

用語解説

マルチエージェント進化

インターネットの発展や様々なシステム統合の進展に伴い、システムを複数の意思決定/行動主体から構成されるものとみなす「マルチエージェント」研究が活発化している。社会科学や生物学的視点からはシステムの振る舞いについての解析が問題とされるが、人工知能研究では、エージェント間にどのような関係を持ち込むことで、より知的な動作を実現できるかという設計問題が主要な課題となる。マルチエージェントシステムでは考慮すべきシステムの状態の数が組み合わせた爆発を起こす場合が多く、エージェント集団の分割やプロトタイピングが容易な開発ツールの利用などとともに、環境に適応する機構を埋め込むこともシステムの頑健性を増す意味でも有用な方法である。

適応機構を実現する枠組の1つは機械学習の機構を個々のエージェントに持たせる「マルチエージェント学習」の枠組であり、もう1つが「マルチエージェント進化」である。一般的には不連続で飛躍的な発展に「進化」という語を当てる場合もあるが、ここでは「ダーウィンの進化」の意味、すなわち、個体の行動を規定する「遺伝型」が世代を経るごとに変化を含む複製を繰り返すことによる変化の意味である。ダーウィン進化に習ったシステム最適化手法としてよく知られている遺伝的アルゴリズムなどの進化的計算の枠組では、複数の個体からなる集団による探索を行なうので、エージェント集団と個体集団の対応について、以下に述べるような相異なる枠組が可能である。

進化的計算をシステムの最適化に用いる際の最も自然な形態は、1つのシステムを1個体に対応させ、システム全体の特性を表現するデータ構造を遺伝型とすることでであろう。すなわち、マルチエージェントシステムの場合には、システムに含まれるすべてのエージェントの特性を1つの個体分の遺伝情報として表現する。均質なエージェント集団なら、すべてのエージェントの遺伝情報を同一のものを用いてもよい。この場合、1個体の遺伝情報は1エージェント分の情報でよいので、メモリ効率も良く探索空間も小さくなるが、すべてのエージェントが同じ戦略を有することになるから、複雑な役割分担が必要な問題領域には不適切であろう。こ

れはミツバチやアリなどの社会性昆虫におけるクローン集団と同じである。いずれの場合も、適応度は各システムについて計算することになり、個体数分のマルチエージェントシステムを各世代ごとにすべて計算する必要がある。シミュレーションによってシステムの性能を評価する場合には、「1エージェントのCPU時間×エージェント数×個体数×世代数」だけの計算が必要となる。

人工生命の視点から見た場合の最も自然な形態は、個々のエージェントを進化的計算の個体に対応させることであろう。優秀なエージェントは多くの子孫を残し、相対的に劣るエージェントは子孫を残さずに死滅する。生態系のシミュレーションとして考える場合には、個体数の爆発や絶滅を許すような枠組が適切だが、システム設計に用いる場合には、そのようなエージェント数の極端な増減は好ましくない。1つの解決策は通常の進化的計算のように個体数を一定にしておくことであろう。もう1つの困難は、システムの評価と個体の評価の関係にある。本来はシステム全体の性能を最適化したいわけだが、エージェントを個体に対応させると、個々のエージェントに評価値を割り当てる必要がでてくる。問題によっては優秀な個体を集めれば全体として性能が良くなるとは限らない場合もあり、適応度関数の設計には十分注意しなければならない。また、遺伝情報がエージェント間で再利用可能であることも必要である。ハードウェアが共通のロボットエージェント集団でソフトウェアを遺伝情報とする場合などはこの手法が使えるが、ハードウェアが異なれば、他エージェントの遺伝情報は役に立たず進化は困難となる。「1エージェントのCPU時間×エージェント数×世代数」だけの計算が必要となる。

分類子システムを用いた進化的学習の機能を各エージェントに持たせる方法も、進化的計算の応用といえるが、これはマルチエージェント進化というよりも、進化的学習を用いたマルチエージェント学習と呼ぶべきであろう。

ICGA, GP, ICEC, PPSN など進化的計算の国際会議録に、伊庭, Bull, Koza, Sen らの関連する研究論文がある。

〔畝見 達夫 (創価大学)〕