

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 スキーマ貪欲に基づく進化的計算手法とその実問題への
応用
氏 名 丸山 崇

論 文 内 容 の 要 旨

実問題において大規模組合せ最適化問題をできるだけ短い計算時間で解くための計算手法が求められている。例えば、Web データマイニングにおいては、ログなどの膨大な情報から必要とする特徴的なデータを抽出する必要があり、これに大規模組合せ最適化問題の解法が必要とされることがある。また、構造物の形状や材料を最適化する構造最適化問題においても、多目的で多様な制約条件を含む組合せ最適化問題を解析する必要がある。その他、蛋白質の構造解析などのバイオインフォマティクスの分野、株式市場の予測モデルなどにおいても最適化手法が利用されている。

このような多くの分野において進化的計算手法の適用研究が行われており、代表的なアルゴリズムに遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) がある。GA は、生物の適応進化のメカニズムをモデル化した探索手法であり、最適化、適応、学習など多方面に応用され、アルゴリズムの頑健性、汎用性の高さが示されている。しかし、GA の探索能力は交叉、突然変異などのオペレータについてのパラメータ設定に依存する。

進化的計算手法の一つに、相澤らにより提案された確率的スキーマ貪欲法 (Stochastic Schemata Exploiter: SSE) がある。SSE は、設計変数が 0/1 の 2 進数で定義された 0/1 組合せ最適化問題を解析するために提案された探索手法であり、初期収束特性と必要な制御パラメータが非常に少ない特徴がある。また、その探索アルゴリズムから、すでに発見された良い解の近くを詳細に探索する傾向があり、組合せ最適化問題に適した解探索手法であると考えられる。このような興味深い特徴を有する SSE であるが、相澤らによって提案された後、応用研究は行われていない。そこで、本論文では、最初に、SSE の探索性能の改善を目的とした、3 つの改良アルゴリズムについて述べ、他の手法と探索性能を比較している。これによって改良ア

ルゴリズムが、SSEの大域的な解探索性能を改善できることを示す。特に最後の改良アルゴリズムでは、SSEを設計変数が実数値をとる実数値最適化問題に適用できるように改良し、そして、それをトラス構造物の最適設計問題に適用している。

本論文は以下の7章からなっている。

第1章の序論において、最初に研究の背景や目的について述べている。実問題において組合せ最適化問題がどのような場面で必要とされるのかについて記述した後、遺伝的アルゴリズム (GA) の適用研究や問題点などについて述べている。そして、本研究で扱っている確率的スキーマ貪欲法 (SSE) の特徴について述べ、なぜSSEが組合せ最適化問題に適していると考えに至ったか、研究の着想について記載している。また、この章の最後では、本論文の構成についても述べている。

第2章では、GA, Bayesian Optimization Algorithm (BOA), SSEのアルゴリズムについて述べている。GAの中では、単純GA (SGA) と Minimum Generation Gap (MGG) を用いたGAについて特に詳しく説明している。世代交代モデルとしてMGGを用いるGAは性能の良い解を探索出来ることを示している。また、BOAは収束の早いアルゴリズムである。そこで、解析例において提案手法をこれらのアルゴリズムと比較している。2章では、これらのアルゴリズムについて説明している。

第3章では、SSEの探索性能の検討を行う。テスト問題として騙し問題、HIFF問題、H-Trap問題、ナップザック問題、グラフ分割問題を用いてSSEをGA, BOAと比較し、その探索性能を検討している。解析結果より、SSEは、BOAと同程度の優れた収束特性を持っており、GAより少し劣るが、BOAよりは性能の良い解を探索できることを示している。

第4章、第5章、第6章では、SSEの改良アルゴリズムについて述べている。

第4章では、拡張型確率的スキーマ貪欲法 (Extended Stochastic Schemata Exploiter: ESSE) を提案している。SSEでは、個体集団から複数の個体による個体部分集合を構成して共通スキーマを抽出し、そのスキーマから次世代の個体を生成する。抽出されたスキーマ群の中には、同一のものや類似のものが含まれている場合がある。そこで、ESSEでは、スキーマ群の多様性を改善することで探索性能を改善することを目的としている。その方法により、ESSEには7種類のもものが考えられる。いくつかのテスト問題で比較した結果、ESSE-c1と名付けたアルゴリズムがもっとも良い探索性能を示している。そこで、先に述べたテスト問題においてESSE-c1とGA, BOA, SSEの性能比較を行い、ESSE-c1は1世代あたりの計算時間が他のアルゴリズムよりも若干長いにもかかわらず、収束速度が速いという特性から、結果的に他の手法よりも短時間で解探索できていることを述べている。

第5章では、Cross generational elitist selection SSE (cSSE) を提案している。

ESSEが抽出されたスキーマ群の多様性を改善したのに対して、cSSEでは個体群の多様性を改善することによってSSEの性能を向上することを目的としている。ESSEでは、同一スキーマを削除するために、大きな計算コストを必要とする問題があるが、cSSEは、ソート済みの母集団を用いた世代交代モデルを用いて改良することで、計算コストを抑えながら個体の多様性を実現することができる。先に述べたテスト問題において他のアルゴリズムと性能比較を行った結果、他の手法と同等以上の性能の良い解を、GAより速く、BOA、SSEと同程度の早い収束速度で探索できることを述べている。

SSEは、設計変数が0/1の2進数で定義された最適化問題を解析するために開発されている。そこで、第6章では、設計変数に実数値を持つ実数値最適化問題を解析できるように改良した実数値SSE (Real-coded SSE: RSSE) を提案している。RSSEには、交叉手法の違いによってRSSE-SPXとRSSE-UNDX-2がある。いくつかの実数値テスト問題において、RSSEと実数値GA (Real-coded GA: RGA) の性能比較を行った結果、RSSE-SPXは設計変数間に依存関係のない単峰性、多峰性の問題において、RSSE-UNDX-2は設計変数間に依存関係のない単峰性、多峰性の問題と設計変数間に依存関係のある単峰性の問題において、RGAと同程度の性能の解を探索できており、その収束速度はRGAよりも速いことを示している。そして、RSSEをトラス構造物の最適設計問題に適用している。応力制約条件下でトラス重量最小化問題を解いたところ、RSSE-UNDX-2は、RGAよりも遙かに早い収束速度でRGAと同程度の解に収束することを示している。

第7章では本論文の結論を述べている。これまでの一連の研究についてまとめた後、本研究に関連する今後の展望などを述べている。