社会的相互作用を考慮した離散選択モデル　ー違法駐輪行動の計量分析ー

金沢大学　学生会員　○島村 博徳
金沢大学　正会員　高山 雄貴

1. はじめに

多数の交通行動のなかでも，社会的ジレンマの代表例に，放置駐輪行動がある．放置駐輪行動において，駐輪場整備・取り締まりの強化といった対策が効果的でないこと，類似した環境の駅でも放置状況が大きく異なることが観察される．こうした現象の一因として，社会的相互作用の存在が多くの既存研究からも示唆される．

社会的相互作用とは，「個人の効用あるいは利得が，準拠集団内の他人の行動に依存している状況」を指す．相互作用の重要性は古くから認められており，社会学や心理学では，同調効果・頻度依存効果・社会的圧力などと称される．社会的相互作用について計量分析を行った既存研究の一つに Fukuda and Morichi[1] が挙げられる．しかし，福田ら自身も言及している問題点として，複数存在する均衡解の安定性解析が行えておらず，パラメータ推定の信頼性が低いことが挙げられる．

そこで本研究では，進化ゲーム理論の知見による安定性解析を応用した，社会的相互作用の計量分析を行うことを目的とする．そのために，Brock and Durlauf[2] に基づく二項選択モデルを構築する．その後，進化ゲーム理論に基づく安定性解析により，実現し得る均衡解の選択を行う．より具体的には，本モデルにポテンシャル関数が存在することを利用して，複数存在する均衡解のうち，確率安定的な均衡解の選択を行う．その後，Fukuda and Morichi[1] の実データを用いたパラメータ推定を行う．

2. モデル

(1) 設定

Brock and Durlauf[2] に従い，本研究で使用する駐輪場所選択モデルの設定を示す．駐輪者は，駐輪場所を次の効用 $V_i(x_i)$ に基づいて選択するものとする．なお，下付き添え字 i によって，駐輪者が放置駐輪｛する｝｛しない｝を区別するものとする:

$$V_i(x_i) = u_i + S_i(x_i) + \varepsilon_i \tag{1}$$

ここで，u_i は駐輪者の性別，年齢，職業，居住年数，駅までの移動時間といった私的動機に依存する確定的効用項，$S_i(x_i)$ は他の駐輪者による相互作用を受ける社会的相互作用項，ε_i はランダム項である．ここで，社会的相互作用による効用が放置駐輪｛する｝｛しない｝を選択する人数 x_i にのみ依存すれば，α_i を未知パラメータとして，以下のように特定化される:

$$S_i(x_i) = \alpha_i x_i \tag{2}$$

ここで，α_i を正と仮定すれば，確かに，違法駐輪｛する｝｛しない｝人が多いほど，違法駐輪｛する｝｛しない｝効用が増加することが明らかである．

式 (1) のランダム項 ε_i は，すべての駐輪者において，独立かつ同一の Gumbel 分布に従うと仮定する．すると，駐輪者が放置駐輪｛する｝｛しない｝を選択する確率は，スケールパラメータを 1 とする仮定のもと，次の Logit 型の選択関数で与えられる:

$$P_i(x_i) = \frac{\exp[u_i + \alpha_i x_i]}{\sum_i \exp[u_i + \alpha_i x_i]} \tag{3}$$

(2) 均衡条件

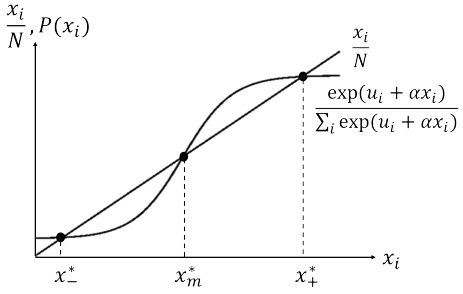
均衡条件は，駐輪者が放置駐輪｛する｝｛しない｝を選択する人数 x_i が，選択確率 $P_i(x_i)$ に駐輪者の総数 N を乗じたものと一致するときであり，以下の式で与えられる:

$$\frac{x_i}{N} = \frac{\exp[u_i + \alpha_i x_i]}{\sum_i \exp[u_i + \alpha_i x_i]} \tag{4}$$

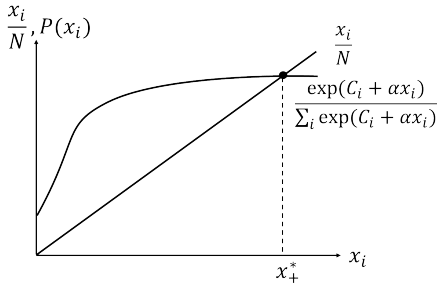
上式を満たすような均衡解は，Fukuda and Morichi[1] でも指摘されているように，複数種類存在する．実際，パラメータ α_i の値に応じて，図-1 に示す通り，最大で 3 つの解 $(x^*_-, x^*_m, x^*_+; x^*_- < x^*_m < x^*_+)$ が確認できる．ここで，x^*_- は放置駐輪する人数が少ない均衡を，x^*_m は放置駐輪｛する｝｛しない｝人がほぼ同一人数の均衡を，x^*_+ は放置駐輪する人数が多い均衡を表す．

(3) 安定均衡状態

複数の均衡解のうち，実際に起こり得るものか否かの識別をすべく，解の安定性を調べる必要がある．均衡解の局所的な安定性は，ある初期状態（ある均衡解を一つ選択し，僅かに値をずらしたもの）を与えたとき，その均衡状態に収束するか否かを調べることで判断できる．初期状態がその均衡解に収束する場合は，局所的安定均衡解であり，収束しない場合は，不安定均衡解である．この安定性を解析する方法として，進化ゲーム理論の知見 [3] であるポテンシャル関数を用いる．モデルにポテンシャル関数 $f(x)$ が存在するとき，$f(x)$ を局所的に最大にするような x が局所的安定均衡解となることが知られている．

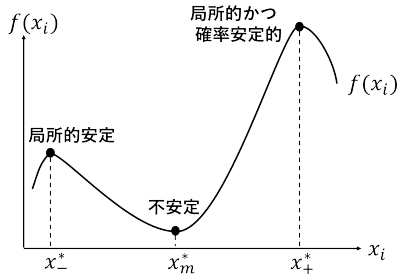


図–**1**-a 複数均衡解を有するケース

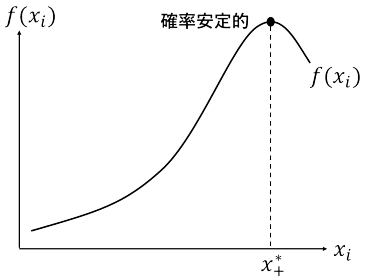


図–**1**-b 均衡解が唯一のケース

図–1 社会的相互作用を考慮した離散選択モデルの均衡状態



図–**2**-a 図-1-a に対するポテンシャル関数



図–**2**-b 図-1-b に対するポテンシャル関数

図–2 社会的相互作用を考慮した離散選択モデルのポテンシャル関数

本研究では，設定したモデルに以下のポテンシャル関数が存在することを利用する:

$$f(x_i) = \frac{1}{2}\alpha \sum_i {x_i}^2 + u_i \sum_i x_i - \sum_i x_i \ln x_i \quad (5)$$

ここで，$-\sum_i x_i \ln x_i$ は選択の不確定性によるエントロピー関数である．図-1 に対応するポテンシャル関数を図-2 に示す．図-2-a より，本モデルには局所的安定均衡解が複数存在し得ることがわかる．

既存研究 [3] より，ポテンシャル関数を大域的に最大とする均衡解が確率安定的であると解明されている．したがって，確率安定的な均衡は唯一に定まる．そこで本研究では，確率的安定性の概念を用いた均衡選択を行う．その後，信頼性の高いパラメータ推定を行う．

3. 使用するデータ

Fukuda and Morichi[1] と同一のアンケート結果を使用する．アンケート内容について端的に言うと，東京都内の駅周辺部在住の世帯を対象に，各駅に自転車でアクセスする際の駐輪場所選択行動に関する意識調査である．アンケートは東京都内の 3 駅（巣鴨・田端・綾瀬）を対象しており，これらの駅の選定方法については，自転車利用率が高く，かつ放置駐輪率が異なることに留意している．対象地域内の 8,000 世帯を対象にポスティング配布を行い，有効サンプル数は 1,616 である．各駅の基礎的な集計結果と空間的性質の一部を，表-1 に示す．

表–1 各駅の社会属性の比率・平均値（括弧内は標準偏差）

	放置率	男性比率	通勤・通学者比率	平均居住年数（年）	平均徒歩時間（分）	平均自転車利用頻度（日/週）	平均駐輪時間（時間/回）	駐輪場利用料金（円）
巣鴨駅				2.50	14.2	2.07	3.81	
(n=771)	76.9%	40.6%	28.0%	[1.31]	[4.2]	[1.69]	[3.83]	2,500
田端駅				2.88	18.9	2.21	6.11	
(n=345)	31.0%	48.8%	34.7%	[1.19]	[5.4]	[1.97]	[4.30]	1,500
綾瀬駅				2.38	19.0	2.34	4.83	
(n=500)	15.4%	41.0%	38.0%	[1.22]	[5.2]	[1.82]	[4.14]	2,100
				2.54	16.6	2.18	4.61	
合計	48.1%	42.4%	32.5%	[1.27]	[5.3]	[1.79]	[4.13]	

4. おわりに

本研究では，駐輪場所選択モデルの構築を行い，均衡状態が必ずしも一意ではないことの確認をした．その後，均衡選択のために，モデルの持つポテンシャル関数の存在を明らかにした．

パラメータ推定の結果については，発表時に紹介する予定である．

参考文献

1) Fukuda, D. and Morichi, S.: Incorporating aggregate behavior in an individual ' s discrete choice: An application to analyzing illegal bicycle parking behavior, *Transportation Research Part A*, Vol. 41, pp. 313-325, 2007.
2) Brock, W. and Durlauf, S.: Discrete Choice with Social Interaction, *Review of Economic Studies*, Vol. 68, pp. 235-260, 2001.
3) Sandholm, W.: *Population Games and Evolutionary Dynamics*, MIT Press, 2010.