

エージェントアプローチによる温室効果ガス取引制度の分析

大堀 正人[†] 倉橋 節也[†]

[†]筑波大学大学院 ビジネス科学研究科 経営システム科学専攻

1. はじめに

1997 年に採択された温室効果ガスの国際的取り組みである京都議定書は、地球全体の温室効果ガス排出量を経済的手法(温室効果ガス取引)でコントロールしようというものである。しかしながら、京都議定書の執行を意味する約束第一期間^{*1}が開始された現在においても、各国の足並みは揃っていないと言えず(表 1)、地球全体の温室効果ガスをコントロールするという実効性の確保には厳しい状況である[1]。

一方、NGO(非営利団体)や投資家といった形での市民の影響力は近年注目されている。CDP(カーボン・ディスクロージャー・プロジェクト)は、気候変動に対する企業や個人、投資家の意識向上を目指すこと目的としている NPO 団体である。CDP の活動成果は、FT500^{*2} 企業に限定したアンケート回収率であるが、2004 年には 59%、2005 年には 71%、2006 年には 75%、2007 年には 77%と着実に増加していることからわかる[2]。

本稿では、下記 2 つの問題を設定し、温室効果ガス取引に対する各国・各企業の取り組みを社会的ジレンマと捉え、その解決策を考察する。

問題 1: 温室効果ガス取引制度は、政府・企業間での取り組みだけでは難しいのではないかと(実験 1)

問題 2: 温室効果ガス取引制度成功のためには、市民はどのように行動することが望ましいかと(実験 2)

表 1 京都議定書における各国の取り組み状況(抜粋)

	EU	日本	米国
京都議定書への対応	批准	批准	未批准
国の排出削減法的義務	有	有	無
企業の排出削減法的義務	有 ^{*4}	無	無

2. 先行研究

社会的ジレンマ構造の解決方法には、構造変革アプローチと態度変容アプローチの 2 つがあるとされている[3]。前者のエージェントアプローチを用いて検討した例として、山下等の研究がある[4]。山下等の研究では、複数のエージェント間の社会的ジレンマに対し、複数の調整役

*1 約束第一期間は 2008 年から 2012 年の 5 年間。

*2 FT500 企業とは、世界の株式公開企業のうち、時価総額の高い 500 社のことを指す。

An analysis of GreenHouse Gases trading system : An Agent-Based Approach

[†] Masato Ohori, Setsuya Kurahashi

Graduate School of Business Science, University of Tsukuba

エージェントを導入することにより社会的ジレンマを解消できることを示した。

3. 温室効果ガス取引制度モデル(実験 1)

温室効果ガス取引制度モデル(GHG 取引制度モデル)では、山下等の研究を参考に構造変革アプローチモデルを構築した。本モデルでは、複数の企業エージェントが GHG 削減に協力するか否かというジレンマを抱えている状況に対し、調整役として複数の政府エージェントが存在する世界を構築した。本モデルでは、GHG 削減に対する企業の意思決定の影響範囲を地域に限定されるものにするか、もしくは全体に影響が広がるものとするかの 2 つのモデルを比較することにより、問題 1 を検討した。

3.1 政府エージェントモデル

各政府エージェントは、自地域に存在している企業エージェントに対する税金額(Tax)・罰金額(Pen)を決定する 2 つの戦略を持つものとした。そして、政府エージェント i の利得関数 w_i は下記式(1)とした。

$$w_i = (S_i + \bar{S}_i) Tax_i + \bar{S}_i Pen_i \quad (1)$$

S_i : 政府 i 所属協調企業数、

\bar{S}_i : 政府 i 所属非協力企業数

3.2 企業エージェントモデル

各企業エージェントは、GHG 削減に協力するか否かどの政府に所属するかの 2 つの戦略をもつものとした。そして、各企業 j の利得関数は、条件により(2)~(5)とした。

地域限定の影響範囲で協力を選択した場合

$$u(S_j) = \alpha - (B + m \frac{S_i}{\bar{S}_i + S_i} D) - Tax_i \quad (2)$$

α : 定数、 m : 全企業数、 B : GHG 協力費用、

D : GHG 増加分の各企業単位負担費用

地域限定の影響範囲で非協力を選択した場合

$$u(S_j) = \alpha - m \frac{S_i}{\bar{S}_i + S_i} D - Tax_i - Pen_i \quad (3)$$

全体へ影響するときに協力を選択した場合

$$u(S_j) = \alpha - (B + \bar{S}D) - Tax_i \quad (4)$$

全体へ影響するときに非協力を選択した場合

$$u(S_j) = \alpha - \bar{S}D - Tax_i - Pen_i \quad (5)$$

\bar{S} : モデル中の全非協力企業数

3.3 意思決定方法

各企業・各政府の毎期の戦略決定は、それぞれが戦略毎に保有している状態遷移機械(FSM)に

より行うものとした。ここで、FSM とは、複数の状態と状態遷移規則、出力規則をもち、入力と現在の状態から自分の戦略を出力規則に従って決定し、状態を遷移規則に従って変更する意思決定機構である [5]。

また、戦略の進化を導入することで適応的な意思決定を表現した。本モデルでは、600 期を 1 世代とし、8000 世代シミュレーションを繰り返す中で、各世代の総利得を適応度として、それぞれの FSM 遺伝子表現に変換したものを選択・交叉・突然変異により進化させた。

3.4 シミュレーション結果

企業エージェント数を 100 社、政府エージェント数を 3 カ国としたときの 8000 世代目の非協力企業数推移に関して、企業の GHG 削減に協力非協力戦略の影響範囲を地域に限定した場合を図 1 に、地域に限定しない場合を図 2 に示す。この結果により、本モデルにおいて、企業非協力戦略の影響範囲を地域限定した場合は、政府による構造変革アプローチにより非協力企業数を抑制できるが、その影響範囲を限定しない場合は抑制できないことを示すことができた。

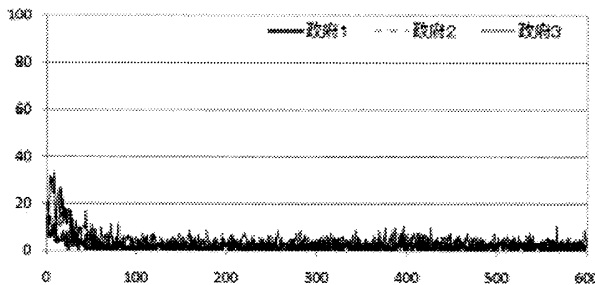


図 1：地域限定影響時の非協力企業数推移
(縦軸：非協力企業数、横軸：ゲーム回数)

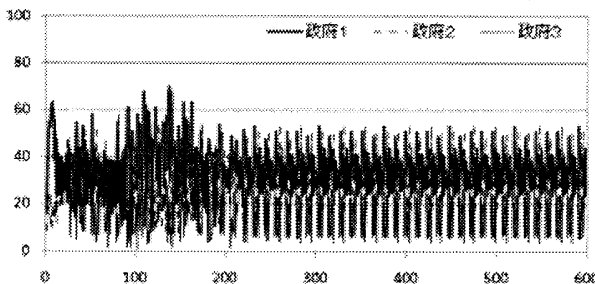


図 2：地域非限定影響時の非協力企業数推移
(縦軸：非協力企業数、横軸：ゲーム回数)

4. GHG 市民購買行動モデル (実験 2)

GHG 市民購買行動モデルは、GHG 取引制度モデルで、地域が限定されない場合に対し、市民 (消費者) エージェントを追加したものである。

4.1 市民 (消費者) エージェントモデル

市民エージェントは、購買額、購買先の選択する戦略をもち、利得関数 w_p は式 (6) とした。

$$w_p(\text{profit}_p) = (\text{Rank}_p \cdot 3)^{(1-R)} S^R - \text{profit}_p \quad (6)$$

S: 協力行動企業数 R: 協力企業を好む消費者率

Rank: 企業の各期毎の利得順位 (降順)

profit_p : 市民 p の購入額

4.2 企業エージェントモデル

企業エージェントの利得関数は市民エージェントの購買効果を (4) (5) に加えた (7) (8) となる。

$$u(S_j) = \alpha - (B + \bar{S}D) - \text{Tax}_i + \sum \text{profit} \quad (7)$$

$$u(S_j) = \alpha - \bar{S}D - \text{Tax}_i - \text{Pen}_i + \sum \text{profit} \quad (8)$$

$\sum \text{profit}$: 各消費者の企業 i 商品の購入額総和

4.3 シミュレーション結果

企業エージェント数を 100 社、政府エージェント数を 3 カ国、市民エージェント 100 人としたときの 8000 世代目の非協力企業数推移を図 3 に示す。この結果より協力企業を好む消費者の割合 R が増えるに連れて、非協力企業が減少することが示すことができた。

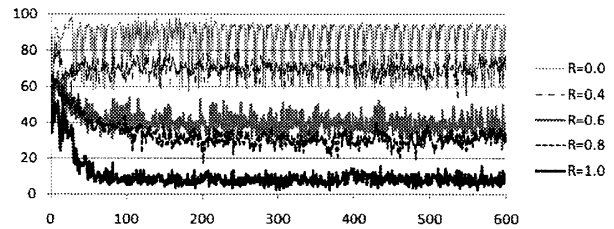


図 3：市民の R 値による非協力企業数推移
(縦軸：非協力企業数、横軸：ゲーム回数)

5. まとめ

本研究では、温室効果ガス取引制度を取り巻く環境では、政府・企業のみでの取り組みでは問題解決が難しい状況を示した。また、その状況打開のための市民行動の一例として、簡単な市民購買行動モデルを提案した。今後は、市民エージェントモデルを洗練し、分析する予定である。

<参考文献>

- [1] 内閣府経済社会総合研究所：「地球温暖化問題の現状と課題」, 2004 年
- [2] Carbon Disclosure Project: "Report 2007 Global FT500, 2007"
- [3] 広瀬幸雄編：「シミュレーション世界の社会心理学」, ナカニシヤ出版, 1997 年
- [4] 山下倫央, 鈴木恵二, 大内東：「Iterated Multiple Lake Game における社会的ジレンマに対するプレイヤー群の挙動に関する考察」, 計測自動制御学会論文集 Vol.36, No.2, P.195-P203, 2000 年
- [5] 大内東, 川村秀憲, 山本雅人：「マルチエージェントシステムの基礎と応用—複雑系工学の計算パラダイム」, コロナ社, P.177-P.195, 2002 年