

社会的相互作用の影響に関するミクロ計量分析：自転車駐輪行動をケース・スタディとして*

Micro-Econometric Analysis of Social Interaction with An Application to Bicycle-Parking Behavior*

福田大輔**・上野博義***・森地茂****

By Daisuke FUKUDA**, Hiroyoshi UENO*** and Shigeru MORICHI****

1. はじめに

大都市の鉄道駅周辺における放置自転車の発生は、駅前交通の錯綜、緊急時の交通障害、駅前景観の破壊等の社会問題を引き起こしており、放置自転車削減への社会的要請は強い。これを受け、各自治体は駐輪場整備やキャンペーン等を行っている。しかし、このような努力にも関わらず、放置自転車の状況はなかなか改善されていない。

このような膠着状況が生じている理由の一つとして、放置自転車問題が典型的な社会的ジレンマ問題であることが考えられよう。すなわち、「周囲の人間が路上駐輪しているから、自分もそれに同調しよう」という心理、すなわち、社会的相互作用が強く影響した結果、個人としては路上駐輪する方が得策であるものの、だからといって全員が路上駐輪すると、全員が駐輪場を利用するときよりも状況は悪くなるという状況が生じてそこから脱却できないという、社会心理学で云われる欠陥均衡状態¹⁾に Rock-in しているためであると考えることができる。

上記のような問題に対する解決策を見出すために、本研究では、社会的相互作用を内生的に考慮可能な離散型の選択モデルを構築し、違法駐輪問題を例として、社会的ジレンマ状況を改善するための政策介入の在り方に関する実証的考察を行う。

2. 本研究の位置付け

都市圏全体で見た場合には、違法駐輪状況は慢性化していると思われるであろうが、一方で、個別に

調査すると、放置自転車の状況は駅によって大きくばらついており、乗入台数に占める放置台数の割合も大きく異なっている。例えば、同程度の違法駐輪対策が施されていると想像される同一行政区域内でも、駅によって放置率は大きく異なっている。すなわち、駐輪場整備や取締り強化等の対策にもかかわらず状況が改善されない場合が多い；類似した環境であっても、場所によって放置状況が大きく異なる（地域差の発生）；等の特徴が見られる。

社会的ジレンマ研究の視点に立てば、上記に関しては、意思決定主体間の強い相互作用によって欠陥均衡から脱却できないため、に関しては、強い相互作用のために複数の安定状態が存在し、欠陥均衡に陥っている状況と望ましい状態で安定している状況が混在しているためであると説明できよう。

本研究では、上記のような状況を考慮可能な離散選択モデルを用いて分析を行う。その際に参考とするのが、Brock and Durlauf^{2),3)}である。彼らは、社会的相互作用（特に Global Interaction の影響）を考慮可能な二項選択型のモデルを提案している。モデルの特徴として、(a)モデルの識別問題に柔軟に対処可能である；(b)個人の行動が他人に影響し、それがまた当人に影響するという“内生性”を、合理的期待均衡の仮定を通じて定式化し、相互作用の結果生じ得る複数均衡解を導出している；(c)実証分析への適用が可能である；等が挙げられる。特に、特徴(b)により、社会心理学で云われる欠陥均衡状態から、社会的により望ましい状態へ移行するためにはどの程度の政策介入を行えばよいのかを実証的に考察することが可能となる。本研究では、Brock and Durlauf の方法論を発展させ、自転車利用者間の社会的相互作用を考慮した駐輪場所選択行動モデルを構築する。加えて、個人のミクロな選択と集団のマクロな選択シェアとの関係に着目し、社会的ジレンマ状況からの脱却の可能性に関する実証的考察を行う。

*Keywords：交通行動分析, 社会的相互作用, 同調行動, 社会的ジレンマ
**正会員 修(工), 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻
(〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1 Tel: 03-5734-2693 Fax: 03-5734-3578)
***非会員 修(工), 株式会社大和総研人事人材開発室
(〒135-8460 江東区冬木 15-6 TEL: 03-5620-5100 Fax: 03-5620-5603)
****フェロー 工博, 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻
(〒113-8656 文京区本郷 7-3-1 Tel: 03-5841-6125 Fax: 03-5841-7453)

3. モデルの定式化

以下、変数の表記は原則として Brock and Durlauf³⁾に従う。 ω_i を行動主体 i の選択結果を示す二項変数とし、自転車利用者 i が駐輪場に駐輪したとき+1、路上に駐輪したとき-1をとるように設定しよう。

また、各行動主体の効用関数を以下のような線形加算型を用いて表す。

$$V(\omega_i) = u(\omega_i) + S(\omega_i, \bar{m}_i^e) + \varepsilon(\omega_i) \quad (1)$$

ここで、 $u(\omega_i)$ は個人の私的動機のみに基づく確定効用項、 $S(\omega_i, \bar{m}_i^e)$ は構成員全体の選択結果に基づく効用項(社会的相互作用項)、 $\varepsilon(\omega_i)$ は誤差項である。誤差項は、全ての構成員間で独立かつ同一のガンベル分布に従っているものと仮定する。また、 \bar{m}_i^e は主体 i が他者の選択行動の集計結果に対して抱く主観的期待である。以後、 J を未知パラメータとし、社会的相互作用の項を次のように特定化する。

$$S(\omega_i, \bar{m}_i^e) = J\omega_i\bar{m}_i^e \quad (2)$$

意思決定の時点においては、各行動主体は自分自身の誤差項の値は認識しているものとし、他者の平均的な選択結果に対する主観的期待を与件として意思決定を行う。その際、個人間で各自の意思決定に関するコミュニケーションを行うことは無いものとする。すると、主体 i が行動 ω_i を選択する確率は、 β をガンベル分布のスケールパラメータとして次式で与えられる。

$$\Pr(\omega_i) = \frac{\exp(\beta(u(\omega_i) + J\omega_i\bar{m}_i^e))}{\sum_{v_i \in \{+1, -1\}} \exp(\beta(u(v_i) + Jv_i\bar{m}_i^e))} \quad (3)$$

ここで、 $h+k=u(+1)$ 及び $-h+k=u(-1)$ を満たすように h, k を与え、式(3)から $u(\cdot)$ を消去する。さらに、各行動主体 i に対して選択結果 ω_i の期待値を考えると次式のように表すことができる。但し、ここでは主体 i が準拠集団内の他の主体 j の行動結果に対して抱く期待選択結果 $m_{i,j}^e$ を、与件と考えている。ここで $m_{i,j}^e$ は、期待協力率(駐輪場に停車する比率)を $p_{i,j}^e$ としたときに、 $m_{i,j}^e = 2p_{i,j}^e - 1$ という関係式で表される変数である。

$$E[\omega_i] = \tanh(\beta h + \beta J(I-1) \sum_{j \neq i} m_{i,j}^e) \quad (4)$$

但し、 I は準拠集団の構成員の総数である。

さらに、各行動主体が他者の行動に対して抱く期待が客観的な数学的期待値に一致するという合理的

期待の形成、すなわち $m_{i,j}^e = E[\omega_j]$ の成立を想定すれば、式(4)は以下のように再定式化される。

$$E[\omega_i] = \tanh(\beta h + \beta J(I-1) \sum_{j \neq i} E[\omega_j]) \quad (5)$$

対称性より、最終的に次の均衡方程式が導出される。

$$m^* = \tanh(\beta h + \beta J m^*) \quad (6)$$

ここで $m^* = 2p^* - 1$ とおけば、 p^* は、均衡状態における準拠集団の駐輪場利用者比率(協力率)を表す。

この方程式は、パラメータ β, h, J の符号、及び、それらの大小関係次第で、最大3つの複数均衡解を持つことが知られている(図-1)。例えば、(a)方程式が唯一解しか持たない場合、その解は局所的に安定；(b)3つの解(m^*, m_m^*, m_+^* ; $m^* < m_m^* < m_+^*$)を持つ場合、 m^*, m_+^* は局所的に安定、 m_m^* は局所的に不安定；等の代表的性質を有している。これらの性質に基づき、各準拠集団の集計的な行動結果は、初期値と不安定均衡点との大小関係によって、今後、現状からどちらの均衡状態(m^* もしくは m_+^*)へと移行していくのかを推察することができる。また、これら複数均衡解の存在が、地域差を説明していると解釈することもできる。

さらに、この均衡方程式を用いれば、社会的相互作用の影響下における個々の構成員の効用最大化行動の結果として、社会が望ましくない欠陥均衡(社会的厚生が低い状態だと考えられている均衡)に陥っていることが説明可能となる。加えて、そのように望ましくない状況から脱却するためにはどう対処すればよいのかを、実証的に考察することもできる。

個人の駐輪場利用確率

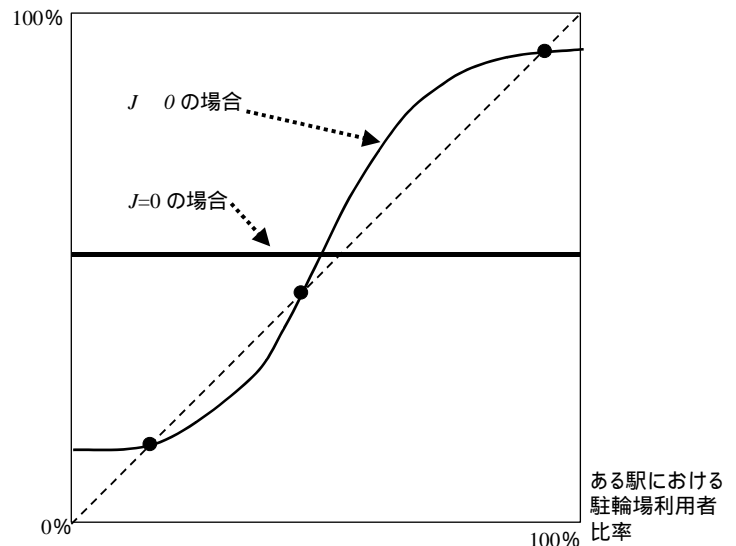


図-1 集団の利用比率と個人の選択行動との関係図

4. 実証分析の概要

(1) 意識調査の概要

実証分析を行うにあたり、末端交通手段としての自転車利用者が多いこと；同程度の対策が実施されていても放置率が大きく異なっていること；を考慮して、東京都内から巣鴨、田端、綾瀬の3駅を選出し、駅まで自転車でアクセスしたときの駐輪場所の選択行動に関する意識調査を行った。調査は、訪問配布・郵送回収方式で2001年12月上旬に実施し、合計1,616人からの有効回答を得た。表-1、表-2に意識調査の概要を示す。

表-1 アンケートの設問内容

| 設問 | 内容 |
|------------|---|
| 駅利用目的 | 通勤・通学、通勤・通学以外の電車利用、駅周辺施設利用 |
| 駐輪場所 | 路上、駐輪場の2種類 |
| 設問 | 利用頻度、自宅出発時刻、駐輪時間 |
| 駐輪行動に関する意識 | 以下の8項目の要因それぞれに関して5段階評価で回答 <ul style="list-style-type: none"> ・駐輪した場所から駅改札までの利便性 ・公営駐輪場の利用料金 ・放置自転車の取り締まり ・他自転車の路上駐輪の程度 ・駅周辺の美観への配慮 ・通行人への配慮 ・公共空間へ放置することへの罪悪感 ・駐輪場の利便性 |
| 仮想設問 | 駐輪場の利用料金、および、他自転車の路上駐輪度合いの組合せを10条件提示し、それぞれの条件に関して(路上、駐輪場、自転車利用を控える)のいずれか1つを選択 |
| 基本属性 | 年齢、性別、職種、居住年数、住居形態、住所 |

表-2 各地区のアンケート収集状況と路上駐輪率

| | 有効サンプル数(地区別) | 回収率(地区別) | 路上駐輪率(本調査結果) | 放置率(東京都2000年データ) |
|-----------|--------------|----------|--------------|------------------|
| 巣鴨 | 771 | 12.9% | 77% | 95.5% |
| 田端 | 345 | 6.9% | 31% | 7.3% |
| 綾瀬 | 500 | 10.0% | 15% | 1.8% |
| 有効サンプル数合計 | 1,616 | | | |

巣鴨の放置率は、田端、綾瀬に比べて格段に大きい。これが駐輪場整備の遅れに起因するものだとはいえずとも言い切れない。なぜなら、巣鴨における駐輪場利用率(駐輪場容量に対する実際の利用者数の割合)は6割程度であり(2001年10月現在)、容量が不足している訳ではないからである。また、駐輪場料金等も、他の駅の駐輪場と大差はない。すなわち、駐輪場に関する基本特性だけでは、こうした放置率の地域間格差を十分に説明することは難しい。そこで、自転車駐輪行動者間の社会的相互作用の影響に着目して分析する必要性が生じてくる。

(2) モデルの特定化

ここでは、私的動機の個人間相違を考慮可能とするために、確定項 $u(\cdot)$ が個人によって異なると考え、 h を h_i と置き換えて次のように特定化する。

$$h_i = b + c'X_i + d'Y_{n(i)} \quad (7)$$

但し、 b : 定数項、 X_i : 個人 i に固有の説明変数ベクトル、 $Y_{n(i)}$: 個人 i が所属する準拠集団 $n(i)$ に固有の説明変数ベクトル、 c, d : 未知パラメータベクトルである。このとき、均衡方程式は以下のように再定式化される(スケールパラメータ β は1に基準化)。

$$m_{n(i)} = \int \tanh(b + c'X_i + d'Y_{n(i)} + Jm_{n(i)}) dF_{X_i|Y_{n(i)}} \quad (8)$$

均衡方程式の両辺には $m_{n(i)}$ が含まれており、このままではパラメータを推定することは困難である。簡便な方法として、Naive Estimator の考えに基づく推定方法がある。これは、 $m_{n(i)}$ を外生変数 $\bar{m}_{n(i)}$ として与えることにより均衡方程式(8)を考慮しなくともよいとする考えである。これに従えば、通常の二項ロジットモデル同様、最尤法による推定が可能となる。まず、式(3)と(7)を用いて選択モデルの最尤推定を行い、次に、得られたパラメータ $(\hat{b}, \hat{c}, \hat{d}, \hat{J})$ を用いて式(9)を数値解析的に解き、準拠集団 $n(i) = n$ 毎に均衡解 \hat{m}_n を求める。

$$m_n = \int \tanh(\hat{b} + \hat{c}'X_i + \hat{d}'Y_n + \hat{J}m_n) dF_{X_i|Y_n} \quad (9)$$

$$\cong \frac{1}{N_n} \sum_{i \in n} \tanh(\hat{b} + \hat{c}'X_i + \hat{d}'Y_n + \hat{J}m_n) \quad \forall n$$

ここで、 N_n は準拠集団 $n(i) = n$ に属しているサンプルの総数を表す。

(3) パラメータ推定結果

東京都の公開資料に掲載されている駅毎の駐輪場利用率を \bar{m}_n の与件値としてパラメータ推定を行った(表-3)。準拠集団は、各鉄道駅を利用する集団毎に構成し、 $n=1$: 巣鴨、 $n=2$: 田端、 $n=3$: 綾瀬 とラベリングを行った。この特定化は、各駅利用者は利用駅における周囲の駐輪行動にのみ影響を受け、他の駅利用者の駐輪行動による影響は受けないという想定に基づいている。また、他の説明変数に関しては、変数の組合せを試行錯誤的に行い、AIC(情報量基準)を最小にするモデルを最終的に選択した。

多くのパラメータの符号は直感に合致したものと

なり、かつ、統計的に有意なものが多く得られた。その中で、潜在因子 Risk（主観的評価「放置自転車の取締り」、「他自転車の路上駐輪の程度」の背後にある潜在変数）の符号は直感と反した結果となった。また、公共心を示す潜在因子 Public（主観的評価「美観への配慮」、「通行人への配慮」、「公共空間への放置への罪悪感」の背後にある潜在変数）の符号は正で説明力も高い。つまり、公共心が高い人は駐輪場に停車する確率が高いという結果となっている。

また、社会的相互作用の強さを示す J の値は有意な正の値となっており、駐輪場所選択行動においては、個人は、より多くの人がとる行動に同調する傾向があることが統計的に確認された。

推定されたパラメータによって同定された準拠集団毎の均衡曲線を図-2 に示す。田端と綾瀬では、現状のままでも社会的に望ましい均衡解へ移行していく一方で、巣鴨では、やがては駐輪場利用者率の低い欠陥均衡状態へと移行する可能性が示唆される。

表-3 パラメータ推定結果

| 説明変数 | 説明 | 推定値 | t-値 | |
|-----------------------------------|---------|-------------------|----------|-------|
| 定数項 | | | | |
| | - | -0.772** | -5.96 | |
| X_i | 利用頻度 | 利用回/週 | 0.040* | 1.79 |
| | 午前利用ダミー | 午前の利用のとき1 | 0.197** | 2.72 |
| | 駐輪時間 | 分 | 0.043** | 4.84 |
| | Risk | 因子スコア: リスク感を表す | -0.159** | -3.41 |
| | Public | 因子スコア: 公共心を表す | 0.302** | 6.28 |
| | 居住年数 | 年 | 0.059** | 2.36 |
| | 非主婦ダミー | 中高生or会社員=1 | 0.247** | 3.59 |
| $Y_n(i)$ | 取り締まり頻度 | 取り締まり回数/月 | 0.018** | 2.14 |
| m | 社会的相互作用 | 集計平均 (東京都データ) | 1.117** | 18.87 |
| (スケールパラメータ β は予め1に基準化してある.) | | | | |
| (**:5%有意, *:10%有意) | | | | |
| 対数尤度:-773.311 初期尤度:-1120.1 | | | | |
| 自由度修正済尤度比:0.305 サンプル数:1,616 | | | | |

(4) 政策介入の影響分析

以下では、欠陥均衡解に向かっていくと思われる巣鴨駅の駐輪状況を、実際、どのように改善すれば、ジレンマ状況から脱却できるのかを検討する。政策介入を行って私的効用項を変化させることは、均衡曲線を上方にシフトさせることを意味する。現状のままだと欠陥均衡へ移行してしまうが、この状況から脱却するためには、ある強さ以上の私的インセンティブを付与し、社会的に望ましい唯一均衡解しか存在していない状態を実現する必要がある。

個人の駐輪場利用確率

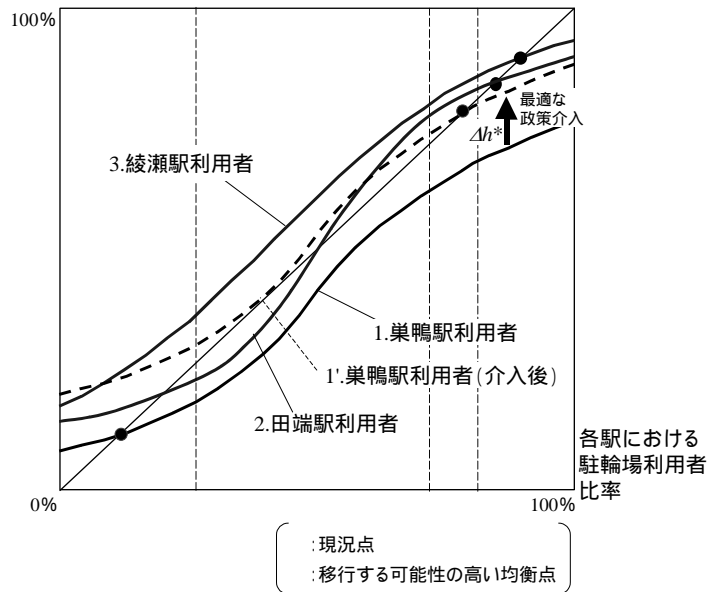


図-2 均衡曲線に基づく現況把握と政策介入の評価

このためには、政策介入によって図-2 で点線で示された曲線以上に均衡曲線をシフトさせなければならない。そのとき曲線 1' と 45 度線は 1 点で接している。この条件に基づいて最適な政策介入レベル Δh^* を求めると $\Delta h^* = 0.092$ となる。この試算を用いて、取締り頻度の増加という具体的改善策について考察しよう。表-3 より、取締り頻度の影響度を表すパラメータは 0.018 である。したがって、ジレンマの状況から脱却するために少なくとも必要な追加取締り回数は、 $0.092/0.018 =$ 約 5 回/月であることが分かる。

以上のように、社会的相互作用の影響が強い場合、ある一定の強さ以上の政策介入が実施されなければ社会的ジレンマ状況から脱却することが困難であることが実証的に確認された。但し、このような分析は、多くの仮定の上で成り立つものであり、特に、複数均衡解を有する統計モデルのパラメータ推定⁴⁾を始めとして、残された課題は多い。今後は、それらの課題の改善を継続的に試みて行きたい。

参考文献

- 1) 海野道郎: 社会的ジレンマ解決の可能性 - 応用社会学への一貢献, 社会学研究, Vol.55, pp.121-135, 1990.
- 2) Brock, W. and Durlauf, S.: Discrete Choice with Social Interactions, *Review of Economic Studies*, Vol.68, pp.235-260, 2001.
- 3) Brock, W. and Durlauf, S.: Interactions-Based Models, In Heckman, J. and Leamer, E. (Eds.), *Handbook of Econometrics Volume 5*, Elsevier Science, Amsterdam, pp.3297-3380, 2001.
- 4) Jovanovic, B.: Observable Implications of Models with Multiple Equilibria, *Econometrica*, Vol.57, pp.1431-1437, 1989.