市町村図を示すが、点線は市町村境界線、実線は電車の路線そして、点は電車利用者を表すものとする。また、フラクタル次元解析にはいくつかの手法があるが、本研究では比較的容易に算出することが可能な容量次元を用いて分析を行うこととする。

図1のように対象とする点が検討する平面の中に分布しているとする。この時、平面の1辺の長さを全体の長さ1の1/2、1/4、1/8...となるように区切ってゆく。ボックスカウンティング法は区切られた升目のうち、何個の升目が対象点を含んでいるのかを数え上げる方法なので、一般に升目の1辺の長さを r 、対象点の升目の個数を $M(r)$ としたとき

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

$\varepsilon(r)$: 誤差項

なる線形関係を満足する回帰係数 a を求めると、その絶対値が対象とする平面の容量次元となる。

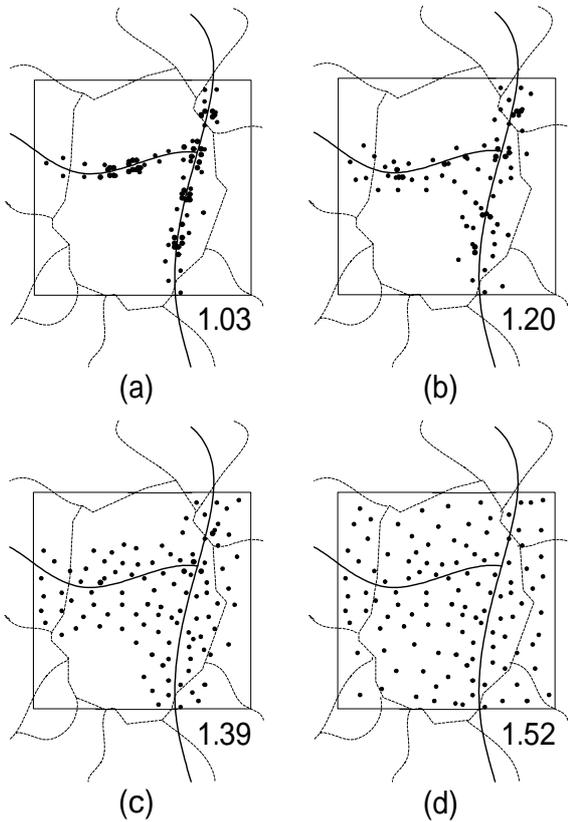


図 - 1 対象点分布とフラクタル次元

また $M(r)$ の求め方として、ある昇目 i の対象点の個数 $N_i(r)$ が下限値 N_L に対して $N_i(r) > N_L$ となったとき、はじめて $M(r)$ にくみ入れるという方法を採用する。

図 1 (d) は全体に点が分布しているが、このような場合フラクタル次元は 2 に近い値をとる。反対に、図 2 (a) のように路線付近に点が分布しているとフラクタル次元は 1 に近い値となる。

3. 分析対象

本研究では、平成 13 年に松本市が実施した「松本市通勤交通実態調査」のアンケートを利用した。具体的には松本市とその周辺 (図 - 2) にある 67 ヲ所の事業所の従業員にアンケートを実施したものである。その質問項目は、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である。アンケートの総回答数は 3281 であるが、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 2309 であった。また、O-D 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。

(1) フラクタル次元を含まないモデルの推定

本研究ではフラクタル次元の導入効果を比較検討するために、フラクタル次元を含む場合と含まない場合の 2 つについてモデル化を行った。また、モデルの説明変数については様々な試行の結果表 - 1 に示した説明変数を用いることとした。説明変数を設定するにあたって選択肢固有のダミー変数をいくつか用いた。乗換ダミーは鉄道またはバス利用者に対して目的地までに乗換の必要性の有無を表している。そして自動車利用者に対しては免許の有無と自家用車の有無をダミー変数として適用した。さらに本研究では事業所の規模に応じたダミー変数を用いることとした。

フラクタル次元を含まないモデルの推定結果を表 - 1 に示した。推定されたパラメータの正負に関して妥当な結果が得られ、また各説明変数の t 値は費用と事業所ダミーを除いて有意な値が得られた。表 - 1 で得られた結果より通勤者は時間を重視し、またバスと鉄道を同じ公共交通機関として捉えて、自動車が公共交通機関という選択を行っていると思われる。



図 - 2 対象地域

表 - 1 フラクタル次元を含まないモデルの推定結果

	係数	t 値
バスダミー	7.31	4.1
電車ダミー	6.83	3.6
費用 [100円]	-4.08	-0.7
時間 [分]	-4.41	-9.2
乗換ダミー	-2.2	-5.1
免許保有ダミー	3.58	5.4
車所有ダミー	6.08	9.2
大規模ダミー	0.98	0.9
中規模ダミー	-0.6	-0.1
N=2309, $R^2=0.80$		

(2) フラクタル次元を用いたモデルの推定

フラクタル次元を説明変数の一つとして用いるために、まず対象地域のメッシュ分割を行い、そして事業所ごとに電車を利用する従業員が住む場所が当てはまるボックスを1とし、それ以外を0としてプロットした。そしてボックスカウンティング法を用いて、事業所ごとのフラクタル次元を求めた。

フラクタル次元を用いたモデルの推定結果を表-2に示した。推定されたパラメータの正負に関して妥当な結果が得られ、また各説明変数のt値はフラクタル次元を含まなかったモデルと同様に、費用を除いて有意な値が得られた。しかしながら、先のモデルでは事業所ダミーが有意な値を示さなかったのに対して、本モデルではフラクタル次元のパラメータが有意な値を示した。また、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42.86(円/分)であることが分かった。さらに推定結果より、フラクタル次元値が0.1増加することで鉄道の効用は0.374上がる。これは費用を約500円下げることや所要時間を120分短縮することと同値であり、このことからフラクタル次元は鉄道の効用に大きく影響を及ぼしており、フラクタル次元が高ければ高いほど、鉄道利用の効用が上がるのがわかる。

また、両者のモデルを比較してみると、 R^2 の値、説明変数のt値と全てにおいてフラクタル次元を含むモデルの方が良いといえる。また適中率は92.5%となっており、改善されていることがわかった。

表-2 フラクタル次元を用いたモデルの推定結果

	係数	t値
バスダミー	7.18	5
電車ダミー	5.55	3.5
費用 [100円]	-3.48	-0.6
時間 [分]	-4.32	-8.9
乗換ダミー	-2.16	-4.9
免許保有ダミー	3.42	5.1
車所有ダミー	5.7	8.9
フラクタル次元	4.78	7.5
N=2309, $R^2=0.81$		

4. まとめ

本研究では交通行動モデルを考える際の選択要因の1つとして事業所ごとの固有の指標を表すものとしてフラクタル次元の導入を試みた。

フラクタル次元を選択要因として加えた場合と加えない場合の交通手段選択モデルの推定結果を比較してみると、フラクタル次元を選択要因に導入できることがわかった。