

巡回セールスマン問題に対する蟻コロニー最適化の改善と性能評価

Improvement and Performance Evaluation of Ant Colony Optimization for Traveling Salesman Problem

ロウテイテイ¹⁾

指導教員 亀田弘之²⁾

- 1) 東京工科大学 大学院 バイオ・情報メディア研究科 コンピュータサイエンス専攻
思考と言語研究室
- 2) 東京工科大学 コンピュータサイエンス学部 先進情報専攻

キーワード：蟻コロニー最適化, MAX-MIN Ant System, 遺伝的アルゴリズム, 巡回セールスマン問題

1. はじめに

組合せ最適化問題は、経済、機械工学、電気工学など非常に多岐にわたる分野で直面する問題である。巡回セールスマン問題は、新しい組合せ最適化アルゴリズムをテストするための標準的な問題である。都市数が少ないとき、厳密解を求めることが可能である。しかし、都市数が増えると、巡回路の総数は指数関数的に増加していくため、厳密な解法では計算コストが膨大となり、実用的な時間で解くことが困難となる。そこで、メタヒューリスティクスなど、厳密に最適解を求めることを諦める代わりに、短い時間で質の良い解を出す手法が研究されている。それらメタヒューリスティクスと呼ばれる手法のひとつに、蟻コロニー最適化(Ant Colony Optimization, ACO)という手法がある。ACOは、自然界の蟻の捕食活動を模倣した手法で、GAやSAなどの他の手法に比べ、精度の良い解を求めることができるということで近年注目されている。

ACOはフェロモンの蓄積と更新により最適な経路に収束するが、初期探索ではフェロモンが不足するため、フェロモンの蓄積時間が長く、解決速度が遅い。そのため、本研究では、性能の向上を目的にACOの中でも代表的なアルゴリズムであるMAX-MIN Ant System(MMAS)と遺伝的アルゴリズム(GA)を組み合わせる手法を提案する。提案手法の性能

評価として、よく用いられる巡回セールスマン問題による提案手法とMMASの比較検証を行う。

2. 関連研究

2.1 巡回セールスマン問題(TSP)

TSPはオペレーションズ・リサーチと理論的なコンピュータサイエンス分野において盛んに研究されている組合せ最適化問題で、NP困難な問題としてよく知られている。TSPは、 n 個の都市の集合と都市間の距離が与えられるとき、任意の都市から巡回を開始し、すべての都市を一度ずつ訪問し、最初の都市に戻る巡回路の距離が最も短いものを求める問題である。最初に提案されたACOであるAnt SystemがTSPを対象に考案されたものであるため、多くの改良型がTSPに準拠したものとなっている。

2.2 Ant System (AS) [1]

ASは、蟻の採餌行動を元に1992年にMarco Dorigoによって作製されたアルゴリズムである。蟻は餌を探している間、フェロモンという揮発性のある物質を通った道筋に残していく。また、蟻はフェロモンの濃度が濃い道筋を選択しやすい。

2.3 MAX-MIN Ant System (MMAS) [2]

Stutzleらにより提案されたMMASは、望ましくない局所解にトラップされないようにフェロモン値を更新する方法である。MMASでは、各反復での最良解だけを用いてフェロモンを更新する。また、

フェロモン値の上下限を制限し，初期フェロモン値を上限値に設定する．この方法は他の方法に比べ，求解能力が優れていることが報告されている．

3. 本研究の概要

GA は高速なグローバル検索機能を備えているが，システム内のフィードバック情報を利用していないため，解が特定の範囲に達すると，多くの冗長な反復が実行されることが多く，正確な解を得る効率が低くなる．一方，ACO はフェロモンの蓄積と更新を通じて最適な経路に収束する正のフィードバックの機能を備えているが，初期探索ではフェロモンが不足するため，フェロモンの蓄積時間が長く，解決速度が遅い．これら 2 つのアルゴリズムのそれぞれの欠点を克服し，補完的な利点を形成するために，まず，GA を利用して TSP の初期解を生成し，それを初期フェロモンに変換する．その後，ACO を利用して最適解を求める．GA の実行プロセス中に，ACO を実行するタイミングを動的に決定し，GA の早期終了または後期終了によるアルゴリズムの全体的な性能への影響を回避する．このように組み合わせたアルゴリズムは，時間効率と解決効率の両方が優れていることが期待される．

本提案手法の ACO では，MMAS を使用する．これは早期停滞の防ぎとアルゴリズムの有効性の点で，従来の AS よりも大幅に改善される．MMAS では初期フェロモン値が上限値に設定されるが，本提案手法では GA によって一定のフェロモン値が得られるので，初期フェロモン値をその値と下限値の和にする．また，GA の中で最小反復回数と最大反復回数を設定し，子集団の最小進化率を設定する．設定された反復回数内で，子集団の進化率が連続で最小進化率よりも低い場合，GA の最適化速度がこの時点ですでに非常に遅いことを意味する．したがって，GA プロセスを終了し，ACO に入る．

4. 数値実験

提案手法と従来の ACO に対して，TSP に適用し，最短距離と実行時間の平均値を比較する．最初に ACO のパラメータの最適な構成を考察してから，それを本提案手法に応用する．その後，提案手法と従来の ACO を比較する．実験で使用されるデータは，

TSP ベンチマーク問題(TSPLIB)の eil51 である．各シミュレーションは 20 回行い，その平均値を比較する．比較実験の実験結果を表 1 に示す．

表 1 提案手法と従来の ACO の比較実験

アルゴリズム	ACO	提案手法
最短距離 (標準偏差)	439.5km (3.62)	25.3s (0.19)
実行時間 (標準偏差)	431.0km (2.75)	14.7s (0.15)

比較実験の結果，提案手法の方が従来の ACO よりも最良解の平均値が良く，実行時間が短くなっていることが分かる．これは，eil51 に対して，最も良いパラメータを設定したからであるが，一般には都市数に合わせて，パラメータを変える必要があると考えられる．

5. おわりに

本稿では，ACO の性能の向上を目的にして，GA の利点を利用し MMAS と GA を組み合わせる手法を提案した．その結果，ACO と GA のそれぞれの欠点を克服し，補完的な利点を形成することができた．その後，提案手法を TSP のベンチマーク問題に適用し，数値実験により，提案手法が MMAS を含めた従来法に比べ，効率的に良質な解を求めることができることを検証した．ただし，ACO はパラメータの選択によって大きな自由度を持つため，パラメータの選択などまだ考察の余地が多分にある．今後の課題としては，パラメータを考察しながら，他のベンチマーク問題に適用してみようと考えている．規模が百変数程度の問題や，千変数程度の問題にチャレンジしたい．最終的に，異なる規模の巡回セールスマン問題に対して，提案手法が従来の手法よりも，アルゴリズムの実行時間と最良解が優れていることを期待している．

6. 参考文献

- [1] M. Dorigo and L. M. Gambardella: Ant Colonies for the Traveling Salesman Problem, Bio Systems, vol.43, pp.73-81, 1997.
- [2] T. Stutzle and H. H. Hoos: MAX-MIN Ant System, Future Generation Computer System, Vol. 16, No. 8, pp. 889-914 (2000).