

マルチエージェントシミュレーションを用いた アメリカ電力市場取引戦略のQ学習モデル

千葉大学工学部三年：金高太輝
指導教員：荒井幸代

1 本研究の背景、目的

1999年から2001年にかけてアメリカでは停電が頻発し、大手電力会社が倒産、州政府が自ら電力を購入する非常事態に陥った。この電力危機の背景には倒産したエンロンの電力市場での価格操作が背景にあったとの疑いが浮上した。アメリカのように電力自由化の先行諸外国では市場を介して様々な電力取引が行われているが、その中でも卸電力市場の価格変動が大きな問題になっている。

そこで本研究ではエンロンのように大規模会社が電力市場を支配することを防ぐという目的のため、卸電力取引での価格変動の定量的な分析、評価を行う電力市場シミュレーションの基本モデルを開発し、その基本動作の検証を行う。

2 問題設定

2.1 問題設定 プール市場

全電力の入札額を元に提示価格の安い順に電源を並べ、総需要を満たすまでの電力が落札される、総需要を満たした時の落札価格が市場の落札価格(市場決定価格)となる。(図1参照)

2.2 電力会社のエージェントモデル

エージェントは自社が供給する電力を市場に全て投入する。一方、市場は電力の需要量を決定する。発電側の電力会社を小規模、中規模、大規模の三種類、6 エージェントを割り当てる。各企業の利益、損失、損益の三つの値を用いてエージェントの価格設定の効果を評価する。

利益は供給した電力が完売した場合には供給量と市場決定価格の積、完売しなかった場合には売れた分だけの供給量と市場決定価格の積、全く売れなかった場合は0とする。**損失**は利益とは逆で電力が完売した場合には0とする。**損益**は利益と損失の和とする。一方、**需要量**は(1)式を用いて決定する。

$$DQ' = \theta DQ \quad (1)$$

(1)式で、 DQ は前回の需要量、 DQ' は需要量、 θ は前回の決定価格で決めることとし、需要の初期値を300とする。市場決定価格が基準金額以上なら $\alpha = 101/100$ 、以下なら $100/101$ とする。

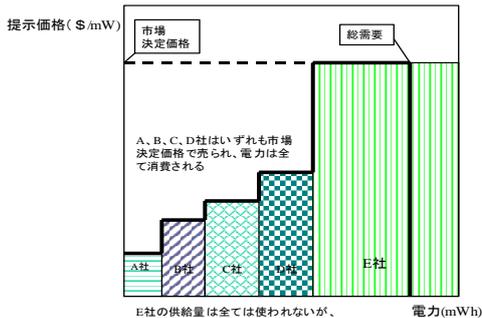


図1 市場価格決定

3 実験

3.1 エージェントの学習

各会社の初期値の提示価格、供給量は表1の通りである。また損益を最大化するために発電エージェントの提示価格をQ学習に基づいて決定する。(3)式に基づいて価格を決定する。

$$PP' = PP + \alpha(r + \gamma \max PP - PP) \quad (3)$$

PPは前回の提示価格、 $\max PP$ は過去の損益最大時の提示価格、 r は前回の取引の結果、完売時には5、売れ残り時は-1また学習率 α と割引率 γ の値はそれぞれ $\alpha = 0.1, \gamma = 0.9$ とした。

3.2 実験結果および考察

各会社の損益は大規模(2)が大規模(1)、中規模(2)よりも損益が上げられないことがわかった。(図2)

その理由としては大規模(2)の損失額が全エージェントの中で一番多いからといえる。また市場決定価格に関しては大規模(2)に決定権がある事がわかる。(図3)

表1 各会社の売値供給量

	提示価格 (\$/mW)	供給量 ($\times 10mW$)
小規模(1)	50	15
小規模(2)	75	30
中規模(1)	100	45
中規模(2)	125	60
大規模(1)	150	75
大規模(2)	200	90

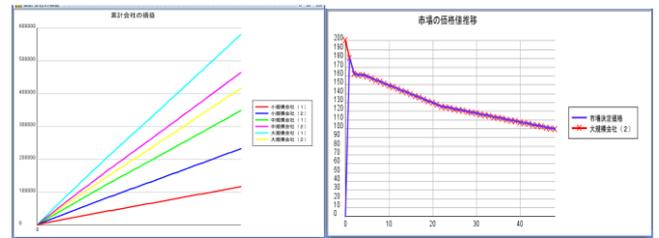


図2 規模変化後の各会社の損益

図3 規模変化後の大規模会社(2)と市場決定価格の比較

4. 結論および今後の課題

Q学習を用いることで大規模会社がプール市場では倒的に大規模会社が取引の主導権を持ち、市場を支配しているということを再現することが出来た。

しかし実際の市場では確実に売るために提示価格を0で供給する、大規模会社が供給をストップし、市場の電力価格が高騰するという問題もある。電力発電は一度ストップすると再度電気を作るまで時間がかかる。さらに電気は貯蔵しておけないので足りない分を他から補うということではできない。したがって、実際は長期の経営方針を元に電力市場での行動を決めていると考えられる。今後の課題としては長期経営方針を考慮した学習モデルエージェントを作ること考えている。