

ゲーム理論を用いた地球温暖化抑制行動分析とその促進策

岐阜大学 ○佐藤慶和 高木朗義 倉内文孝 北浦康嗣

1. はじめに

近年、家庭におけるCO₂排出量が急激に増加しており、地球温暖化を抑制するためには、家庭での自主的なCO₂削減が必要不可欠である。そのため、様々な促進策が政府により実施されている。しかし、参加型の施策（例えば、ぎふ省エネチャレンジ市民運動など）においては参加人数が少ないなど、CO₂削減を促す施策は試行錯誤の段階であるといえる。

本研究では、より効果的な促進策の立案に役立てることを目的として、個人が自主的にCO₂削減行動をするか否かの意思決定プロセスについて分析する。分析にあたっては、個人が他者の行動による影響を受け、自身の行動を変化させることに着目し、ゲーム理論を用いた行動モデルを構築する。このことから、個人の持続的なCO₂削減行動を促す施策を検討する。

2. 地球温暖化抑制行動モデル

一般に個人は、日々集団の中で何度も他者と出会い、自らの行動を振り返り学習することで、行動を変化させているといわれている。本研究では個人のCO₂削減行動に対する意思決定プロセスを動的に分析するため、地球温暖化抑制行動モデル（以下、行動モデル）を構築する。この行動モデルは、ある地域における人々のCO₂削減行動取り組み状況について、その時間的な変化を表現するものである。また、他者と相互に影響を及ぼし合うことを考慮するため行動モデルはゲーム理論を適用して構築する。

(1) CO₂削減行動に対する利得関数の定式化

個人は3種類の利得要素に基づき、他者の行動による影響を受けながら、(1)式で示す利得を得るものとする。

$$u_i(C, B, \lambda, c_i) = \alpha \ln C + \beta \ln B + \gamma \ln D + \eta \cdot c_i \quad (1)$$

ここで、 $u_i(\cdot)$ ：個人(プレイヤー) i の利得、 C ：CO₂削減行動に対する「面倒くささ」の程度であり、個人毎に異なる、 B ：CO₂削減行動による「節約金」、 D ：CO₂削減行動による本来の価値（将来発生する地球温暖化抑制効果であり、自身が享受するものではなく、将来世代が享受するものであるため、「遺産価値」と定義できる）、 $\alpha(<0)$ 、 $\beta(>0)$ 、 $\gamma(>0)$ ：利得要素に対する相対的な重要度、 c_i 、 η ：個人属性とそのパラメータ。

(2) CO₂削減行動変容モデルの定式化¹⁾

個人の行動変容は、他者の行動を見たとき「その行動を模倣する」か「現状の行動を続ける」かを(1)式の利得に依存して選択するものとする。このように、個人が他者の行動を見て影響を受けることで行動変容する確率を(2)式のように定式化する。

$$P_i(u_x - u_i) = \begin{cases} 1 - e^{-(u_x - u_i)}/2 & (u_x - u_i \geq 0) \\ e^{(u_x - u_i)}/2 & (u_x - u_i < 0) \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 $P_i(\cdot)$ ：個人 i が他者 x の行動を模倣する確率、 u_i ：個人 i の利得、 u_x ：他者 x の行動を模倣したときの個人 i の利得。(2)式は他者の行動を模倣することで、現在よりも効用が高くなる場合はより高い確率で行動変容し、効用が低くなる場合は高い確率で現状の行動を維持することを表している。

以上のように定式化された行動モデルを用いて、CO₂削減行動を促す施策を実施することで個人の行動がどのように変化していくのかについて分析を重ね、より効果的な促進策を検討する。

3. CO₂削減行動に対する市民意識調査

行動分析を行う際、(1)式に示した個人のCO₂削減行動における各要素の相対的重要度(α, β, γ)と個人属性のパラメータ η を推定する必要がある。そのため本研究では、CO₂削減行動に関する意識調査を実施し、相対的重要度を推定する。これにより、個人の嗜好を考慮した、より現実に近い状況で行動分析を行うことが可能となる。

(1) 調査概要

対象者：岐阜市役所職員、岐阜市民（一部の地域）
調査期間：2009年8月下旬～9月上旬
有効回答数：945個(配布：1911個、回収：1535個)

調査内容としては、個人属性に加え、CO₂削減行動の取り組み状況、取り組みやすさを質問した。ここで、CO₂削減行動は多様に存在するため、ここではCO₂削減行動は「家庭でできる10の取り組み」²⁾(表1参照)とする。

(2) 地球温暖化抑制行動モデルの特定化

CO₂削減行動における各要素の相対的重要度の推定方法は、二項選択ロジットモデルとして最尤推定法により行うこととする。また、CO₂削減行動に対する意識は個人差があると考えられる。そこで、3種類の利得要素に加

え(1)式で示したように、年齢を個人属性としてパラメータ推定を試みる。

推定結果を表2に示す。表2より、CO₂削減行動の意思決定時において、CO₂削減行動の取り組みやすさが大きく影響しているといえる。一方で、行動するインセンティブとして、個人はCO₂削減量を節約金と同程度重視していることがわかった。また、年齢が高くなるほど、CO₂削減行動に取り組むことで得られる効用が大きくなる結果となった。

4. 地球温暖化抑制行動分析とその促進策

構築した行動モデルを用いて、以下の設定条件の下、地球温暖化抑制行動について分析する。

条件1: CO₂削減行動は「家庭でできる10の取り組み」²⁾を対象とする。
 条件2: 対象は岐阜市民とする。そのため、年齢分布は岐阜市統計資料(H21, 4, 1)を用いる。
 条件3: 「面倒くささ」 C はアンケート調査結果を用いる。

(1) CO₂削減行動促進策を実施しない場合

時間経過に伴う岐阜市民の行動分析結果を図1に示す。

図1より、現在のCO₂削減行動実施率が高いものは実施するようになるが、低いものに関しては、「6.温水洗浄便座は就寝時や外出時には消す」を除き実施しなくなる結果となった。この結果から、岐阜市の家庭から排出される総CO₂排出量は現在から約4.8%減少することがわかった。しかし、取り組みをやめてしまう行動が存在するため、それらの行動実施を促進する施策が不可欠である。

(2) CO₂削減行動促進策を実施した場合

現在CO₂削減行動を促す施策が多様に行われているが、ここでは「CO₂削減行動に取り組む重要性を訴える施策」を実施することで、岐阜市民の行動がどのように変化するか分析する。具体的には、CO₂削減行動に取り組む重要性を理解することで、遺産価値 γ が4割増加することとする。

以上の設定の下、促進策を実施した場合の行動分析結果を図2に示す。促進策を実施しない場合と比較すると、多くの市民が「3.テレビの利用時間を減らす」を実施するようになり、「10.お風呂の残り湯を洗濯などに使いまわす」も約4割の市民が実施する結果となった。さらに、(1)でも取り組むようになった6つのCO₂削減行動に関しては、より短期間で取り組むことがわかる。総CO₂排出量を算出すると、現在と比較し約6.7%減となり促進策の

表1 家庭でできる10の取り組み²⁾

CO ₂ 削減行動	CO ₂ 削減量 (kg/年)	節約金 (円/年)
① unnecessary照明はこまめに消す(60分)	9	430
② 冷暖房を1℃調節する	38	1,840
③ テレビを減らす(60分)	18	890
④ 冷蔵庫にものを詰め込みすぎない	20	960
⑤ 主電源を切り、長期間使わない電化製品のコンセントをこまめに抜く	212	3,300
⑥ 温水洗浄便座のスイッチは就寝時や外出時には消す	41	1,500
⑦ 買い物バックを持参し、省包装の商品を選ぶ	58	1,500
⑧ お風呂は間隔をおかずに入り、追い炊きを1回減らす	87	5,920
⑨ シャワーを2分減らす	58	5,960
⑩ お風呂の残り湯を洗濯などに使いまわす	7	4,200

表2 CO₂削減行動に対するパラメータ推定結果

	パラメータ値	t値
面倒くささ α	-1.560	-41.00
節約金 β	0.102	6.07
遺産価値 γ	0.083	3.06
年齢 η	0.107	6.28

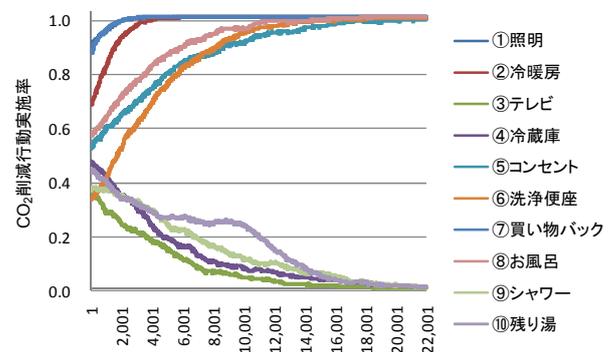


図1 CO₂削減行動実施率の時間的変化

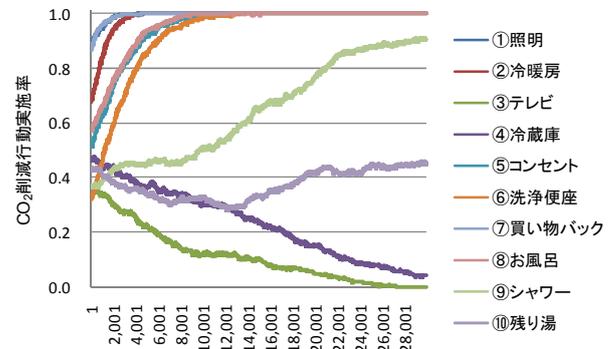


図2 CO₂削減行動実施率の時間的変化(促進策実施)
有効性が示されたといえる。

5. おわりに

他者の行動による影響を考慮した地球温暖化抑制行動モデルをゲーム理論を用いて構築した。行動分析の結果として、CO₂削減行動に取り組む重要性を訴える施策を実施することで、行動実施を促すことが期待された。今後は、多様な促進策を実施した場合における行動分析を重ね、より効果的な促進策を検討する。

参考文献

- 1) 大浦宏邦: 社会学者のための進化ゲーム理論, 勁草書房, 2009.
- 2) 全国地球温暖化防止活動推進センター: ホームページ, <http://www.jccca.org/content/view/full/1053/678/>