

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 1日現在

機関番号：13601
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22560530
 研究課題名（和文） フラクタル次元を用いた個人間の相互作用による交通行動への影響に関する研究
 研究課題名（英文） Travel behavior analysis using the fractal dimension of states as indices expressing the influence on one worker from other personnel
 研究代表者
 高瀬 達夫（TAKASE TATSUO）
 信州大学・工学部・准教授
 研究者番号：10283235

研究成果の概要（和文）：状態のフラクタル次元はある設定領域内における点の分布状態を定量化する手法であり、就業者の職場と居住地の分布状態を数値で表すことができる。本研究は同じ職場に勤めている他者からの影響を表す指標を状態のフラクタル次元を用いて表し、非集計型の行動モデルに導入した。他の状態を表す指標を用いて分析を行った結果、フラクタル次元を用いたモデルが最も優れていることがわかった。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た。

研究成果の概要（英文）：The fractal dimension of states is a method for quantifying the condition of distribution of points within some defined region, and provides a numerical expression of the distributions of the workplace and residential area among workers. This study employs fractal dimensions of a state as indices expressing the influence on one worker from other personnel in a workplace. These were introduced into a disaggregated model to analyze the transportation behavior of workers while commuting to work. The models based on fractal dimensions provided the best values in terms of accuracy and multiple correlation coefficient. Also, in addition to variations in the number of people changing their means of transportation response to changes in service levels and in the enactment of city policies, the model proposed in this study also indicates changes subsequent to the policies.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：土木計画学・交通計画

キーワード：交通計画

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、交通行動モデルを用いて分析を行う際に、他者の影響を考慮する研究がな

れるようになってきたが、これらの多くは構造的に複雑であり実務的には適用することが困難であると思われる。

(2) 本研究で仕様するフラクタル次元は、状態を表現する方法の一つとして土木計画の分野においても、都市の形態や景観の分野で用いられており、測定に複雑性を要しない。さらにこのフラクタル次元を用いることにより個人の行動変化がもたらす波及効果をも表現することが出来ると考えられる。

2. 研究の目的

(1) 本研究は人の行動に大きな影響を与える他者の行動を状態のフラクタル性を用いて表現し、個人間の相互作用を考慮した交通行動分析モデルを構築し、TDM施策による個人への働きかけが他者の行動にどのような影響を与えるのかを分析する。

(2) 対象地域において事業所及び従業員アンケートを行い、事業所ごとに公共交通機関利用者の居住地の分布状態を数値化する。さらに各事業所における様々な企業TDMの取り組みが公共交通利用通勤者の分布状態にどれだけ影響を与えているのかを分析する。

(3) 職住分布構造の状態を表す他の指標として考えられるものとして、分担率、エントロピー、フラクタル次元の3種類が挙げられるが、これらの値を用いたモデルとの比較検討を行う。

3. 研究の方法

(1) まず分析対象地域を選定したが、公共交通機関利用者の居住地の分布状態をフラクタル次元で表すためには、利用可能な鉄道路線が複数あり、バスネットワークが構築されている地方の中規模都市のなかで、公共交通機関利用促進に積極的な都市が望ましい。

そこで本研究では長野県松本市を分析対象地域に選定した。松本市の鉄道路線は松本駅を中心として南北方向と東西方向にそれぞれ走っており、バスについては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。さらにピーク時には中心部の道路は慢性的に渋滞しているため、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たり、ノーマイカー運動に対する意識を啓発する活動を行ったりしている。

次に分析対象地域である松本市において、事業所および従業員に対して通勤交通実態調査を行った。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。またアンケートの回答数は事業所用アンケートでは54(回収率82%)、従業員アンケートでは3355(回収率54%)であった。

(2) 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、

$$\log M(r) = a \log r + b + \varepsilon(r) \quad (1)$$

$\varepsilon(r)$: 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。

(3) 本研究で構築するモデルは、式(2)、(3)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。

$$P_{in} = \exp(V_{in}) / \sum_{j=1}^3 \exp(V_{jn}) \quad (2)$$

$$V_{in} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{ink} \quad (3)$$

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、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。

(4) 構築したフラクタル次元を導入した行動分析モデルを用いて、事業所において公共交通利用のための様々な政策をした際に、公

公共交通の分担率がどのように変化するかについての検討を行った。ここでは、公共交通の通勤時の運行便数の増加、公共交通の運賃全額補助、自動車利用者の駐車場の有料化等の政策が行われた場合について検討を行うこととした。

4. 研究成果

(1) 各種通勤交通行動モデルの推定結果を表1~4に示したが、本研究では説明変数に事業所別の職任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

表1 フラクタル次元を用いたモデルの推定結果

モデルの種類		モデル 1	
		係数	t 値
説明変数	バスダミー	-2.15	-2.91
	鉄道ダミー	-2.29	-2.97
	費用[100円]	-0.15	-2.51
	時間[10分]	-0.46	-7.32
	性別	-0.45	2.05
	状態のフラクタル次元（自動車）	2.46	5.71
	状態のフラクタル次元（公共交通）	2.9	9.9
ρ^2		0.796	
的中率		94.90%	

表2 情報エントロピーを用いたモデルの推定結果

モデルの種類		モデル 2	
		係数	t 値
説明変数	バスダミー	-4.47	-7.19
	鉄道ダミー	-4.54	-6.83
	費用[100円]	-0.14	-2.32
	時間[10分]	-0.47	-7.67
	性別	-0.39	-1.75
	情報エントロピー	3.04	11.06
ρ^2		0.795	
的中率		94.70%	

表3 事業所毎の分担率を用いたモデルの推定結果

モデルの種類		モデル 3	
		係数	t 値
説明変数	バスダミー	-3.3	-5.54
	鉄道ダミー	-3.3	-5.33
	費用[100円]	-0.19	-3.36
	時間[10分]	-0.55	-9.71
	性別	-0.61	-2.96
	事業所毎の分担率	0.46	2.14
ρ^2		0.762	
的中率		94.60%	

表4 状態を表す指標を用いていないモデルの推定結果

モデルの種類		モデル 4	
		係数	t 値
説明変数	バスダミー	-3.49	-5.92
	鉄道ダミー	-3.57	-5.88
	費用[100円]	-0.2	-3.48
	時間[10分]	-0.55	-9.7
	性別	-0.6	-2.93
ρ^2		0.761	
的中率		94.40%	

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んだ。

表1~4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

がわかった。

(2) 本研究で構築したフラクタル次元を用いた行動分析モデルの有効性について明らかにすることができたが、ここではフラクタル次元の各種政策の波及効果を示すことができる特性を考慮し、以下に示す3つのケースについて推計を行った。その結果を図1~3に示したが、図中の(a)は政策前の分担率を、(b)は政策後の分担率、(c)は(b)によりフラクタル次元が変化した後の分担率、(d)は(c)の変化が最終的に収束した時点の分担率を示している。

①公共交通の運行便数を増加させる

公共交通への転換を図るために、バスや鉄道の通勤ラッシュ時の運行本数を増やし、待ち時間を半分にした場合の推計結果を図1に示したが、公共交通を用いた平均通勤時間は政策後に比べて、約1割強の時間短縮に過ぎなかったため、バスの分担率は政策直後ではほとんど変化が見られないことがわかった。しかし、わずかな変化が徐々に波及効果をもたらすことがわかった。

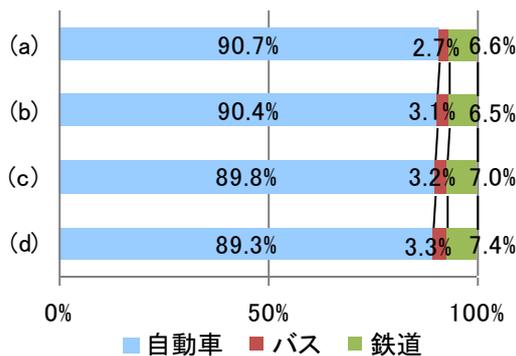


図1 公共交通の運行便数増加

②公共交通利用通勤者に交通費を全額補助する

公共交通利用者の増加を図るために、事業所が、通勤時に公共交通を利用する従業員に対して交通費を全額支給した場合について

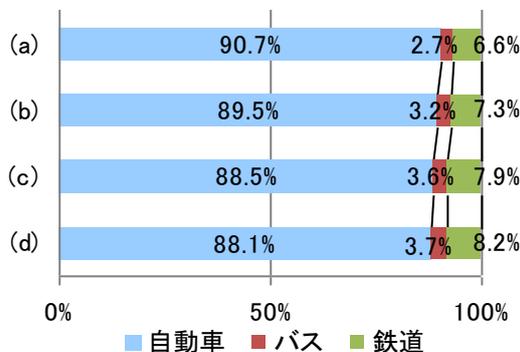


図2 公共交通利用通勤者に交通費の補助

推計を行ったが、その推定結果を図2に示した。これによると、他の2つのケースに比べて政策直後の変化が最も大きく、収束状態の変化率が最も高かった。これは公共交通運賃を全額補助することは、通勤時にかかる費用が0になることから、他の政策に比べ公共交通への転換率が高くなることは明らかである。

③事業所の駐車場を有料化する

自動車通勤を行っている従業員の負担を増やし、公共交通利用者との費用負担の差を明確にして自動車通勤を抑制するために、事業所の駐車場を有料化することとしたが、その推計結果を図3に示した。本研究では、駐車場の料金を松本市内の月極駐車場の平均料金がおおよそ4,500円であることから、1日150円とし、自動車の費用に加算して推計を行った。結果を見てみると、バスへの転換がほとんど見られなかったが、鉄道への転換が見られた。しかし政策直後の変化はあまり見られなかったものの、波及効果の割合は3つのケースで最も大きかった。

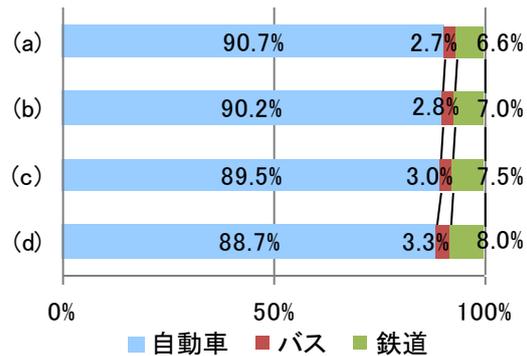


図3 事業所の駐車場の有料化

以上3つのケースで政策分析を行ったが、研究当初の想定通り、政策直後の変化だけでなく、波及効果を推計できることがわかった。他のモデルを用いて推計を行った場合、値が収束する性質を持っていないため、表すことができない。こうしたことからフラクタル次元の有効性が明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計6件)

- ①高瀬達夫、相澤克吉、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、第46回土木計画学研究発表会、2012.11.4、埼玉
- ②相澤克吉、樋熊佑弥、石川真也、高瀬達夫、小山健、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、平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会、2012. 3. 8、長野

- ③相澤克吉、樋熊佑弥、高瀬達夫、小山健、フラクタル次元を用いた公共交通利用通勤者の居住地分布構造の変化に関する分析、平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会、2011. 3. 4、愛知
- ④宇田川喜博、小山茂、大上俊之、高瀬達夫、マルチエージェントシミュレーションによる道路網のフラクタル次元と交通容量に関する研究、平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会、2011. 3. 4、愛知
- ⑤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、2011. 3. 4、愛知
- ⑥高瀬達夫、西島秀幸、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、第 43 回土木計画学研究発表会、2010. 11. 21、山梨

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高瀬 達夫 (TAKASE TATSUO)
信州大学・工学部・准教授
研究者番号：10283235

(2) 研究分担者

小山 健 (KOYAMA KEN)
信州大学・工学部・教授
研究者番号：40021026

小山 茂 (KOYAMA SHIGERU)
信州大学・工学部・准教授
研究者番号：30271886

(3) 連携研究者

()

研究者番号：