

# 概要

分散協調システムの一つとして，未知の複雑な環境で1台のロボットやエージェントなどでは達成が困難であるが，複数の自律エージェントが協力することにより目標を達成することができるマルチエージェントシステム (MAS) に関する研究が盛んに行われている．MAS は問題解決能力，適応能力，ロバスト性，並列性，モジュール性などの点で利点があるため，シングルエージェントにできない作業でもマルチエージェントには達成できる可能性がある．

一方，強化学習は未知環境下で，エージェントが環境との相互作用により，報酬または罰を受け取ることで，動物の条件反射のようにある環境に対応する適切な行動を起こしやすくなる学習手法である．強化学習は教師信号などの環境に対する事前知識を必要とせず，報酬を頼りに試行錯誤を繰り返すことで適切な行動を自律的に学習できる．そのため，他の機械学習と比べ，動的な環境変化に柔軟に対応しやすく，予想以上の行動を得たりする場合もあるため，マルチエージェント強化学習の研究にも期待が寄せられている．

しかしながら，強化学習はシングルエージェントを対象に開発された手法であり，マルチエージェントで強化学習をそのまま適用すると，不完全知覚問題，同時学習問題，報酬分配問題などいくつかの問題が生じることが知られている．協調行動を獲得するため，個々の自律エージェントは，どのように相互に影響を与えれば，全体の適切な協調行動を獲得できるかという問題における決定的な解決方法は示されていない．協力作業では，センシング情報，エピソード，学習方策やアドバイスのやり取りなどを共有することで，協調行動を学ぶことが有効である．しかし，エージェントの自律性により，相手に有効なことを自身に適用できない場合が多い．経験の共有は類似した環境の学習に限るため，学習環境の状況が複雑になると，相手の学習方策がどのような状況で，どの程度利用されるかなどを自律的に相互学習することが必要となる．

マルチエージェント環境では，学習プロセスの間にインタラクションによりどのような良い行動を獲得するかが重要となる．そこで，エージェント間のソーシャルインタラクションを通じて，人間に似た優れた協調能力をもつ MAS の構築を行なうことを本研究の主な研究目標とする．

本研究では，まずどのエージェントにどれだけの報酬量を分配すべきかという報酬分配

の問題において、個体行動評価とファジィルールを用いた協調行動評価により、個々のエージェントの行動による個体貢献度とシステム全体に対する協調貢献度を求めて、個々のエージェントに貢献度に応じた報酬分配を行うマルチエージェント強化学習手法を提案する。

また、自律エージェント間の報酬のやり取りや強化値インタラクションを通じて、インタラクティブ学習が可能なシステムの構築を提案する。ここでは従来の「エージェント個体-環境」のみの学習モデルと異なり、「エージェント個体-他エージェント個体」のインタラクティブ学習モデルも含めている。本研究では、各エージェントが目標達成行動に携わりながら、それぞれのエージェントと情報をコミュニケーションしたり、報酬を分配したり、相手との信頼度を構築したりすることができる。学習していない環境または学習経験がほとんどなかった環境においても、他エージェントの経験を利用することが可能である。このように、エージェント間のインタラクションを利用して、相互協力を行うグループ作りを促進し、グループ行動の協調能力を向上させる。

最後に、提案手法の有効性を検証するため、さまざまな条件で行なった獲物追跡問題を例題にシミュレーション実験を行ったので、その結果について報告する。さらに、異なる条件下におけるマルチエージェントのソーシャルインタラクション情報を視覚化する実験も行なった。インタラクション情報の可視化を通じて、初期位置、視野範囲や移動速度などのエージェントの特性がインタラクティブ強化学習にどのような影響を与えるかを分析する。