

交通行動分析に基づいた個人の生活圏に関する研究

A Study of Personal Action Space Based on Travel Behavior Analysis

荒木 敏*・藤井 聡**・北村隆***
By Satoshi ARAKI, Satoshi FUJII and Ryuiti KITAMURA

1. はじめに

近年、わが国では余暇重視社会へと徐々に向かいつつあり、土木計画学分野でも自由活動に関する問題が注目されている。しかし、自由活動に関する分析としてはTime Useデータを用いたActivity Analysis等が挙げられるものの¹⁾十分な研究がなされているとは言いがたい。そこで本研究では、自由活動を対象とし、各個人が各目的で訪れる地域の集合（目的別の生活圏）を分析の対象とする。そして、各地域に訪れる頻度（来訪頻度）を生活圏の指標として捉え、後述の実態調査に基づき算出した移動量指標について個人の特性ごとに定性的分析を行なう。また一方で、来訪頻度を個人属性、交通属性などの定量的な要因で推定するモデルシステムを構築し、それを実態調査データに基づき検証すると共に、モデル構築の過程で個人ベースの発生交通の構造を把握することを目的とする。また、来訪頻度はOD交通量を求める際の基礎的な指標であり、本研究で提案するモデルシステムは、従来の集計的手法とは異なる枠組みを持つ。

2. 実態調査の概要

本研究で用いたデータは、阪神高速道路湾岸線開通の影響を把握することを目的として1993年秋に行なわれた調査より得られた。なお、この調査は大阪湾岸地域（大阪市、泉北、泉南、阪神、神戸地区）の住民を対象とし、郵送配布／回収の形式で行なわれた。本研究で用いた質問項目では、大阪湾岸地域を12の地区に分割した上で、それらの各地域への活動目的別に一ヶ月間に訪れる回数（以下、来訪頻度という）、その際の利用交通機関、さらにその地域

への機関別の行き易さと活動目的別の魅力度についての主観的評価値を5段階評価で尋ねている。なお、活動目的としては買い物・飲食等の日常活動と、観光・レジャー等の非日常活動を設定した。

3. 移動量指標を用いた定性的分析

ここでは、各個人の各目的地域への来訪頻度と距離を乗じたものの総和を個人の移動量指標と定義し、その居住地域、性別および自動車保有別の平均を活動目的ごとに求めたものを表-1に示す。この表より、一般に車所有者の方が、また男性のほうが移動量は多くなるという結果となっている。特に、大阪市にこの傾向が顕著である。一方、地域別に見ると、特に日常活動において、泉北・泉南地域の移動量が多くなっている。これは日常活動は、主として都市部で行なわれるために、郊外のこの地域は移動量が多くなることが原因と考えられる。

大阪市	全体	車所有 ¹⁾	車無し	男性 ¹⁾	女性
	196人	161人	35人	144人	51人
日常	115.27	132.29 ¹⁾	36.98	124.40 ¹⁾	91.32
非日常	79.16	87.75 ¹⁾	39.64	82.52 ¹⁾	68.81

泉北	全体	車所有 ¹⁾	車無し	男性 ¹⁾	女性
	100人	92人	8人	70人	29人
日常	181.63	176.21 ¹⁾	243.99	204.87 ¹⁾	129.74
非日常	116.80	116.44 ¹⁾	120.99	115.16 ¹⁾	121.40

泉南	全体	車所有 ¹⁾	車無し	男性 ¹⁾	女性
	177人	160人	17人	125人	51人
日常	251.56	263.08 ¹⁾	143.19	227.78 ¹⁾	292.64
非日常	147.63	152.40 ¹⁾	102.73	146.76 ¹⁾	130.48

阪神	全体	車所有 ¹⁾	車無し	男性 ¹⁾	女性
	123人	88人	35人	79人	43人
日常	137.33	133.12 ¹⁾	147.94	162.92 ¹⁾	93.53
非日常	76.03	81.94 ¹⁾	61.18	83.28 ¹⁾	64.48

神戸市	全体	車所有 ¹⁾	車無し	男性 ¹⁾	女性
	173人	147人	26人	114人	59人
日常	179.09	181.90 ¹⁾	163.18	190.34 ¹⁾	157.33
非日常	83.26	85.20 ¹⁾	72.24	86.77 ¹⁾	76.46

〈表-1 移動量指標〉

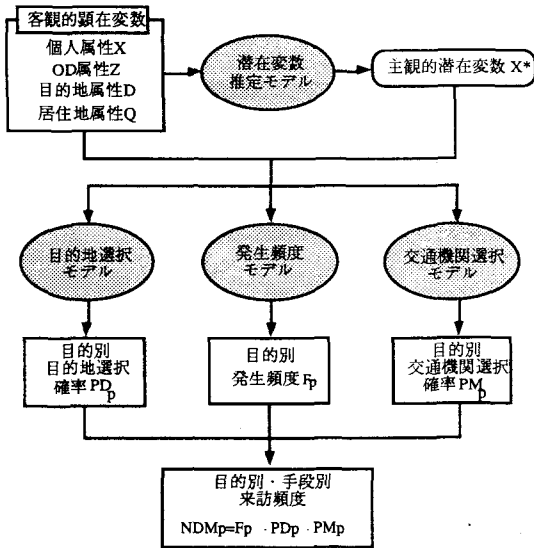
キーワード：交通行動分析、発生交通

* 学生員 京都大学大学院工学研究科
(〒606 京都市左京区吉田本町
Tel 075-753-5136 Fax 075-753-5135)
** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室
*** 正会員 Ph.D 京都大学教授 工学部交通土木工学教室

4. モデルシステムの概要

本研究で対象とする自由活動は、個人の嗜好が影響するなど多くの不確定要因を含んでいる。こうした構造が不明瞭な活動に対しては、各個人に着目して目的地の魅力度等の潜在変数を考慮すると共に、交通行動における不確定要因を確率論的に扱う必要性が高いと考えられる。そこで本研究では図-1に示す様なモデルシステムを構築する。

このシステムでは、個人の生活活動における目的別の交通機関選択、目的地選択および交通発生（外出行動）のそれぞれの局面に着目する。個人属性、居住値属性等の客観的顕在変数に基づいて、各個人の生活活動の奥に潜む各地域への行き易さや魅力度といった潜在変数を潜在変数推定モデルを用いて同定する。次に、得られた潜在変数値と客観的顕在変数とを説明変数として、発生頻度モデル、目的地および交通機関選択モデルにより、それぞれ目的別発生頻度、目的地選択確率、交通機関選択確率を算出する。そして、それらを相互に乘じることで来訪頻度を算出する。以下に各モデルの一般形と本モデルシステムにおける概要を示す。



〈図-1 モデルシステムの概略〉

5. モデルシステムにおける各モデルの概要

(1) 潜在変数推定モデル

潜在変数推定モデルでは、線形構造方程式モデル²⁾

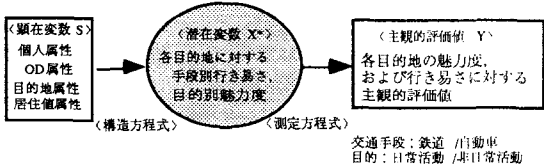
を用いて、図-2に示すパス図に基づいて、各個人ごとに潜在変数を推定する。潜在変数推定モデルにおける、構造方程式、測定方程式を以下に示す。

構造方程式 $X^* = B\mathbf{S} + \zeta$... (1)

測定方程式 $\mathbf{Y} = \Lambda \mathbf{X}^* + \varepsilon$... (2)

ただし、 $\mathbf{X}^*$: 潜在変数ベクトル
 $\mathbf{S}$: $\mathbf{X}^*$ を規定する客観的説明変数行列
 $\mathbf{Y}$: アンケートによる主観的評価値ベクトル
 $\mathbf{B}, \Lambda$: 未知パラメータ配列
 ζ, ε : 誤差項ベクトル

そして潜在変数は、推定されたパラメータから式(1)に基づいて算出し、これを以下に示すモデルに入力することにより、意識データを反映した来訪頻度の推定が可能となる。



〈図-2 潜在変数推定モデルのパス図〉

(2) 発生頻度モデル

交通発生モデルでは重回帰モデルを用いて、個人属性等の客観的顕在変数、および潜在変数推定モデルで推定した潜在変数に基づき、式(3)に従い発生頻度を推定する。

$F = C_1 t_1 + C_2 t_2 + \tau$... (3)

ただし、 F : 来訪頻度の総和 F_n を要素とするベクトル
 t_1 : F を説明する顕在変数行列
 t_2 : F を説明する潜在変数行列
 C_1, C_2 : 未知パラメータ配列
 τ : 誤差項ベクトル

ここで用いる潜在変数は各個人の各地域に対する行き易さ・魅力度を全ての目的地域について足し合わせたものである。なお、本稿では発生頻度として居住地域外へのトリップを行なう回数と定義した。

(3) 目的地選択モデル

目的地選択モデルでは、目的地選択確率を推定する。このモデルの基本的枠組みはロジットモデルであり、選択肢集合として、ある個人の居住する地域以外の複数の地域を設定する。本研究では、大阪湾岸地域を中心とする12の地域を設定した。個人は、一定期間にそれらの中から複数の地域へと複数回訪問するが、各個人は、それぞれの訪問に際して、独立な目的地選択を行なうと仮定する。本研究では、

個人 n の目的地 i に対する来訪効用の確定項 V_{in} を以下のように定めた。

$$V_{in} = \beta X_{in} + \theta X_{in}^* \quad \dots (4)$$

ただし、 X_{in} : 説明(顕在)変数ベクトル
 X_{in}^* : 説明(潜在)変数ベクトル
 β, θ : 未知パラメータベクトル

(4) 交通機関選択モデル

交通機関地選択モデルでは目的地選択モデルと同様にロジットモデルを基本的枠組みとする。機関別の選択効用の確定項 V_{im} を式(5)に示す。

$$V_{im} = \pi X_{im} + \gamma X_{im}^* \quad \dots (5)$$

X_{im} : 説明(顕在)変数ベクトル
 X_{im}^* : 説明(潜在)変数ベクトル
 π, γ : 未知パラメータベクトル

6. モデル分析

表-2は、潜在変数推定モデルの構造方程式に関する推定結果である。この中で、交通・目的地属性に対するパラメータは、全てが直感的に納得のいく符号を持ち、 t 値もそのほとんどが十分に大きな値を得ている。特にOD属性に着目すると、鉄道は乗換数が非常に大きな影響を及ぼしているのに対し、自動車は所要時間が大きく影響を与えていることがわかる。これは、各個人は長時間の運転や複数の乗換え等の肉体的負担を避ける傾向が強いと推測される。個人属性に対するパラメータは、 t 値の低いものも幾つか見られるが、目的地が勤務地であることを示す

す勤務地ダミー、および高齢者ダミー、会社員ダミーなどは有意な結果となった。これらのダミーに着目すると、高齢者は鉄道を好む傾向にあり、勤務地に対しては日常活動では魅力的であるが、観光などの非日常活動においては負の魅力を持ち、さらに会社員などの時間的拘束の多い個人ほど日常活動の魅力は低く、非日常活動の魅力が大きいなど理解しやすい結果が読み取れる。

次に、発生頻度モデルの推定結果を表-3に示す。なお、このモデルでは、各個人の他地域への魅力度・行き易さの潜在変数値を、全目的地について足し合わせたものを説明変数とした。

	来訪頻度の総和(日常)	来訪頻度の総和(非日常)
会社員ダミー	1.54E+00 (1.91)	9.25E-02 (0.22)
低学歴ダミー	7.81E-01 (0.57)	-1.80E+00 (-2.53)
高学歴ダミー	1.69E+00 (2.18)	3.44E-01 (0.86)
運転頻度	1.19E+00 (1.64)	-4.78E-01 (-1.28)
車保有台数	1.16E+00 (2.28)	5.94E-02 (0.23)
低年齢ダミー	2.42E+00 (2.45)	1.45E+00 (2.82)
高齢者ダミー	-1.28E-01 (-0.16)	6.18E-01 (1.44)
スーパー密度のアクセシビリティ	1.05E+01 (4.72)	—
商店密度のアクセシビリティ	-3.91E-03 (-2.95)	—
自然公園のアクセシビリティ	—	1.30E+00 (3.02)
温泉旅館のアクセシビリティ	—	1.40E-02 (0.28)
名所のアクセシビリティ	—	1.99E+00 (2.72)
電車行き易さ(潜)の総和	3.50E-02 (3.11)	1.35E-02 (2.32)
車行き易さ(潜)の総和	2.44E-02 (3.80)	1.92E-02 (5.65)
日常魅力(潜)の総和	-8.36E-03 (-3.76)	-4.43E-03 (-3.54)
非日常魅力(潜)の総和	-4.09E-01 (-1.01)	-3.70E-01 (-1.72)
R^2	1.30E-01	1.39E-01
$\bar{R}^2$	1.02E-01	1.09E-01

被験者443人

•それぞれ左側がパラメータ、右側の()内が t 値

〈表-3 発生頻度モデルの推定結果〉

	鉄道行き易さ	自動車行き易さ	日常活動魅力度	非日常活動魅力度
個人属性				
低年齢ダミー	-1.2E-02 (-0.70)	-6.0E-03 (-0.61)	6.5E-03 (0.34)	3.5E-02 (1.76)
高齢者ダミー	4.1E-02 (2.28)	-2.4E-02 (-2.35)	5.3E-02 (2.43)	-4.7E-02 (-2.27)
男性ダミー	-2.8E-02 (-1.78)	7.8E-03 (0.83)	9.0E-04 (0.05)	1.4E-02 (0.74)
低学歴ダミー	-9.9E-03 (-0.61)	-1.7E-02 (-1.78)	1.6E-03 (0.09)	-4.5E-02 (-2.33)
高学歴ダミー	-2.9E-02 (-1.74)	-4.4E-03 (-0.44)	7.3E-02 (3.70)	-4.7E-02 (-2.39)
会社員ダミー	8.4E-02 (5.00)	1.4E-02 (1.29)	-8.4E-02 (-4.18)	5.4E-02 (2.76)
低収入ダミー	-1.5E-02 (-0.96)	2.4E-02 (2.52)	-5.9E-03 (-0.32)	3.1E-02 (1.66)
車保有台数	1.8E-02 (1.05)	4.0E-02 (3.71)	-4.5E-02 (-2.18)	3.6E-02 (1.75)
家族数	-2.9E-02 (-1.84)	-1.6E-03 (-0.16)	2.8E-02 (-1.48)	-6.1E-02 (-3.17)
勤務地ダミー	-4.4E-02 (-2.58)	-2.9E-02 (-2.48)	5.9E-02 (3.03)	-1.5E-01 (-7.98)
運転頻度	4.3E-03 (0.27)	1.7E-02 (1.83)	-3.4E-02 (-1.83)	4.2E-03 (0.23)
交通属性				
電車所要時間	-1.9E-02 (-1.04)	—	—	—
電車費用	-1.6E-02 (-0.65)	—	—	—
電車乗換え数	-1.9E-01 (-9.02)	—	—	—
自動車費用	—	-2.1E-02 (-2.22)	—	—
車所要時間	—	-1.3E-01 (-6.43)	—	—
目的地属性				
商店密度	—	—	2.8E-01 (17.21)	—
スーパー密度	—	—	1.2E-01 (7.52)	—
名所数	—	—	—	1.0E-01 (8.25)
自然公園数	—	—	—	2.5E-01 (18.76)
温泉旅館数	—	—	—	5.4E-02 (4.31)

被験者443人

GFI:0.9922, AGFI:0.9030

〈表-2 潜在変数推定モデルの推定結果(構造方程式)〉

またパラメータに着目すると、潜在変数の t 値の高さが目立っている。この中で、行き易さに関しては、行き易さに対して抵抗の少ない個人ほど交通発生頻度が多くなるという自然な結果となっている。対照的に魅力度については、日常・非日常活動ともに目的地に対して大きな魅力を感じている個人ほど交通発生頻度は少ないという意外な結果となっている。これは、来訪頻度の少ない個人に限って、目的地に対して“憧れ”を抱くという人間の心理の影響と考えられ、興味深い結果と言える。

また、表-4に目的地選択モデルに関する推定結果を示す。潜在変数のパラメータに関してはその符号も直感的に理解が容易であり、それぞれが有意であり、目的地選択において、潜在変数が大きく影響を及ぼすことが確認さ

れた、またこのことから、先の潜在変数推定モデルの有意性が確かめられる。その他の顕在変数については、その符号はむしろ予想に反するものが多いが、これは潜在変数と顕在変数との間に重共線性の問題が起きたためと考えられる。

最後に交通機関選択モデルの推定結果を表-5に示す。各パラメータについては、概して自然な結果となったが、非日常活動の方が日常活動よりもt値はやや低くなっている。特に潜在変数に関してはこの傾向が顕著である。これは買い物などの日常活動に比べて非日常活動は低頻度の活動であり、アンケート調査の段階である程度の誤差が含まれると予想されること、稀な活動のため日常活動ほどには行き易さに対して影響を受けないことなどが原因と考えられる。

	日常活動来訪効用	非日常活動来訪効用
勤務地ダミー	-4.10E-01 (-2.82)	-2.11E-01 (-1.69)
車所要時間	2.45E-02 (10.00)	2.45E-02 (10.89)
自動車費用	3.08E-03 (12.86)	3.21E-03 (13.98)
電車所要時間	4.62E-02 (2.86)	6.46E-02 (3.18)
電車乗換え数	-4.01E-01 (-0.61)	-1.01E+00 (-1.44)
電車費用	9.42E-03 (3.25)	1.51E-02 (4.88)
商店密度	-8.58E-01 (-4.46)	—
スーパー密度	-1.46E-04 (-0.70)	—
自然公園数	—	-2.45E-01 (-2.41)
名所数	—	-7.95E-02 (-1.97)
温泉旅館数	—	-1.02E-02 (-0.59)
車行き易さ(潜)	1.14E-01 (13.56)	1.21E-01 (15.85)
電車行き易さ(潜)	2.52E-01 (4.89)	3.07E-01 (6.28)
日常魅力(潜)	3.96E-03 (6.52)	2.12E-03 (6.22)
非日常魅力(潜)	3.09E-01 (2.11)	5.39E-01 (1.80)
$\frac{\rho^2}{\rho^2}$	2.99E-01	2.26E-01
$\chi^2_{0.05}=2(L(0)-L(\hat{\theta}))$	2.98E-01	2.25E-01
$\chi^2_{0.05}$	1.58E+03	3.66E+03
	5.23E+00	5.89E+00

被験者443人

*それぞれ左側がパラメータ、右側の()内がt値

〈表-4 目的地選択モデルの推定結果〉

	日常活動の機関選択	非日常活動の機関選択
低年齢ダミー	-4.83E-01 (-2.44)	-3.98E-02 (-0.18)
高年齢ダミー	-4.47E-01 (-2.71)	-3.67E-01 (-2.00)
男性ダミー	3.83E-01 (2.00)	5.52E-01 (2.62)
会社員ダミー	2.60E-01 (1.55)	3.07E-01 (1.69)
低収入ダミー	-1.06E-01 (-0.56)	-4.88E-01 (-2.23)
車保有台数	6.05E-01 (4.82)	6.42E-01 (4.49)
家族数	-3.09E-02 (-0.58)	-7.68E-02 (-1.29)
運転頻度	1.16E+00 (7.85)	9.37E-01 (5.69)
勤務地ダミー	-1.34E+00 (-8.23)	-1.10E+00 (-5.80)
車行き易さ(潜)	9.86E-03 (1.82)	-5.55E-03 (-0.86)
電車行き易さ(潜)	2.33E-02 (1.92)	1.31E-02 (1.00)
$\frac{\rho^2}{\rho^2}$	2.03E-01	2.26E-01
$\chi^2_{0.05}=2(L(0)-L(\hat{\theta}))$	2.02E-01	2.25E-01
$\chi^2_{0.05}$	2.74E+02	2.97E+02
	4.58E+00	4.58E+00

被験者443人

*それぞれ左側がパラメータ、右側の()内がt値

〈表-5 交通機関選択モデルの推定結果〉

7. おわりに

本研究では個人の生活圏を分析するために、移動量指標の定性的分析を行なうと共に、主観的要因を考慮した各地域への目的別の来訪頻度を推定する方法論を展開した。この方法は、効用関数の説明変数として、構造方程式から計算される潜在変数を用いており、将来予測においてより実用性が高いと思われる。事例研究においても1つの調査データから全てのモデルの構築を行ったため、潜在変数の共有が可能であり、効率的なモデルシステムが構築できたと思われる。推定結果より、主観的要因である「機関別行き易さ」が向上すれば、発生頻度、機関/目的地選択確率も増大する傾向があることがわかった。また、行き易さは、主にOD間の移動抵抗に規定されており、個人属性によっても変動することが分かった。同様に目的地魅力度も生活圏に影響を与えていることが分かった。以上のように、生活圏を規定する要因が抽出できた。

最後に本研究における今後の課題について述べ、これからの研究において、これらの問題の解消を求めたい。

1) 発生頻度モデルの検討

本稿では重回帰モデルを用いて発生頻度モデル構築したが、その精度をさらに向上させるため、各変数の再表現を行なうと共に、Ordered Logitモデルや、ポアソン回帰モデル等の利用を検討する。

2) 発生、目的地選択、交通機関選択の関係の考慮

本稿では、これら3者は独立に決定されると仮定したが、その仮定を緩和するために、NLの適用や個人に固有な誤差を考慮した上での同時推定が考えられる。なお、NLを適用する場合、そのツリー構造を検討する必要がある。

3) パネル分析の検討

パネル調査を行なうことにより、時系列的相関を考慮した上で、各個人の生活圏域の変動を分析する。

〈参考文献〉

- 1) 北村隆一、飯田克弘、瀬戸公平、大塚祐一郎：時間利用データを用いた個人活動に関する分析一、土木学会第49回年次学術講演概要集第4部、1994。
- 2) Karl G.Joreskog,Dag Sorbom : LISREL VI Users' Guide, 1984.