

逆シミュレーション手法による排出権取引市場分析

An analysis of GHG trading system with Inverse Simulation

大堀 正人
Masato Ohori倉橋節也
Setsuya Kurahashi

筑波大学大学院ビジネス科学研究科

Graduate School of Systems Management, University of Tsukuba

The Kyoto Protocol sets legally binding emissions targets for basket of six greenhouse gases (GHG) for Annex 1 countries. This scheme was expected to lead that we can control the global GHG volume. But now, it comes down to crunch time because of the following two problems, (1) U.S. and China, their emission impact negatively on global GHG volume, have no legally targets, (2) some countries in Annex 1 have been still struggling with own domestic policy. In this paper, we propose a solution for this situation by analyzing the GHG trading system with Game theory of social dilemma, agent based simulation, and inverse simulation.

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、各国の温室効果ガスの排出枠を制限し取引できるようにすることにより、地球全体の温室効果ガス排出量を経済的手法(排出権取引)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}が来年から始まるという現在においても、各国^{*2}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[内閣府経済社会総合研究所 2004]。特に、2001年に議定書離脱を表明した米国や今後排出量の増加が予想されている非付属書国(途上国)が枠組に参加していないことが問題視されている^{*3}。また、枠組みに参加している国々でもその対応策が分かれており、EUでは、京都議定書に先行し、2005年から企業に排出枠を割り当てるといったキャップ&トレード型のEU-ETS^{*4}を開始し積極的に対応しているのに対し、日本では「チーム・マイナス6%」のような自主的な取り組みに留まっている[諸富 2007]。

本稿では、排出権取引に対する各国・各企業の取り組みを社会的ジレンマと捉え、ゲーム理論の観点からエージェントの行動ルールエージェント間の相互作用を検討し、また、パラメータ決定の際には逆シミュレーションを適用することを念頭に置き、フリーライダーの発生を防ぐための枠組みを考察する。

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

*1 約束第一期間は2008年から2012年の5年間。

*2 この場合の各国とは、京都議定書付属書国(先進国)とする。

*3 2000年時点の二酸化炭素排出量の上位5カ国は、1位米国(24%)、2位中国(12%)、3位ロシア(6%)、4位日本、インド(5%)である。

*4 2005年から開始されたEU-ETSの枠組みでは、約12,000事業所に二酸化炭素排出枠を付与している。

連絡先: 大堀正人, 経営システム科学専攻 倉橋研究室
〒112-0012 東京都文京区大塚3-29-1
ohori@gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp

1.1 社会的ジレンマ[広瀬 1997]

環境問題の解決には、その問題に対する関与者間の合意形成が必要となるが、その合意形成は容易ではない。それは、私益の損は見え易いが全体の共益は見え難いという理由や、自分だけが損する事態は避けたいという理由などがある。こうした状況は、「社会的ジレンマ」と呼ばれ、その解決方法として非協力的な行動を取れば罰則を与えるといった制度を導入する「構造変革アプローチ」や、集団への連帯感や信頼感を構築することで自発的な協調行動を増やす「態度変容アプローチ」が提案されている。

1.2 逆シミュレーション[倉橋 1999]

一般的なシミュレーションでは、パラメータ設定は設計者が行うため、恣意性の批判に対応することが困難であった。逆シミュレーションでは、多数のパラメータにより現実世界をモデル化したものに対し、実際の評価関数を目標関数として遺伝的アルゴリズムによる創発的計算手法によるシミュレーションを繰り返し実施し収束させパラメータを特定するため、恣意性の含まれないパラメータ設定が可能となる。

2. 提案モデル

本稿では、Multi Lake Game[山下 2000]の枠組みを拡大することにより、排出権取引のエージェントモデルを考察した。

2.1 Multi Lake Game エージェントモデル

Multi Lake Game は、湖の水を使い排水する複数の工場エージェントと湖を管理する複数の湖毎の自治体エージェントからなるシミュレーションである。工場エージェントは、使用後の汚水の処理に対し、浄水してから放水するか浄水しないで放水するか選択できるが、利用の際、汚水が含まれている場合には浄化費用を払わなければならない。費用最小化を利得関数とした工場エージェントは、非浄化で放水をした方が利得を最大化できる可能性があるが、全ての工場エージェントが非浄化の場合、余計に費用が発生してしまうという社会的ジレンマを抱えている。

このMulti Lake Gameでは、フリーライダー抑止のために自治体エージェントが罰金を課すことができるといった、構造変革アプローチが行われており、その抑止効果が有効であることが示されている。

2.2 排出権取引エージェントモデルの枠組み

本稿で提案する排出権取引エージェント概念図を図1に示す。Multi Lake Game を継承し、排出量規制を行う国エージェント、排出権取引を行う企業エージェントがプレイヤーとして自律的に行動する。しかし温室効果ガス問題は、湖のように地域に限定された影響を及ぼすものではないため、このような構造変革アプローチだけでは、社会的ジレンマの発生を抑制できない。そこで、市民エージェントによる態度変容アプローチの枠組みを追加した。企業エージェントは市民エージェントに1年間に複数回商品を販売することとし、50年間取引を行うものとする。各国エージェントは共有する大気に対して取り組みを行うこととなる。

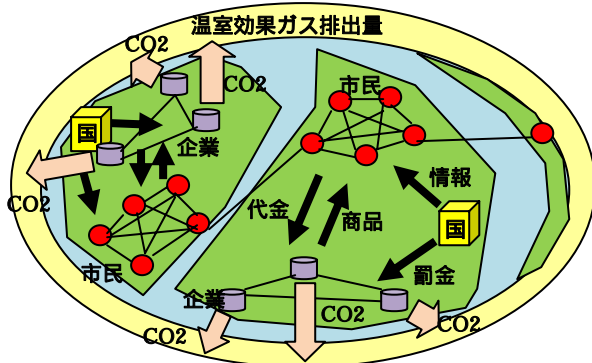


図1 排出権取引エージェント概念図

2.3 国エージェントの設定

国エージェント数は3つとし、戦略は下記3つのタイプを用意し、シミュレーション前に実施者が設定するものとする。

- (1) 自国の排出枠を企業毎に割り振り、削減できない場合は1年毎に罰金を課す。また、自国市民エージェントに対して、環境情報を提供することができる(EUモデル)。
- (2) 自国の排出枠は規定するが、企業毎には規定せず、規定期間が過ぎたとき、排出枠を超える排出量であった場合は、1年毎に自国企業に罰金を課す。また、自国市民エージェントに対して、環境情報を提供することができる(日本想定モデル)。
- (3) 自国の排出枠も企業の排出枠も規定しない。また、自国市民エージェントに対して、環境情報を提供することができない(米国、中国モデル)。

2.4 企業エージェントの設定

企業エージェントの数は各国毎に複数社あるとし、同じ商品・同じ基準価格の商品を複数個製造し販売することとする。また、企業エージェントは排出削減対策を採用した商品と採用しない商品の個数を決定することができ、採用した商品には、一定の価格を付加される。各商品は、市民エージェントにより価格・排出削減対策により選択され、余った在庫は蓄積される。企業エージェントは費用関数を特性関数とした利得関数を最大化することを目的とする。なお、排出対策を行わない製品を製造した際、各企業からは温室効果ガスはその個数に乗じて発生したものとする。また、企業エージェントは有限状態繊維機械(FSM)により独立して戦略決定を行うが[McFadzean 1997]、1年毎に戦略を遺伝的アルゴリズムにより進化させることができ、自国市民が最も多く購入している企業と二点交叉、突然変異を行う。

2.5 市民エージェントの設定

市民エージェントは内部モデルとして A を染色体として持つ。

$$A = (P_p, P_a)$$

ここで、 P_p は先天的属性、 P_a は後天的属性を表す。先天的属性、後天的属性は[ISSP 2000]を元に定め、 P_p は、所得、年齢、ライフステージ、環境リスク認識、情報獲得手段、科学信頼度とする。また、 P_a は、環境知識属性、情報確信度、排出削減対策済商品評価値により構成されている。先天的属性初期値はランダムに与えることとする。

2.6 評価方法

まず、市民エージェントを登場させない場合、現在の排出権取引のようにフリーライダーが発生してしまう過程を再現する。その後、市民エージェントを導入し、逆シミュレーションを行うことにより、どのような市民エージェントが温室効果ガス削減に寄与するか評価する。

3. おわりに

これまでの多くの排出権取引に対するエージェントシミュレーションでは、京都議定書における国エージェントの動向を示す取り組みであった[Okano 2003] [山形 2005]。しかし、全ての国が適切な時期に参加することを前提とした、現状の京都議定書の枠組みでは、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は難しいとされている。

本稿では、排出権取引に対する各国・各企業の取り組みを社会的ジレンマと捉え、Multi Lake Model の枠組みでは限界があることを示したと共に、市民エージェントを加えるという新たな拡張方針について提案し、その将来性を明らかにした。今後は、本提案を実装し、評価・改善を繰り返すことにより、洗練化していく予定である。

参考文献

- [内閣府経済社会総合研究所 2004] 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
- [諸富 2007] 諸富徹, 清水雅貴, 高瀬香絵: 脱炭素社会に向けた国内排出量取引制度提案, 2006年度 WWF ジャパン報告書, 2007
- [広瀬 1997] 広瀬幸雄編著: シミュレーション世界の社会心理学, ナカニシヤ出版, 1997.
- [倉橋 1999] 倉橋節也, 南潮, 寺野隆雄: 逆シミュレーション手法による人工社会モデルの分析, 計測自動制御学会論文集 Vol.35, No.11, 1454/1461, 1999.
- [山下 2000] 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, 195/203, 2000.
- [McFadzean 1997] D. McFadzean, L. Tesfatsion: A C++ Platform for the Evolution of Trade Networks, Department of Economics, Iowa State University, working paper, 1997
- [ISSP 2000] International Social Survey Program: Environment 2000, http://www.gesis.org/en/data_service/issp/data/
- [Okano 2003] T. Okano, T. Kusakawa, T. Saijo, A. Suzuki: Agent-based Simulation of Emissions Trading: Evaluation of Non-compliance Penalty and Commitment Period Reserve, D. A. Post (ed.), MODSIM 2003 Volume 3: Socio-Economic Systems, 2003
- [山形 2005] 山形与志樹, 水田秀行, 井上さやか: CO2 排出権取引のエージェントベースシミュレーション:ゲーミング実験と実市場動向における検討, JAWS2005, 2005