

論文内容の要旨

博士論文題目 マルチエージェント技術を用いた
組み合わせ最適化問題に対する近似アルゴリズム

氏名 村田佳洋

(論文内容の要旨)

NP 困難のクラスに属する組合せ最適化問題は多項式時間で最適な解を導くことができないと予想されており、従来から、現実的な時間でより良い近似解を導くための様々な近似アルゴリズムが研究されている。一方、分散計算技術の発達により、自律した複数の計算機もしくはプロセスが協力して問題を解く、マルチエージェント技術が近年注目されるようになってきた。

本論文では、NP 困難のクラスに属する問題を解くためのマルチエージェント技術を用いた近似アルゴリズムに関する 2 つの研究を行った。最初に、仕事へのエージェント集合割り当て問題に対する近似アルゴリズムについて述べ、次に、より一般的な問題に対して、計算に必要なパラメータを自動的に適応するエージェント指向自己適応遺伝アルゴリズムについて述べている。

仕事割り当て問題としてのエージェントの協力問題の定式化の一つに、仕事へのエージェント集合割り当て問題(Task-Coalition Assignment Problem, 以下 TCAP)がある。TCAP は Shehory らによって提案され、形式化が試みられている。本論文では、まず TCAP の定義を示し、次に TCAP が最大クリーク問題を含むことを証明する。これにより、最適解の定数倍の近似解を求める多項式時間近似アルゴリズムは、 $P=NP$ でない限り存在しないことが示される。次に、TCAP の特別な場合である 1 次元仕事へのエージェント集合割り当て問題(1-TCAP)を定義する。1-TCAP では、エージェントと仕事はスカラー量で特徴づけられる。まず、subset sum 問題が 1-TCAP に帰着できることから 1-TCAP が NP 困難のクラスに属することを示す。次に、1-TCAP に対する多項式時間近似アルゴリズムを提案し、その近似解の値と最適解の値の比率が最悪の場合でも $9/4$ 未満であることを示す。

次に、本論文では、遺伝アルゴリズムにおける解探索の際のパラメータを自動的に適応する、エージェント指向自己適応遺伝アルゴリズム (Agent oriented Self-Adaptive Genetic Algorithm, 以下 A-SAGA) を提案する。遺伝アルゴリズム (Genetic Algorithm, 以下 GA) は生物の進化を模した最適化アルゴリズムであり、広範な領域の問題に適用可能な手法として期待されている。しかし、GA の探索効率は与えられるパラメータ (突然変異率, 交叉率など) の組み合わせによって大きく左右されるという問題があり、多くのパラメータの調整を人手で行うのは困難である。そこで、パラメータを自動的に調整する、様々な適応 GA が提案されている。しかし、従来の適応 GA のほとんどは 1 ないし 2 つのパラメータしか適応させられず、多数のパラメータを適応させる適応 GA であっても、そのほとんどが大きな計算量を必要としていた。A-SAGA は、合理的な計算量で、多数のパラメータを同時に適応させることができる。また、適応度の評価方法と遺伝的演算子の定義が与えられれば、各島に与えられるパラメータがどのような組合せでも適用可能であるという特徴を持つ。本手法の有効性を、メタ GA との探索効率の比較実験により評価し、4 つのパラメータが合理的な計算量で同時に適応させられることを示す。

氏名	村田佳洋
----	------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、NP 困難のクラスに属する問題を解くためのマルチエージェント技術を用いた近似アルゴリズムに関する研究をまとめている。

本論文では、まず、仕事割り当て問題としてのエージェントの協力問題の定式化の一つである仕事へのエージェント集合割り当て問題(Task-Coalition Assignment Problem, 以下 TCAP)の、より一般的な定義を示している。そして、TCAP が最大クリーク問題を含むことを証明し、これにより、最適解の定数倍の近似解を求める多項式時間近似アルゴリズムは、 $P=NP$ でない限り存在しないことが示している。また、TCAPの実用的なサブクラスである1次元仕事へのエージェント集合割り当て問題(1-TCAP)を定義している。subset sum 問題が 1-TCAP に帰着できることから 1-TCAP が NP 困難のクラスに属することを示している。そして、1-TCAP に対する多項式時間近似アルゴリズムを提案し、その近似解の値と最適解の値の比が最悪の場合でも $9/4$ 未満であることを示している。

次に、本論文の遺伝アルゴリズムにおける解探索の際のパラメータを自動的に適応する、エージェント指向自己適応遺伝アルゴリズム(Agent oriented Self-Adaptive Genetic Algorithm, 以下 A-SAGA)を提案している。従来の適応 GA のほとんどは 1 ないし 2 つのパラメータしか適応させられず、多数のパラメータを適応させる適応 GA であっても、そのほとんどが大きな計算量を必要としていたが、A-SAGA は、合理的な計算量で、多数のパラメータを同時に適応させることができる。また、GA を適用するために必要な最低限の定義である適応度の評価方法と遺伝的演算子(交叉演算子や突然変異演算子)の定義を与えることによって適用できるために、必要な予備知識や事前定義が少ない。本論文において、A-SAGA の有効性を、メタ GA との探索効率の比較実験により評価し、4 つのパラメータが合理的な計算量で同時に適応させられることを示している。また、エージェントの自律性による拡張性について考察している。

以上の研究成果は、NP 困難のクラスに属する問題を解くためのマルチエージェント技術を用いた近似アルゴリズムに関する研究分野の発展に貢献しており、本論文は博士(工学)論文として価値あるものと認める。