

社会的相互作用を通じた行動変容とその計量分析の可能性*

Behavior Modification through Social Interactions and Microeconomic Analysis*

福田大輔**

By Daisuke FUKUDA**

1. はじめに

多くの交通行動が社会的ジレンマ¹⁾の様相を帯びていることが、これまでも繰り返し指摘されてきた。そして、社会的ジレンマの状況下に置かれた人間が容易に行動変容を行わないことを示す、理論的、実証的研究も蓄積されている。こうした背景のもと、社会的ジレンマの構造を持つ社会・交通環境こそが、個人の行動変容を阻害する大きな要因の一つであるという認識が徐々に浸透しつつあると思われる²⁾。

それでは、実際の社会的ジレンマの様相を帯びた各種の交通現象（違法駐輪・駐車行動、環境に配慮して自動車の利用・購入を自粛する行動、さらには、ロードプライシング導入の受容や住民紛争における意見形成など）において、人々はどのような行動原理に従っているのだろうか。多くの場合、社会的ジレンマ下での個人の意思決定は、私的な動機のみならず、集団への同調傾向や規範、慣習等といった社会的要因からも強く影響を受けていると考えられるだろう。すなわち、社会的ジレンマの状況に置かれた人間の行動は、社会における他者の認知、あるいは、他者の行動頻度からの影響を強く受けていると言える。また、それを裏付ける実験結果も得られている³⁾。

このような考えに則すと、個人の行動変容が起こりにくいのは、社会的な圧力もしくは同調効果の存在によって、周囲から逸脱した行動をとる動機が低いためであると解釈できるかも知れない。したがって、社会的ジレンマ下において他者の行動が個人に及ぼす影響を分析する意義は少なからずあると考えられる。

以上のような問題意識のもと、本稿では、社会的相互作用を通じた交通行動変容の可能性と、その計量分析の可能性に関して展望し、社会的相互作用の存在を前提とした場合に、人々の行動変容を狙いとする交通政策はどうあるべきかについて考察する。

2. 社会的相互作用が交通現象に及ぼす影響

社会学や社会心理学では、準拠集団の持つ集合的な諸性質は個々の構成員の行動を規定する主要な要因と古くから考えられており、社会的ジレンマ、対人関係、集合行動等を中心に膨大な研究の蓄積がある。社会的相互作用の定義を最も端的に述べると、「個人の享受する効用あるいは利得が、自身の帰属する準拠集団内の他者の行動に依存して決定される状況」と言うことができよう。経済学では「バンドワゴン・スノップ効果」⁴⁾、「戦略的補完性」⁵⁾、「ネットワーク外部性」⁶⁾等と呼ばれる。一方、社会学や社会心理学では「同調効果」と呼ばれ、同調効果が顕著に表れる行動を「頻度依存行動」^{7)・8)}と称している。

そして、個々の交通行動主体間の相互作用（社会的相互作用）は、マクロな社会現象（交通現象）に対しても多様な影響を及ぼし得る。例えば、正の社会的相互作用の影響が強い場合、同一の社会集団であっても複数の安定した社会状態が生じ得る（分極化）。交通現象の場合、それらの安定状態の一つは、違法駐輪・駐車行動の慢性化、新技術の普及阻害、政策賛同意識の硬化等といった状況を表していると解釈できる。すなわち、社会的相互作用は、各種の慢性的な社会問題を引き起こす要因の一つと捉えることができるだろう。

また、正の社会的相互作用が存在する場合、軽微な政策介入（e.g. 違法駐輪問題解決のための低額罰金システムの導入）を行っただけで集団行動に劇的な変化が生じる場合もあれば、逆に、一定以上の強い介入（e.g. 高額な罰金）を行わなければ集団行動が変化しない場合もあるなど、政策実施にあたっては慎重を期す必要があることも指摘されている⁹⁾。

以上より、違法駐輪をはじめとする多くの社会・交通問題は、以下のような性質を有していると言える。

- ① 政策介入を行っただけにもかかわらず、状況が改善されない場合がある（膠着状態）；
- ② 類似した集団・環境であっても、社会の安定状況が大きく異なる（分極化、地域差の発生）。

*Keywords: 行動変容, 社会的ジレンマ, 社会的相互作用, ミクロ計量分析

**正会員 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻

(横浜市緑区長津田町 4259 Mailbox_G3-14 Tel & Fax: 045-924-5675)

3. 社会的相互作用を介した行動変容のモデル化

前節までのような問題意識を受け、近年、マイクロ計量経済学においても、社会的相互作用を明示的に考慮した計量分析の可能性が検討されつつある。その詳細は福田他¹⁰⁾において整理しているが、ここではそのうち、社会的相互作用を内生的に考慮した二項選択モデルを用いて、社会的相互作用を介した行動変容の可能性について考察する。

(1) 個人選択モデル

変数表記は基本的に Brock and Durlauf¹¹⁾ に準拠する。 ω_i を行動主体 i の選択結果を示す二項変数とし、代替案 1 を選択した場合に +1、代替案 2 を選択した場合に -1 の値をとるものとする。そして、各行動主体の効用関数を以下のように特定化する。

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

ここで、 $u(\omega_i)$ は個人の私的動機だけに依存する確定効用項、 $S_i(\omega_i, \bar{m}_i^e)$ 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)、 \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、 $\varepsilon(\omega_i)$ はランダム項である。ランダム項は、全ての構成員間で、独立かつ同一のガンベル分布に従うと仮定する。

ここで、個人の総効用がその行動をとる他者の比率に比例すると仮定すれば、 J_i を未知パラメータとして社会的相互作用項が以下のように特定化される。

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

パラメータ J_i が正であれば、構成員 i は集団の多数を占める選択行動に同調する傾向をもつ。逆に、 J_i が負であれば、集団の多数を占める行動とは反対の行動を行う傾向が高いことを意味する。このことから、 J_i は個人 i の社会的感受性¹²⁾ の強度を示すパラメータと解釈することができる。社会的感受性の強度は個人によって異なると仮定する方がより妥当であるが、ここでは簡略化のため、同一の値 J をとるものとする。

意思決定の時点においては、各行動主体が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ものとすれば、主体 i が行動 ω_i を選択する確率は、 θ をランダム項のスケールパラメータとして、以下の二項ロジット式で表される。

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

(2) 集合行動の均衡方程式

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、 I は準拠集団の構成員の総数とし、各行動主体 i に対して選択結果の期待値を考えると次式のように表すことができる。

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

さらに、全ての行動主体が合理的期待を形成し、各主体が集団全体の行動シェアを予測する主観的期待が数学的な客観的期待値に一致すること、すなわち $m_{i,j}^e = E[\omega_j] \quad \forall i, j$ が成り立つことを仮定すれば、次式のように表される。

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

この式が全ての i に対して成立する (自己一貫性が満足される) のは、これらの期待値が、対象とする集団の平均的な選択行動 (選択シェア) に一致する場合のみであることが知られており、式の対称性より、次式 (均衡方程式) が導出される。

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

ここで、 m^* は、均衡状態における準拠集団の選択肢 1 の選択シェアを p^* としたときに、 $m^* = 2p^* - 1$ で表される変数である。

この方程式は、パラメータ θ, h, J の符号、及びそれらの大小関係次第で、複数の均衡解を持つことが知られている。具体的には以下のような関係である：

- i) $\theta J < 1$ ならば、1 つの均衡解が存在；
- ii) $\theta J > 1$ かつ $h = 0$ ならば、3 つの均衡解が存在；
- iii) $\theta J > 1$ かつ $h \neq 0$ ならば、ある正の値 H に対し、
 - a) $|\theta h| < H$ ならば、3 つの均衡解が存在；
 - b) $|\theta h| = H$ ならば、2 つの均衡解が存在；
 - c) $|\theta h| > H$ ならば、1 つの均衡解が存在。

また、解の安定性に関して；

- ① 方程式が 1 つの解しか持たない場合、その解は常に局所的に安定；
- ② 3 つの解 (m_-^*, m_m^*, m_+^* ; $m_-^* < m_m^* < m_+^*$) を持つ場合、 m_-^*, m_+^* は局所的に安定な解である一方、 m_m^* は局所的に不安定；

という性質を有している。

(3) 社会的ジレンマの状況

この均衡方程式に基づけば、社会的相互作用の存在下における個人の効用最大化行動の集積結果として、社会が望ましくない状況 (社会的ジレンマにおける欠

陥均衡)の状態に膠着している状況を説明できる。

個人の行動がランダム効用理論に従っていることから、各均衡状態間での経済厚生と比較は、次式で表される期待最大効用を比較することで可能になる。

$$W(m^*) \equiv E(\max V(\omega_i) | m^*) = \frac{1}{\theta} \ln[\exp(\theta h + \theta k + \theta J m^*) + \exp(-\theta h + \theta k - \theta J m^*)] \quad (7)$$

この式に基づくと、強い正の社会的相互作用が存在する場合 ($\theta J > 1$) において、もし $h > 0$ ($h < 0$) ならば、局所的に安定的な2つの均衡解 m_-^* , m_+^* に対して、 $W(m_-^*) < W(m_+^*)$ [$W(m_-^*) > W(m_+^*)$]となる。この場合、例えば、 $\theta J > 1$ かつ $h > 0$ であるような状況であっても、

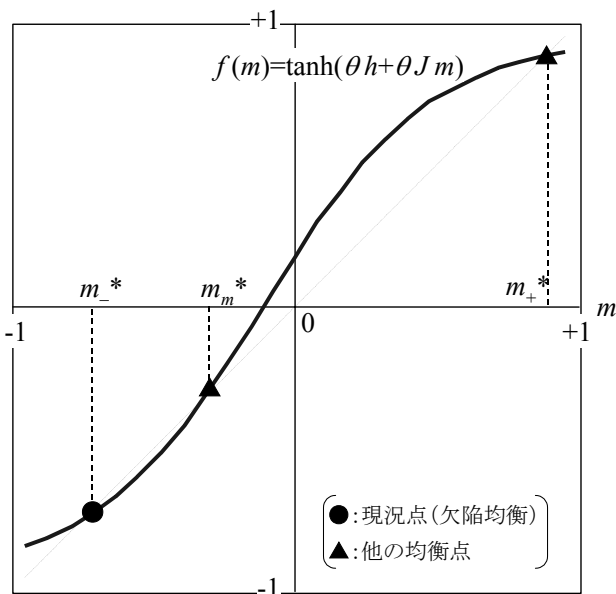


図-1 社会的ジレンマ状況 ($\theta J > 1, h > 0$ の場合)

その社会が均衡解 m_-^* の状態に陥っているのであれば、どの個人も現在の厚生レベル $W(m_-^*)$ よりも高い厚生レベルの状態 $W(m_+^*)$ へと移行できる可能性を秘めているにもかかわらず、低い厚生レベルの状態に膠着している状況を表すことになる(図-1)。これが、いわゆる欠陥均衡の状態に相当する。

(4) 政策介入による均衡解シフトと行動変容

課金や取締り強化など、各主体の私的な動機に働きかける政策介入は、本モデルの枠組みでは、私的効用項 h を変化させて、曲線を縦方向にシフトさせることに相当する。ここでは、こうした政策介入を通じて、集団としての行動変容が起こり得るのかを考察する。

例えば、図-2 において他者の行動頻度と個人の選択確率の関係が曲線0で表され、現状がA点にあるものとする。そのままだと、この社会は安定な欠陥均衡点Bへ移行してしまう可能性が高い。このため、弱い政策介入(e.g. 低額の罰金)によって曲線が1にシフトしたとしよう。しかし、この程度のシフトでは、結局、安定的な欠陥均衡点B'に陥る可能性が依然として高い。そこでさらに、より強力な政策によって曲線2にシフトしたと仮定しよう(強政策介入)。この場合、曲線が大幅に上方シフトして限界質量点が消失し、社会的により望ましい一意な均衡点B''しか存在し得ず、やがてはそれに到達することが示唆される。

すなわち、強硬な政策介入を闇雲に行う必要は無く、政策介入により、限界質量点を消失させ得るだけの曲線シフトを実現できさえすれば良いことになる。以後は、社会的相互作用に起因する集団の内的なダイナミクスによって、行動変容が自動的に進むからである。

4. 計量分析の方法

以上の行動モデルを計量分析が可能な形に特定化し、さらに、実際のマイクロデータに適用することで、モデルが同定され、限界質量点等の推計や政策介入効果の定量的な分析が可能となる。そのオーソドックスな流れについて説明する。

私的動機の個人間異質性を考慮するために、効用関数の確定項 $u(\cdot)$ が個人を規定する社会経済属性によって異なると考え、 h を次式で表される h_i に置き換えて、以下のように特定化する。

$$h_i = b + c'X_i + d'Y_{n(i)} \quad (8)$$

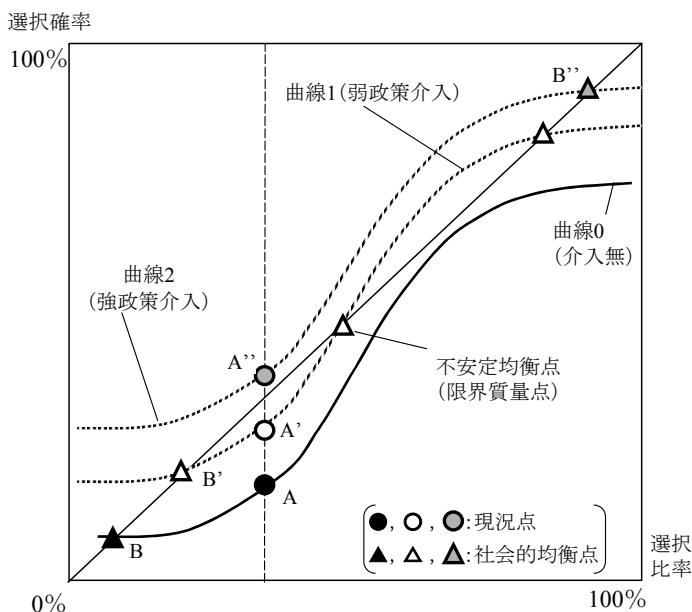


図-2 政策介入による均衡解シフト

ここで、 b : 定数項、 \mathbf{X}_i : 個人 i に固有の説明変数ベクトル、 $\mathbf{Y}_{n(i)}$: 個人 i の準拠集団 $n(i)$ に固有の説明変数ベクトル、 \mathbf{c}, \mathbf{d} : 未知パラメータベクトルである。 \mathbf{d}, \mathbf{J} の推定値がそれぞれ統計的に有意であった場合、外生効果、内生効果の存在を示唆している¹³⁾。

以上の特定化より、個人 i の選択モデル、及び、準拠集団 $n(i)$ の均衡方程式は、それぞれ以下のように表される（スケールパラメータは1に基準化）。

$$P(\omega_i) = \frac{\exp[\omega_i(b + \mathbf{c}'\mathbf{X}_i + \mathbf{d}'\mathbf{Y}_{n(i)} + \mathbf{J}m_{n(i)})]}{\sum_{v_i \in \{+1, -1\}} \exp[v_i(b + \mathbf{c}'\mathbf{X}_i + \mathbf{d}'\mathbf{Y}_{n(i)} + \mathbf{J}m_{n(i)})]} \quad (9)$$

$$m_{n(i)} = \int \tanh(b + \mathbf{c}'\mathbf{X}_i + \mathbf{d}'\mathbf{Y}_{n(i)} + \mathbf{J}m_{n(i)}) dF_{\mathbf{X}_i|\mathbf{Y}_{n(i)}} \quad (10)$$

ここで、 $F_{\mathbf{X}_i|\mathbf{Y}_{n(i)}}$ は、 \mathbf{X}_i の経験分布関数である。

式(9)、(10)の両辺には、モデルの内生変数である $m_{n(i)}$ が組み込まれている。このような状況で未知パラメータを推定するための簡便な方法として、Naïve推定量の考えに基づく推定方法が提案されている¹¹⁾。

まず、複数（少なくとも3つ以上）の各準拠集団に対し、十分な数のマイクロデータ $\{\omega_i, \mathbf{X}_i, \mathbf{Y}_{n(i)}, m_{n(i)}\} \forall i$ が得られているものとする。次に、 $m_{n(i)}$ の代理変数として何らかの妥当な方法で計測された外生変数 $\bar{m}_{n(i)}$ を用いて、式(9)の通常最尤推定を行う。最後に、推定値 $(\hat{b}, \hat{\mathbf{c}}, \hat{\mathbf{d}}, \hat{\mathbf{J}})$ と説明変数を用いて、以下の近似式を m_n に関して解き、均衡解の推計値を求める。

$$m_n = \int \tanh(\hat{b} + \hat{\mathbf{c}}'\mathbf{X}_i + \hat{\mathbf{d}}'\mathbf{Y}_n + \hat{\mathbf{J}}m_n) dF_{\mathbf{X}_i|\mathbf{Y}_n} \\ \cong \frac{1}{N_n} \sum_{i \in n} \tanh(\hat{b} + \hat{\mathbf{c}}'\mathbf{X}_i + \hat{\mathbf{d}}'\mathbf{Y}_n + \hat{\mathbf{J}}m_n) \quad \forall n \quad (11)$$

ここで、 N_n は準拠集団 n に属しているサンプルの総数である。この手順により、最尤推定の段階で均衡方程式を考慮せずとも推計を行うことができる。

5. おわりに

本稿では、社会的相互作用を介した行動変容のモデル化を行い、その計量分析の可能性について考察した。

社会的相互作用は、集団としての行動変容を阻害する要因、もしくは、行動変容を促す原動力の双方に成り得る。その影響を高い信頼性で推計できるようになれば、社会的相互作用を介して人々の行動や態度を変容させるためにはどうすればよいかを実務的に検討することが可能になると思われる。具体的には、社会

的ジレンマの解消を目指した各種交通政策の導入を検討するに当たって：

- 何%の人が行動変容すれば、自動的に残りの大半が賛成し、現在よりも望ましい社会状態に自動的に到達するのかを推測することが可能となり；
- その何%の人々の行動変容を実現するために必要な戦略を考えさえすれば良い；

といった分析ができるようになると期待される。すなわち、他者行動頻度—個人行動反応曲線を高い精度で推計できさえすれば、行政は強硬な政策介入を闇雲に行う必要は無く、限界質量点を消失させ得るだけのレベルで政策を実施できさえすれば良いのである。これは、「違法駐輪のような軽微な迷惑行為であっても、行政は、徹底的な防止対策（e.g. 完璧な取締り）を実施しなければならない」という社会学の主張（壊れ窓の理論¹⁴⁾）とは大きく異なる政策的含意を持っている。

今後は、本稿で述べたような分析の信頼性や妥当性を少しでも高めるためにも、モデルの展開（社会的感受性の個人間相違の考慮、政策介入が個人の社会的感受性に及ぼす影響の分析等）、データの整備、統計的推測方法の精緻化等を継続的に進めたいと考えている。

参考文献

- 1) Dawes, R. M.: Social Dilemmas, *Annual Review of Psychology*, Vol. 31, pp. 169-193, 1980.
- 2) 藤井聡: 社会的ジレンマの処方箋—都市・交通・環境問題のための心理学—, ナカニシヤ出版, 2003.
- 3) 品田瑞穂, 亀田達也: 社会的ジレンマ状況における行動戦略の自生に関する実験的研究, *心理学研究*, Vol. 74, pp. 71-76, 2003.
- 4) Leibenstein, H.: Bandwagon, Snob, and Veblen Effects in the Theory of Consumers' Demand, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 64, pp. 183-207, 1950.
- 5) 松井彰彦: 慣習と規範の経済学, 東洋経済新報社, 2002.
- 6) 依田高典: ネットワーク・エコノミクス, 日本評論社, 2001.
- 7) 山岸俊男: 心でっかちな日本人, 日本経済新聞社, 2002.
- 8) Kameda, T. and Nakanishi, D.: Cost-Benefit Analysis of Social/Cultural Learning in a Nonstationary Uncertain Environment: An Evolutionary Simulation and an Experiment with Human Subjects, *Evolution and Human Behavior*, Vol. 23, pp. 373-393, 2002.
- 9) Durlauf, S.: A Framework for the Study of Individual Behavior and Social Interactions, *Sociological Methodology*, Vol. 31, pp. 1-47, 2001.
- 10) 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マイクロ計量分析, 土木学会論文集(審査後修正中).
- 11) Brock, W. and Durlauf, S.: Discrete Choice with Social Interactions, *Review of Economic Studies*, Vol. 68, pp. 235-260, 2001.
- 12) Granovetter, M.: Threshold Models of Collective Behavior, *American Journal of Sociology*, Vol. 83, pp. 1420-1433, 1978.
- 13) Manski, C.: Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem, *Review of Economic Studies*, Vol. 60, pp. 531-542, 1993.
- 14) Wilson, J. and Kelling, G.: Broken Windows, *The Atlantic Monthly*, Vol. 249, No. 3, pp. 29-38, 1982.