

氏名 野々部 宏 司
 学位(専攻分野) 博士 (情報学)
 学位記番号 情博第10号
 学位授与の日付 平成12年3月23日
 学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
 研究科・専攻 情報学研究科数理工学専攻
 学位論文題目 Studies on General Purpose Heuristic Algorithms for Combinatorial Problems
 (組合せ問題に対する汎用近似アルゴリズムに関する研究)

論文調査委員 (主査) 教授 茨木俊秀 教授 福嶋雅夫 教授 若間一雄

論文内容の要旨

本論文は、広範な組合せ最適化問題に対して適用することのできる、汎用近似アルゴリズムの構築、およびその実験的解析をまとめたもので、7章からなっている。

第1章は序論であり、組合せ最適化問題に対する近似アルゴリズムの重要性やこれまでに提案されている近似アルゴリズムのほとんどが個々の問題に対する専用アルゴリズムであるという研究の背景から、組合せ問題に対する汎用近似アルゴリズムの有用性を述べたのち、本研究の目的、および研究成果の概要を述べている。

第2章では、多くの組合せ問題を定式化することのできる制約充足問題の定義を与えたのち、これまでに研究されてきた制約充足問題の解法について概説している。制約充足問題の厳密解法としては、バックトラッキング法を基本としたアルゴリズムが主流であり、その効率を高める手法に関する過去の研究について述べている。また、制約充足問題に対する近似解法についても、その概略を述べている。

第3章では、組合せ問題に対する汎用近似アルゴリズムを構築している。そこで採られているアプローチは、まず解くべき問題を制約充足問題に定式化し、それを制約充足問題に対する近似アルゴリズムを用いて解くものである。これを実現するため、制約充足問題に対して、メタ戦略の一つであるタブー探索の適用を行っている。その中で、近傍の探索効率を高める工夫に加え、汎用アルゴリズムとしての実用性を高めるため、プログラムパラメータの自動調節を行う手法を組み込んでいる。一般に、メタ戦略は幾つかのプログラムパラメータを含み、その値が計算結果に多大な影響を与えるため、その適正値を求めるのに予備の実験が必要となることが多い。ここで提案されている手法は、その手間を大幅に削減するものである。その有用性を示すため、グラフの彩色問題や現実の高等学校の時間割問題に対する実験的解析を行っている。

制約充足問題は、与えられた全ての制約を満たす解を求める問題であるが、現実に現れる問題では、そのような解が存在しない場合も多い。そのため、制約の中の特に重要なものは必ず満たしつつ、残りの制約については、それらの満足度を最大化させることが必要になる。第4章では、そのような問題に対応できるよう第3章で提案されたアルゴリズムを拡張している。一般に、各制約の重要度が均一でない問題に対してタブー探索など局所探索法に基づくアルゴリズムを設計する際には、探索方向を定めるために解の評価関数の定め方が重要となる。ここでは、タブー探索中、評価関数を動的に変化させる手法を提案している。この手法は、ラグランジュ緩和問題に対する劣勾配法の考え方に基づくものであり、計算機実験によりその有用性を示している。すなわち、一般化割当て問題、集合被覆問題といった代表的な組合せ最適化問題だけでなく、看護婦スケジューリング問題など現実問題に対する計算結果を与え、個々の問題に対する専用アルゴリズムや、整数計画問題に対する商用パッケージによる結果と比較し、その有効性を示している。

第5章では、与えられた問題を制約充足問題に定式化する方法について考察している。一般に、一つの問題を制約充足問題に定式化する方法は一意ではなく、複数の定式化が可能である。その定式化の違いによる計算結果への影響を調べると

もに、効果的な定式化法について考察を行っている。第6章では、問題の対象をスケジューリング問題に限定した、汎用近似アルゴリズムを提案している。まず、ジョブショップ問題など多くのスケジューリング問題をその枠組みの中に含む資源制約付きスケジューリング問題に着目し、その定式化能力を拡張することで、より現実的なスケジューリング問題を扱えるようにしている。次に、良質のスケジュールを効率良く探索できるように、探索空間や近傍の定義に留意しつつ、タブー探索に基づく近似アルゴリズムを構築している。このアルゴリズムの性能を評価するため、ベンチマーク問題に対する計算実験を行い、従来の最良値を更新するなど、多大な効果があることを示している。さらに、現実のスケジューリング問題に対する計算結果も与えている。

第7章は結論であり、本論文で得られた結果を総括的にまとめ、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

計画立案やスケジューリングなど現実に現れる多くの問題は、組合せ最適化問題として定式化される。しかし、ほとんどの組合せ最適化問題は、厳密解を求めることがきわめて困難であり、応用上、近似アルゴリズムの果たす役割は大きい。また、一般にアルゴリズム開発には多くの時間と労力を要し、個々の問題に対してそれぞれ専用の近似アルゴリズムを開発することは実用的ではない。このことから、多様な組合せ最適化問題を扱うことのできる汎用近似アルゴリズムの研究が求められている。

本論文は、そのような汎用近似アルゴリズムの構築、および実験的解析による性能評価を行ったものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

1. 高い定式化能力を有する制約充足問題に対して、メタ戦略の一つであるタブー探索の適用を行った。その中でプログラムパラメータの自動調節を行う手法を提案し、計算機実験によりその有効性を確認した。これによって、ユーザがパラメータを調節する手間を大幅に軽減することができる。
2. すべての制約を満たすことが困難である問題を扱うため、重要度の高い制約を満たしつつ、残りの制約の充足度を最大化させるようアルゴリズムを拡張した。計算実験によって、現実問題を含め、代表的な組合せ最適化問題に対して良質の近似解が実用的な時間で求解可能であることを示した。
3. 与えられた問題を制約充足問題に定式化して解く際、その定式化の違いによる計算結果への影響を調べ、効果的な定式化について考察した。
4. 問題の対象をスケジューリング問題に限定した、汎用近似アルゴリズムを提案した。具体的には、資源制約付きスケジューリング問題の定式化能力を拡張するとともに、タブー探索の適用を行っている。また、多様な制約を有する現実のスケジューリング問題に対する実験的解析により、その有用性を示した。

以上、本論文は、広範な問題を扱うことのできる汎用近似アルゴリズムを提案するとともに、計算実験によって、現実問題を含め、多くの問題に対してその有用性を示しており、学術上、応用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年2月1日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。