

審査の結果の要旨

氏名 小野 真裕

本論文は「空間構造上の協力行動に関するエージェントベースモデル」と題し、8章から成る。

第1章「序論」では、空間構造上で関係を持つことになる意思決定主体（エージェント）間の協力行動を取り上げ、集団としての協力行動という創発現象に関し、これまで伝統的であった要素還元的なアプローチでなく構成論的な手法の必要性を論じるという、本研究の立場を述べている。

第2章「個体・集団の意思決定」では、ゲームとは何か、また関連する領域でどのような位置付けとなるかを説明している。本研究に関連する内容に関しては、これまで幾つかの分野で研究がなされてきているが、それらを整理して上で、統合的なパースペクティブを示し、本研究を位置付けている。

第3章「ネットワーク形式」では、空間構造上において囚人のジレンマ・ゲームをプレイするエージェント集団の基本的な振る舞いを調べている。ここで、プレイヤーは過去1回のゲームの記憶を持ち、刺激-反射モデルに従う1次のメタ戦略を取る。コンピュータ・シミュレーションを行い、エージェント集団を進化させて、その振る舞いや特性を観察し、これまで生態学分野で確認されていた各生物種のランクと個体数の関係はべき乗に従うという現象を確認している。

第4章「ネットワーク形式」では、ゲームと連動して関係の空間構造が変化する場合について調べている。エージェント間の接続をエージェントが操作可能である時、集団規模を一定とした場合と集団が成長する場合について、空間構造が変化する様子をシミュレーションにより確かめ、どちらの場合も実世界で観察されるようなネットワークのように、特定のエージェントへの集中が生じることを示している。

第5章「空間構造の学習への影響」では、ゲームをプレイする新たなエージェント・モデルを提案し、空間構造が学習に与える影響を調べている。このエージェントは強化学習を行い、ゲームの過程で自己の戦略を変化させることができる。進化の過程で学習パラメータを観察することで、エージェント間の関係性が強くなれば将来の報酬を期待し協力しやすくなることを示している。これは社会学における信頼と集団の流動性の関係に関する知見を支持する結果となっている。

第6章は「集団の制御可能性」である。工学的、社会工学的な応用を考える場合には、集団の特性を何らかの方法で、望ましい状態に導くような技術が必要であるが、結果の予測が困難で複雑な系においては、そのような要件を充たす決定的な手法は存在しない。ここではこの状況をゲームととらえて考え得る方法を整理し、次いで空間構造を利用した制御方法を提案し、実験を通してその効果を調べている。その結果、集団の多様性とトレードオフがあるものの、ある程度空間構造に偏りがある場合には有効性があることを示している。

第7章「他者意図の推定」では、他エージェントの意図を推測しゲームを行うエージェントを提案し、その効果を定量的に評価している。対戦相手エージェントの戦略を推定する場合には、後方帰納法に基づき最も利得の得られる行動を選択するモデルと比較し、著しく協力する

可能性が高まることを示している。

第8章「結論」では、本論文をまとめ、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は空間構造上で関係を持つ意思決定主体（エージェント）間の集団としての協力的行動の創発について、これまで伝統的であった要素還元的なアプローチでなく、マルチエージェントによるコンピュータ・シミュレーションを用いる構成論的なアプローチから論じている。そして、多主体意思決定環境においてはある意思決定主体であるエージェントは他のエージェントから影響を受けるが、特に空間構造によってその影響の様相が異なること、集団の相互協力の度合いが異なることなどの知見が得られたことを示している。また、複数エージェントの意思決定モデルを提案し、関係の空間構造は学習プロセスへ影響を与えること、他のエージェントの戦略の推測は協力関係を達成するのに非常に有益であることの知見を示している。これらはマルチエージェント・システムにおいてエージェントの集団行動を扱う際に有用となる知見を与えており、電子情報学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位論文として合格と認められる。