

# 自転車利用者の選好多様性を考慮した都心商業地の放置駐輪対策に関する研究\*

## A Study on Countermeasures for Reducing the Level of Illegally Parked Bicycles in Central Shopping Areas Taking into Consideration Bicycle Users' Preference Heterogeneity \*

大庭哲治\*\*・中川 大\*\*\*

By Tetsuharu OBA\*\*・Dai NAKAGAWA\*\*\*

### 1. はじめに

手軽で便利な交通手段である自転車は、路上への放置駐輪という深刻な問題を引き起こしており、多くの地域や自治体は、これまで様々な対策を講じてきた。しかしながら、期待するほどの効果は得られておらず、特に、都心商業地では、新たな放置駐輪の増加を招いている地域も少なくない。この理由としては、自転車利用者の放置駐輪対策に対する選好多様性と、現在の放置駐輪対策が切実でないことに一因があると考えられる。

そこで本研究は、京都市の都心商業地に来訪する自転車利用者を対象に、社会的相互作用を考慮した潜在クラスモデル (Latent Class Model) を用いて、放置駐輪対策に対する選好多様性を明らかにすることを目的とする。

### 2. 既往研究のレビューと本研究の特徴

放置駐輪問題を扱う既往研究は、放置駐輪に関する実態調査・意識調査<sup>1)</sup>をはじめ、放置駐輪の問題構造に着目した研究<sup>2)</sup>、放置駐輪対策としての撤去<sup>3)</sup>や心理的コミュニケーション<sup>4)</sup>に着目した研究など、都市・交通工学や土木計画学の分野で多くの蓄積がある。中でも、放置駐輪行動に着目し、その規定因の解明を目指した研究としては、家田・加藤<sup>5)</sup>、内田ら<sup>6)</sup>、福田ら<sup>7)</sup>などが挙げられる。これらの研究は、放置駐輪行動に影響を与える項目として、個人属性や心理的要因のほか、撤去回数など放置駐輪対策の内容についても客観的に明らかにしているが、代表的個人を想定して検討しており、自転車利用者の放置駐輪対策に対する選好多様性については考

慮していない。また、実態調査を除く既往研究の多くは、主に鉄道駅利用を目的とする駅前放置駐輪を対象としており、京都市都心部のような、都心商業地での放置駐輪を対象としている研究は非常に少ない。

以上、既往研究のレビューにより、本研究の特徴としては、“都心商業地に来訪する自転車利用者を対象に、社会的相互作用を考慮した潜在クラスモデルを用いて、放置駐輪対策に対する選好多様性を定量的に明らかにしている点”であるといえる。

### 3. モデルの概要

本研究は、都心商業地に来訪する自転車利用者の放置駐輪対策に対する選好多様性を明らかにするため、主にマーケティング科学<sup>8)</sup>などの分野で研究蓄積の多い、潜在クラスモデルを応用する。このモデルは、各個人を幾つかのクラスに分類して、各個人がそれぞれのクラスに帰属する確率と各クラスを代表するパラメータを同時に推定することで、クラス間の選好多様性を説明したモデルである。本研究は、このモデルに、先行研究で福田ら<sup>7)</sup>が考慮した意思決定における他者の放置駐輪状況の影響も考慮するため、Brock and Durlauf<sup>9)10)</sup>が提示した社会的相互依存関係を個人の効用関数に組み込む。以下に、本研究で用いるモデルの概要について示す。

まず、母集団内には  $S$  個の選好が同質的なクラスが存在し、回答者  $n$  はあるクラス  $s$  ( $s = 1, 2, \dots, S$ ) に属していると仮定する。このとき、クラス  $s$  に属している回答者  $n$  が選択肢  $i$  を選択したときの効用関数を  $V_{n|s}$  とし、次式のようなランダム効用関数を考える。

$$V_{n|s} = \beta'_s \mathbf{x}_{ni} + \varepsilon_{n|s} \quad (1)$$

このとき、クラス  $s$  における条件付ロジットモデルの選択確率  $P_{n|s}(i)$  は、以下のように定式化される。

$$P_{n|s}(i) = \frac{\exp(\mu_s \beta'_s \mathbf{x}_{ni})}{\sum_{k \in C} \exp(\mu_s \beta'_s \mathbf{x}_{nk})} \quad (2)$$

\*キーワード：放置駐輪，都心商業地，選好多様性，潜在クラスモデル，社会的相互作用

\*\*正員，博士（工学），京都大学大学院工学研究科  
（京都市西京区京都大学桂 Cクラスター，  
TEL075-383-3227，FAX075-383-3227）

\*\*\*正員，工博，京都大学大学院工学研究科  
（京都市西京区京都大学桂 Cクラスター，  
TEL075-383-3226，FAX075-383-3227）

ただし、 $\beta_s$  はクラス  $s$  に固有の未知パラメータ、 $\mathbf{x}_m$  は回答者  $n$  が選択肢  $i$  を選択したときの属性ベクトル、 $\varepsilon_{mis}$  は誤差項である。また、 $\mu_s$  はクラス  $s$  に固有のスケールパラメータである。

続いて、各個人をあるクラス  $s$  に分類するメンバーシップ関数を考える。どのクラスに属するかを説明する属性ベクトル  $\mathbf{z}_n$  には、個人属性のみならず、心理的要因も含む。このとき、回答者  $n$  がクラス  $s$  に属するときのメンバーシップ関数  $M_{ns}$  は、以下のように定式化される。

$$M_{ns} = \gamma'_s \mathbf{z}_n + \xi_{ns} \quad (3)$$

ただし、 $\gamma_s$  は未知パラメータ、 $\xi_{ns}$  は誤差項である。このとき、回答者  $n$  がクラス  $s$  に属する確率  $P_{ns}$  は、以下のように定式化される。

$$P_{ns} = \frac{\exp(\lambda \gamma'_s \mathbf{z}_n)}{\sum_{g=1}^S \exp(\lambda \gamma'_g \mathbf{z}_n)} \quad (4)$$

ただし、 $\lambda$  はスケールパラメータである。次いで、回答者  $n$  がクラス  $s$  に属し、選択肢  $i$  を選択する場合の結合確率  $P_{ns}(i)$  は、 $P_{ns}(i) = P_{ns} \cdot P_{n|s}(i)$  で表されるため、回答者  $n$  が選択肢  $i$  を選択するときの選択確率  $P_n(i)$  は、以下のように定式化される。

$$P_n(i) = \sum_{s=1}^S \left\{ \frac{\exp(\lambda \gamma'_s \mathbf{z}_n)}{\sum_{g=1}^S \exp(\lambda \gamma'_g \mathbf{z}_n)} \right\} \left\{ \frac{\exp(\mu_s \beta'_s \mathbf{x}_{ni})}{\sum_{k \in C} \exp(\mu_s \beta'_s \mathbf{x}_{nk})} \right\} \quad (5)$$

ここで、本研究は他者の放置駐輪状況の影響も考慮するため、Brock and Durlauf<sup>9),10)</sup>の提示した社会的相互依存関係を表す  $S(\omega_n, \bar{m}_n^e)$  をランダム効用関数を表す式

(1) に組み込む。ただし、 $\omega_n$  は、回答者  $n$  の二項選択行動の結果を示す変数で、選択肢1を選択した場合には+1、選択肢2を選択した場合には-1の値をとる。また、 $\bar{m}_n^e$  は、回答者  $n$  の準拠集団の選択比率に対する主観的期待値であり、この  $\bar{m}_n^e$  を用いて、 $S(\omega_n, \bar{m}_n^e)$  は以下のように定式化される。なお、準拠集団とは、個人の行動や意思決定に影響を与える集団のことを意味する。

$$S(\omega_n, \bar{m}_n^e) = J \omega_n \bar{m}_n^e \quad (6)$$

ただし、 $J$  は未知パラメータで、この  $J$  が正の場合には多数が選択している集団行動に同調する傾向があり、0の場合には社会的相互作用が無く、負の場合には少数が選択している集団行動に同調する傾向（差別化傾向）

があることを意味する。なお、選択肢1を表明する構成員の主観的な割合を  $\bar{p}_n^e$  で表せば、 $\bar{m}_n^e$  は以下のように定式化される。

$$\bar{m}_n^e = 2\bar{p}_n^e - 1 \quad (7)$$

ここで、回答者は他者とは相談せずに選択の意思決定を行うとともに、回答者  $n$  が意思決定する際に受ける社会的相互作用による影響度は、準拠集団の全構成員で同一であると仮定する。このとき、式 (5) で表される回答者  $n$  の選択行動  $\omega_n$  に対する選択確率  $P(\omega_n)$  は、以下のように定式化される。

$$P(\omega_n) = \sum_{s=1}^S \left\{ \frac{\exp(\lambda \gamma'_s \mathbf{z}_n)}{\sum_{g=1}^S \exp(\lambda \gamma'_g \mathbf{z}_n)} \right\} \times \left\{ \frac{\exp\{\mu_s (\beta'_s \mathbf{x}_n \omega_n + J \omega_n \bar{m}_n^e)\}}{\sum_{v_i \in \{+1, -1\}} \exp\{\mu_s (\beta'_s \mathbf{x}_n v_n + J v_n \bar{m}_n^e)\}} \right\} \quad (8)$$

本研究は、二項選択による社会的相互作用を考慮した潜在クラスモデルを用いて、自転車利用者の放置駐輪対策に対する選好多様性を定量的に明らかにする。

#### 4. 放置駐輪対策に対する選好多様性の把握

##### (1) アンケート調査の実施概要

本研究は、**図 1**に示す京都市都心商業地に来訪する自転車利用者の放置駐輪対策に対する選好多様性を評価するため、自転車での来訪が可能な京都市中心部から概ね半径5km以内のエリアに居住する10歳以上の京都市民を対象にアンケート調査を実施した。3,000部のアンケート調査票をランダムなポスティングにより無作為に配布した。配布回収方法、回収率など、アンケート調査の実施概要を**表 1**に示す。

##### (2) シナリオ設定と有効回答サンプルの選定

社会的相互作用を考慮した潜在クラスモデルに適用するデータを取得するため、京都市都心商業地における放置駐輪状況を示した上で、**図 2**に示す、周辺の放置駐輪状況、撤去回数、引き取り手数料、地域巡回の4属性で構成する仮想的な放置駐輪対策を提示し、その状況下での回答者の放置駐輪意向を尋ねた。なお、4属性について、周辺の放置駐輪状況については、“誰も放置駐輪をしていない”から“その場を訪れる人の全員が放置駐輪”までの5種類、撤去回数については、1ヶ月あたり1回、3回、5回の3種類、引き取り手数料については、1,000円、

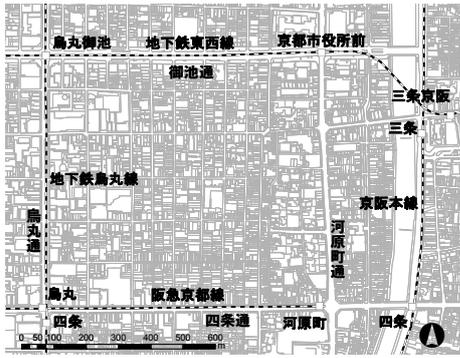


図 1 本研究の対象地域（京都市都心商業地）

表 1 アンケート調査の実施概要

配布対象地域	京都市都心商業地から概ね半径5km以内のエリア (北区, 上京区, 左京区, 中京区, 東山区, 下京区, 右京区)
回答対象者	対象地域に居住する世帯の中で10歳以上の方
配布回収方法	ポスティングによる無作為配布, 郵送による回収
実施期間	平成19年12月15日~12月25日
配布部数	3,000部
回収率	25.2%(回収756部/配布3,000部)

問 19 あなたは都心部に普段通り駐輪する場合、もし以下のような状況であれば、「1: 駐輪場に駐輪する」、「2: 放置駐輪する」、「3: 自転車利用を控える」のいずれを選びますか? AからEのそれぞれの状況につき、当てはまるものに○を1つ付けてください。

状況	周辺の 放置駐輪状況 (周囲の半径約50m内)	撤去 回数 (月)	引き取り 手数料 (円)	巡回 チェック の有無	回答欄 1: 駐輪場に駐輪する 2: 放置駐輪する 3: 自転車利用を控える
記入例	その場を訪れる人の 1/4の人が放置駐輪	1	2,300円	なし	1 ② 3
A	誰も放置駐輪を していない	1	1,000円	あり	1 2 3
B	その場を訪れる人の 1/4の人が放置駐輪	1	1,000円	なし	1 2 3
C	誰も放置駐輪を していない	3	4,000円	なし	1 2 3
D	その場を訪れる人の 3/4の人が放置駐輪	3	2,000円	あり	1 2 3
E	その場を訪れる人の 全員が放置駐輪	5	2,000円	あり	1 2 3

図 2 実際に使用した放置駐輪意向を尋ねる設問

2,000円, 4,000円の3種類, 地域巡回については“あり”と“なし”の2種類を設定した。また, 4属性の組み合わせが多数にのぼるため, 直交要素設計法に基づき, 直交性を保った15種類の組み合わせを作成し, そのうち5種類を回答者に提示した。

続いて, 有効回答サンプルの選定にあたり, 回収した756人のサンプルから, まず仮想状況下での回答者の放置駐輪意向に関する設問において未回答であったサンプルを除外した。次いで, 説明変数となりうるフェイスシートや基礎質問において未回答であったサンプルを除外した。その結果, 590人の有効回答サンプルを得た。設問では, 5種類の異なる状況を回答者に提示しているため, 2,950サンプルを分析に適用した。

### (3) パラメータの推定

上記のサンプルを用いて, ランダム効用関数及びメンバーシップ関数の未知パラメータを推定する。ここで, 誤差項のスケールパラメータ  $\mu_n$  及び  $\lambda$  を1に基準化することで, 式 (8) で表される回答者  $n$  の二項選択モデルは, 以下のように再定式化される。

$$P(\omega_n) = \sum_{s=1}^S \left\{ \frac{\exp(\gamma'_s \mathbf{z}_n)}{\sum_{g=1}^S \exp(\gamma'_g \mathbf{z}_n)} \right\} \times \left\{ \frac{\exp\{\omega_n(\beta'_s \mathbf{x}_n + Jm_n)\}}{\sum_{v_s \in \{+1, -1\}} \exp\{v_n(\beta'_s \mathbf{x}_n + Jm_n)\}} \right\} \quad (9)$$

なお, アンケート調査票では三項選択で尋ねているが, 分析にあたり, “放置駐輪をする”及び“放置駐輪をしない”の二項選択に読み替えたデータを式 (9) に適用する。また, 式 (9) には, 内生変数  $m_n$  をモデル内に含むため, Naive推定量の考え方に従って, 特定化した外生変数  $\bar{m}_n$  を用い, クラス数を外生的に与えることで, 効用パラメータ  $\beta_s$  及び  $J$  とメンバーシップ関数のパラメータ  $\gamma_s$  を最尤推定法により同時に推定する。クラス数は赤池の情報量基準 (Akaike's Information Criterion) やベイズ情報量基準 (Bayesian Information Criterion) を用いて, 探索的に最小の値となるクラス数を決定する。

本研究は, この Naive 推定量を求めるため, 外生変数  $\bar{m}_n$  として, アンケート調査の設問で提示した仮想的な周辺の放置駐輪状況の値を用い, また, 撤去回数, 引き取り手数料, 地域巡回の値をランダム効用関数の属性ベクトルに用いた。さらに, メンバーシップ関数の属性ベクトルには, アンケート調査におけるフェイスシートや基礎質問の回答結果から作成した。なお, アンケート調査で尋ねた自転車利用者の駐輪意識の項目については, その評価値をもとに確認的因子分析を行い, 得られた表 2に示す 3 つの因子の得点を説明変数として適用している。以上の条件のもと, 全ての変数を説明変数として適用したモデルでパラメータを推定した上で, 有意な変数のみを再度適用し, 説明変数及びクラス数の組み合わせを試行しながら, 最終的に得られたパラメータの推定結果を表 3に示す。

潜在クラスモデルの適合度は, クラス数が3のときに最も高い値を示し, 尤度比は 0.238 であった。この結果は, 通常のロジットモデルによる結果と比較しても, モデルとして高い適合度を有している。次いで, 各クラスに着目すると, 変数の符号条件や  $t$  値より, 引き取り手数料を高く評価している Class1 (60.2%), 撤去回数や地域巡回を高く評価している Class2 (21.9%), 周囲の放置駐輪状況を高く評価している Class3 (17.9%) の3クラスが存在することが明らかになった。

Class1 は, 放置駐輪の経験が少ないほど, 放置駐輪を無くしたほうが良いと思うほど, 第2因子が表す撤去リスクを高く認識するほど, そして第3因子が表す公共心が強いほど, Class1 に分類される確率が高いことを意味している。このクラスに属する回答者は, 日頃から放置

駐輪をしない傾向にあると推察されるため、万が一撤去されてしまった場合における引き取り手数料を高く評価していることがわかる。

Class2 は、放置駐輪の経験が少ないほど、そして第2因子が表す撤去リスクを高く認識するほど、Class2 に分類される確率が高いことを意味している。このクラスに属する回答者は、日頃から撤去リスクを念頭において駐輪する傾向にあると推察されるため、撤去回数や地域巡回を高く評価していることがわかる。したがって、Class2 に属する回答者には、撤去回数や地域巡回の更なる強化が放置駐輪の削減対策として有効であるといえる。

Class3 は、Class1 や Class2 の属性とは反対にあるほど、Class3 に分類される確率が高いことを意味している。このクラスに属する回答者は、日頃から放置駐輪をする傾向にあると推察されるため、J の符号条件が正で係数及びt値が大きいことから、周囲の放置駐輪状況を高く評価していることがわかる。したがって、Class3 に属する回答者には、Class2 とは異なり、撤去回数や地域巡回の強化よりも、監視性や領域性を確保して周囲の放置駐輪を減らすことや、あるいは放置駐輪を見つけさせないことが放置駐輪の削減対策として有効であるといえる。

表 2 確認的因子分析の結果

変数名	第1因子	第2因子	第3因子	独自因子の分散
A. 駐輪場所から目的地までの距離	0.042	-	-	0.470
B. 他自転車の放置駐輪の程度	1.833	-	-	-1.188
C. 放置自転車の取り締まり	-	0.889	-	0.113
D. 自転車が盗難にあう危険性	-	0.422	-	0.514
E. 周辺の景観の阻害	-	-	0.768	0.294
F. 歩行者の安全な通行の妨げ	-	-	0.771	0.159
G. 緊急車両進入の妨害	-	-	0.668	0.258
因子間相関係数	第1因子	第2因子	第3因子	
	1.000	-	-	
	0.194	1.000	-	
	0.324	0.413	1.000	
適合度指標	$\chi^2=63.627, df=11, p<0.001$ GFI=0.970, AGFI=0.923, RMSEA=0.090			

表 3 パラメータの推定結果

変数名	変数内容	Class1		Class2		Class3		全体	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
ランダム効用関数									
J	周辺の放置駐輪状況	0.79	3.08	0.80	4.16	2.69	8.52	0.89	12.15
Removal	撤去回数	-0.03	-0.25	-0.95	-6.47	-0.04	-0.45	-0.19	-5.93
Payment	引き取り手数料の対数	-0.41	-5.01	0.33	5.01	0.15	3.07	-0.66	-6.84
Patrol	地域巡回	-0.32	-0.79	-1.46	-4.49	0.58	2.13	-0.42	-3.93
メンバーシップ関数									
Constant	定数項	-5.39	-5.38	-2.54	-2.25	-	-	8.22	9.77
Experience	放置駐輪の経験(普段からよくしている場合1)	-1.62	-3.20	-1.45	-2.45	-	-	1.05	6.02
Visit	都心部への自転車での訪問頻度(週1回以下の場合1)	0.53	1.69	0.13	0.34	-	-	-0.30	-2.59
Consciousness	放置駐輪に対する考え(無くしたほうが良いと思う場合1)	0.67	2.36	0.04	0.11	-	-	-0.41	-3.78
Inshi1	第1因子の因子得点	-0.19	-1.54	-0.12	-0.77	-	-	0.08	1.83
Inshi2	第2因子の因子得点	0.33	2.05	0.59	2.82	-	-	-0.20	-3.31
Inshi3	第3因子の因子得点	0.76	5.85	0.11	0.75	-	-	-0.43	-9.57
Classの割合(%)		60.2%		21.9%		17.9%		-	
サンプル数(回答者数)				2,950(590)				2,950(590)	
				-1130.519				-1313.387	
				0.238				0.164	
赤池の情報量基準, ベイズ情報量基準				0.784, 0.837				0.898, 0.920	

注) 5%水準以下で有意な係数は、色つきセルで表示している。また、メンバーシップ関数はClass3のパラメータを0に基準化している。

## 5. おわりに

本研究は、京都市の都心商業地に来訪する自転車利用者を対象に、社会的相互作用を考慮した潜在クラスモデルを用いて、放置駐輪対策に対する選好多様性を分析した。その結果、回答者は個人属性や心理的要因の違いによって、3つのクラスに分類され、それぞれ放置駐輪対策に対して、異なった選好を示していることを明らかにした。また、クラス別の放置駐輪削減対策を検討した。

## 参考文献

- 1) 阿部宏史, 栗井睦夫, 辻和秀, 安井孝規: 岡山市都心部における放置自転車の現状と自転車利用者の駐輪意識, 土木計画学研究・論文集 Vol.19 No.4, pp.603-611, 2002.
- 2) 藤井 聡: 放置駐輪問題と社会的ジレンマ, 都市計画 Vol.51 (3), pp.17-20, 2002.
- 3) 室町泰徳: 違法路上駐輪の撤去活動の認知レベルが鉄道駅前地区アクセス交通手段選択に与える影響に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集 No.41-1, pp.37-42, 2006.
- 4) 萩原 剛, 藤井 聡, 池田匡隆: 心理的方略による放置駐輪削減施策の実証的研究: 東京メトロ千川駅周辺における実務事例, 交通工学 Vol.42 (4), pp.89-98, 2007.
- 5) 家田 仁, 加藤浩徳: 大都市郊外駅へのアクセス交通における自転車利用者行動の分析, 日本都市計画学会都市計画論文集 No.30, pp.643-648, 1995.
- 6) 内田武史, 細見 昭, 黒川 洸: 違法駐輪に関する意識を考慮した自転車利用者の駐輪場所選択行動特性分析, 土木計画学研究・論文集 Vol.19 No.3, pp.409-414, 2002.
- 7) 福田大輔, 上野博義, 森地 茂: 社会的相互作用存在下での交通行動とミクロ計量分析, 土木学会論文集 No.765/IV-64, pp.49-64, 2004.
- 8) 例えば, 阿部 誠, 近藤文代: マーケティングの科学—POSデータの解析—, 朝倉書店, pp.147-156, 2005.
- 9) Brock, W.A. and Durlauf, S.N.: Discrete Choice with Social Interactions, Review of Economic Studies Vol.68, pp.235-260, 2001.
- 10) Brock, W.A. and Durlauf, S.N.: Interactions-Based Models, in J.Heckman and E.Leamer (eds.), Handbook of Econometrics Vol.5, Chapter54., 2001.