

論文審査の結果の要旨

氏名 アランニャ クラウス デ カストロ

本論文は「Development of Hybrid Evolutionary Techniques to Solve Resource Allocation Problems (資源配分最適化問題への進化論的アプローチ)」と題し、9章からなり、資源配分問題の効率的な解法のために木構造遺伝型、局所探索法、およびセル戦略を統合したハイブリッド進化計算手法を提案し、実際的な問題における最適化実験を通して提案手法の有用性を検証している。

第1章は序論であり、主題と進化計算について述べている。また従来手法の持つ問題点について議論している。

第2章では、資源配分最適化問題について述べ、この問題を従来手法で解く際の困難性について議論している。資源配分最適化問題は、パラメーターの合計が資源量に等しいという制約下での最適化問題である。その結果、各パラメータの最適な値は他のパラメータの値に強く依存し (Epstasis と呼ばれている)、従来手法で効率的に解くことは難しい。さらに本章では、金融ポートフォリオ問題や ELD (Economic Load Dispatch, 経済的負荷分担) などの資源配分問題の実世界における例について説明している。

第3章では、金融ポートフォリオ最適化問題の詳細について述べる。金融ポートフォリオでは、複数の銘柄の重みをバランスして、リスクを下げることを目的とする。金融会社が長期間の投資を行うためには、リスクの低いポートフォリオを作成する必要があるため配分の最適化は金融工学における重要な問題である。しかしながら、ポートフォリオで使用する銘柄の数は非常に多く、第2章で述べた Epstasis も存在するため、効率的に解くのは極めて難しい問題の1つである。

第4章では、TGA とよばれる進化計算におけるあらたな遺伝子表現を提案する。TGA は問題の解候補を表現するための木構造による遺伝子表現である。木構造を用いることにより、進化計算アルゴリズムは最適化を行うパラメータ間の関係を効果的に学習することができ、資源配分問題においては従来手法より効率よく解を探索できる。性能向上 (どれぐらいパラメータ間の関係情報を学習できるか) については、シミュレーション実験結果を行い確認している。さらに、ポートフォリオ最適化問題に対する実験を行い、従来手法に比べてより最適で簡潔な解が得られることを示している。

第5章では、TGA システムに局所探索を導入する。遺伝的アルゴリズムと局所探索を統合したハイブリッドアルゴリズムは「メメティックアルゴリズム (Memetic Algorithm)」と呼ばれており、実数値問題に対して有効であることが知られている。本提案手法において、Memetic Algorithm は TGA 内の木構造内の重みを最適化するために使用される。問題の自由度が高い場合、Memetic Algorithm の計算量は非常に多くなるが、分割統治法により独立して部分木を最適することが可能である。ポートフォリオ最適化問題に対する実験により、Memetic Algorithm の有効性を定量的に示している。

第6章では、TGAシステムにセル戦略を加える手法を提案する。遺伝的アルゴリズムのセル戦略では、集団をグリッドに分割し、各セルに一つの個体を入れる。これにより、集団中の交叉を限定することができ、局所解に陥ってしまう危険性を低減させることができる。さらに、セル戦略はシステムパラメータの自動調整を可能にする。本章では4種類のセル戦略について比較実験を行っている。実験結果から得られた最良の組み合わせを以下で構築する最適化システムに採用する。

第7章では、4～6章で示された手法に基づくTGAシステムを3種類の問題（数学的なベンチマーク最適化問題、金融ポートフォリオ最適化問題およびELD最適化問題）に対して適用し、検証実験を行う。実験により、従来手法と比較して効率が向上することを定量的に確認している。

第8章では、提案したハイブリッド進化計算手法（遺伝子表現、セル戦略および局所探索）のメリットについて議論する。とくに、実世界問題を効率よく解くために、問題空間が有する特殊な情報構造を遺伝子構造で表現するための方法について議論する。

第9章においては、本論文のまとめと今後の展望が述べられている。

以上これを要するに本論文は、資源配分の最適化問題を解くためのハイブリッド進化計算手法を提案し、複数の実際的な問題に適用して有用性を実験的に検証したものであり、情報学の基盤の発展に貢献するところが少なくない。したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。