

マルチエージェントシステムによる地方自治体の排出量取引市場に関する研究

(知能情報システム学) 中濱 裕己

1. 緒言

現在、地球温暖化が進み、世界各国で温室効果ガス排出削減の取り組みが行われており、日本では環境省による自主参加型国内排出量取引制度が実施されている。そして、東京都では 2010 年 4 月 1 日より、大規模事業所を対象とした温室効果ガス排出総量削減義務と、排出量取引が実施される。

排出権取引市場をシミュレートするための幾つかの研究が報告されている。それらの中で、MAS(Multi Agent Simulator)を用いて国際排出権取引をシミュレートした研究^[1]に着目し、本研究では東京都における温室効果ガス排出量取引を、マルチエージェントモデルを用いてシミュレートするシステムの構築を目的とした

2. 本システム概要

システム構築には、Java のもとで動作する、ボトムアップ・シミュレーション用のライブラリ Swarm^[2,3]を使用した。

2.1 システム概要

本システムでは各エージェントに基準排出量、削減義務率、削減・取引に必要な資金が設定され、あらかじめ定められたいくつかの取引に関する戦略も具備する。そしてシミュレーション 1 ステップを 1 日とした 5 年間で 1 削減計画期間と設定する。また、本制度の目的は、総排出量が総排出権を超えないようにすることであり、排出量の上限が設けられるキャップアンドトレード型の取引としている。式で表すと次のようになる。

$$\text{排出量} = \text{基準排出量} - \text{自己削減量} - \text{排出権購入量} + \text{排出権売却量} \leq \text{排出権}$$

2.2 エージェント

- ①大規模事業所 エネルギー使用量の内訳により削減義務率 α が異なる ($\alpha = 8\% \text{ or } 6\%$)
初年度に自己削減率 X を $0 \sim (12 \text{ or } 16) \%$ と設定しており、2 年目以降は、 $X > \alpha$ の場合、 X を総目標削減率とし、自己削減率 Y を $\alpha \sim X$ に、 $X \leq \alpha$ の場合、 $2\alpha - X$ を総目標削減率とし、自己削減率 Y を $X \sim \alpha$ に設定し、また、取引による目標削減率をそれぞれ総目標削減率 - 自己削減率と設定している。
- ②都内中小クレジット 都内中小規模事業所は再エネ対策による削減量を大規模事業所に売却
- ③都外クレジット 都外大規模事業所は再エネ対策による削減量を大規模事業所に売却
- ただし、都内中小規模事業所、都外大規模事業所は制度の対象である都内大規模事業所からは、排出権を購入することはできない。そのため、削減は自己削減のみである。売却可能なラインを ②、③それぞれ 6、8% とし、それを越えて削減した量のみ売却可能である。

2.3 削減計画

各エージェントの計画フローは以下の通りである。

- 1) 年間の目標削減量を決定
- 2) 1) を踏まえた上で、月初めに月間計画を決定
- 3) 1日1回の発注
- 4) 月末に自己削減
- 5) 年末まで3)~4)を繰り返し実行

ただし、1年目は排出量取引が行われず、排出量総量削減のみが行われる。

2.4 市場取引

取引の種類は全て相対取引である。約定メカニズムは以下の通りである。

受注者の売却最低価格 ≤ 発注者の買注文価格

受注者の買取最高価格 ≥ 発注者の売注文価格

ただし、約定価格は発注者の提示価格とする。また、売却量には条件がある。それは、

$\beta = \sum (\text{総削減量}(i-1) - \text{総削減義務量}(i-1)) > 0$ ※1 の場合のみ、本年度 β まで売却可能というものである。また、各エージェントはそれぞれの価格に次のような大小関係を有する。

買注文価格 < 自己削減単価 < 売注文価格。

※1 i = 本年度年数 ($2 \leq i \leq 4$)

2.5 強化学習

各エージェントがもつ全ての戦略には評価値が与えられており、取引の成否に応じてその戦略の評価値が更新される。戦略の選択方法は、評価値の大きさに比例した選択確率で選択される、ルーレット選択を採用している。また、取引情報を公開するため、成立した取引について同様に成立し得る他エージェントの戦略の評価値も更新される。

3. 結果と考察

シミュレーション結果を図1、2に示す。

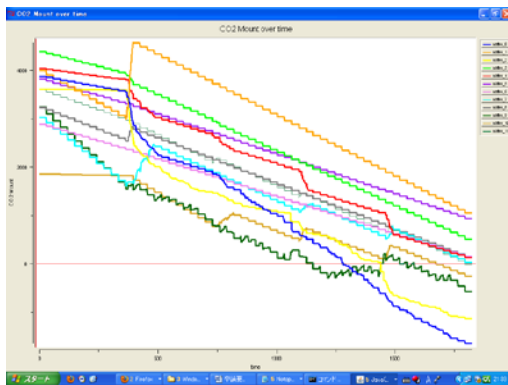


図1 (不遵守量の推移)

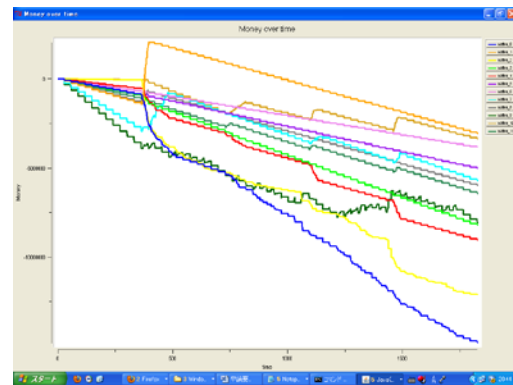


図2 (持ち金の推移)

削減義務未達成だったエージェントが半分近くあった。このため、削減計画期間を第二期、第三期まで延長して、削減義務未達成だった場合の措置命令や措置命令違反時の罰金制度を導入することなどにより、より精緻なシミュレータを構築していく予定である。

参考文献

- [1] 山影進, 服部正太 編 (2003), 『コンピュータのなかの人口社会』, 共立出版株式会社
- [2] マルチエージェントシステム Swarm Web ページ
http://www.swarm.org/wiki/Main_Page
- [3] 伊庭斉志 著 (2007), 『複雑系のシミュレーション—Swarm によるマルチエージェントシステム』, コロナ社