

■ 書評

山本秀一著『環境経済システムの計算理論』

中 川 真太郎 (京都大学大学院)

本書は、自然環境を巡る複数の経済主体の相互作用を、エージェント・ベースのコンピューター・シミュレーションによって分析している。また、人工知能の技術など分析に用いる手法を、本書だけで完結するよう、丁寧に解説している。

第1章では、「湖水」モデルを解説し、ナッシュ均衡の概念について論じている。「湖水」モデルでは、湖の周りに立地する複数の企業が、湖水を利用して生産し、使用した水を再び湖に排水する状況を想定する。各企業は、廃水処理装置を設置する（協調）か設置しない（裏切り）かを選択する。装置を設置することの社会的便益は設置費用を上回るが、個々の企業にとっての私的便益は設置費用を下回るとされる。著者は、このモデルが環境資源と人間社会とからなる閉鎖系システムに共通の問題構造を捉えていると指摘し、本書の分析の中心に据えている。なお、ゲーム理論では意志決定を行う主体をプレイヤーと呼ぶが、以下では本書に従ってエージェントと呼ぶこととする。

第2章では、遺伝アルゴリズムを用いて「湖水」モデルを分析している。そこでは、各エージェントの戦略が生物の表現型に、戦略を記述した符号の列が生物の遺伝子型に、その戦略で得られた利得の合計が生物の適応度にあたる。シミュレーションにより、世代を経て淘汰が進むにつれ「裏切り」を選択する比率が高くなるような行動変更ルールを持つ遺伝子型、すなわち戦略が、大勢を占めるようになるという結果が得られている。

第3章では、以下の2つの学習アルゴリズムを用いて「湖水」モデルを分析している。どち

らのアルゴリズムでもエージェントは、前期の協調者数と、前期に得た利得とを知り、今期の行動を決定する。そしてその協調者数、自らの行動、得られた利得とを記憶する。2つの違いは、この記憶から行動を決定する方法にある。一方は、記憶の中から、より現状に近くかつ利得がより高かったときの行動を探し出し、それを今期も選択する。他方は、過去の記憶を平均して、「協調」と「裏切り」のうちで、より現状に近くかつ利得がより高いほうの行動を選択する。シミュレーションにより、前者の場合、ゲームを繰り返すにつれて、より「裏切り」を選択するようになり、後者の場合、50～60%の確率で「協調」を選択するよう推移するという結果が得られている。

第4章ではまず、環境保全の視点から資源の保有・利用の形態が考察される。その後、「湖水」モデルに「裏切り」を選択したメンバーに罰金を科す組織を導入したOkadaモデルを解説し、学習アルゴリズムを用いてシミュレーションを行っている。それにより、罰金制度を導入するのに必要な組織のサイズが大きい場合には、組織が成立する確率は小さくなるという結果を得ている。この場合、各エージェントは、組織の成立を経験することは稀になり、自らの参加・不参加に関わらず組織が成立しないという経験が多くなることが指摘されている。次にこれを、全エージェントに適用される罰金制度を多数決で導入すると修正したモデルをシミュレーションし、エージェントが制度導入を支持する確率は50%程度で推移するという結果を得ている。ここでも各エージェントは、自らの行動が結果に影響を与えないと学習し、ランダム

に行動を選択するようになると指摘されている。

本書で用いられている、エージェント・ベースのコンピューター・シミュレーションという手法は、コンピューターの進歩を受けて、今後

更に発展していくことが期待される。本書は、そのような新しい手法を環境問題に大胆に適用した先駆的な研究であり、大変に意義深いものであると言えよう。