

F-005

## 分割統治型アントコロニー最適化の巡回セールスマン問題への適用

## Ant Colony Optimization with Divide-and-Conquer Strategy to Traveling Salesman Problem

梶野 大輔<sup>1</sup>

Daisuke Kajino

原 元司<sup>1</sup>

Motoshi Hara

## 1. はじめに

近年、多くの組み合わせ最適化問題に適用されているメタヒューリスティック手法の1つにアント・コロニー最適化(Ant Colony Optimization: ACO)がある.ACOは蟻の給餌行動をヒントに作られた手法であり、ネットワークルーティングをはじめとする分野において高精度な解を求めることができることで注目されている.しかし、大規模問題に対しては計算時間がGAやSAなどの手法と比べて長くなるという問題があり、実用時間での適用には課題が残されている.

そこで、本研究ではこの問題を解決するために、TSP問題に対する分割統治型ACOアルゴリズムを提案し、計算量の軽減と精度の改善を目指すことにした.本稿では、提案手法の概要と現時点で得られているいくつかの結果を報告する.

## 2. ACO

## 2.1 AS(Ant System)

ASは、ACOの基礎モデルとなっているシステムであり、当初は巡回セールスマン問題(TSP)に適用が試みられた.ASでは、実際のアリにヒントを得たエージェントを複数導入し、各都市にランダムに配置する.そして、個々のエージェントはフェロモン軌跡濃度に比例する確率で都市を遷移する.このとき、各エージェントは各都市を一度しか訪問しないというTSPの制約下で遷移を繰り返す.全てのエージェントが巡回路の生成を完了した時点でフェロモン軌跡濃度を更新する.このことにより、短い経路上により多くのフェロモンが付加され、軌跡濃度が大きくなる.エージェントは、生成されるフェロモン軌跡濃度を用いて巡回路生成を行う.結果として、複数エージェントが生成した経路中で最短となる経路が近似解となる.

本研究では、このASでも比較的精度の良い解が得られるとされているMMAS(Max Min Ant System)をTSPに適用する分割統治型ACOを提案する.以下では、MMASを単にASとのみ表記するものとする.

## 3. 提案方法

全体にASを適用し、ある時点で算出されている最適解からランダムに1つの都市を選び、その都市から巡回路順に指定した都市数分離れたもう1つの都市を指定する.この2つの都市を境界として、部分的に切り取った2つの都市群について部分巡回路を生成する.全体の巡回路は部分巡回路の合成によって生成される.アルゴリズムは以下ようになる.

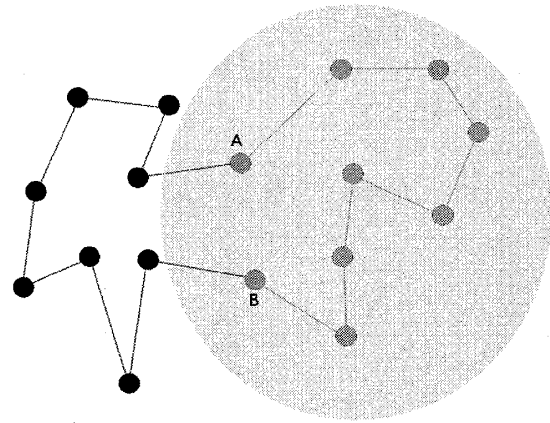


図1: コロニーモデルの擬似生成

1. 都市全体をASを用いて最適化し巡回路を求める
2. 1を指定したサイクル数だけ繰り返す
3. 都市の中から1つ目の分割点に使用する都市をランダムに選択する(この都市を都市Aとする)
4. 現時点で算出されている最も良い巡回路 $T_{best}$ に沿って都市Aから指定した都市数 $L_d$ だけ離れた都市を2つ目の分割点として選択する(この都市を都市Bとする)
5. 各エージェントの生成する経路のうち、都市A,Bによって区切られた2つの都市群のうち、一方の都市群で生成される部分経路を $T_{best}$ と同じになるように初期化する
6. ASを用いて最適化し巡回路を求める
7. 5,6の処理をサイクル数 $t_d$ だけ繰り返す
8. 終了条件が満たされるまで1から7を繰り返す

この手法では5の処理を行うことで実際に都市を分割(新たなコロニーモデルを別に生成することなく部分最適化を擬似的に再現している.これにより、分割や再結合などの計算量を省くことができ、処理の高速化を図っている.さらに、本提案システムでは全体の最適化と部分経路の最適化を交互に繰り返すことで多様性の維持を集中化と同時にしている.

以降では、提案手法をDAS(Division Ant System)と記述する.

<sup>1</sup>松江工業高等専門学校

## 4. 実験

### 4.1 実験方法

本提案システムと AS 及びその他の近似解法 (2-opt, Tabu Search : TS, 3-opt, Simulated Annealing : SA) を TSPLIB のあらかじめ最適解が知られている問題に適用し、解の精度についての比較実験を行った。この実験結果を表 1 に示す。

また、提案手法と通常の AS に対して近似解への収束にかかった試行回数の比較により計算量がどの程度軽減されたか実験を行った。その実験結果は発表当日に示す。

### 4.2 実験結果

表 1: TSP における巡回路長 (最適解との誤差率 [%])

問題	2-opt	TS	3-opt	SA	AS	DAS
eil51	7.3	5.8	5.9	2.0	1.2	1.0
berlin52	5.7	11.4	9.4	0.0	0.1	0.0
st70	9.7	7.1	4.8	1.5	0.5	0.3
eil76	10.7	8.5	7.0	2.9	2.5	1.4
pr76	11.4	11.0	6.0	11.0	0.5	0.2
kroA100	7.5	6.5	6.8	5.6	2.2	0.1
kroB100	6.8	14.9	3.9	3.4	0.7	0.4
lin105	6.9	6.4	4.0	0.8	0.5	0.1
pr107	6.0	6.0	3.6	3.9	0.8	0.5
bier127	10.5	7.2	6.3	3.9	1.2	0.7
ch130	8.0	12.0	7.3	1.1	1.4	1.0
pr136	7.8	12.1	5.7	6.1	2.8	1.7
pr144	2.3	5.7	3.8	5.6	0.1	0.0
kroA150	11.6	10.2	8.1	1.4	2.1	1.5
kroB150	7.7	11.3	5.7	1.0	1.9	1.2
ch150	12.4	14.5	7.9	2.8	1.4	1.1
平均	8.4	9.3	6.0	3.5	1.2	0.7

### 4.3 考察

表 1 を見てわかる通り、都市数は必ずしも誤差率と比例関係にないことがわかる。これは、各問題がそれぞれ陥りやすい局所解を持っているためである。各近似解法ごとに問題との相性があり、適用した問題の局所解から抜け出しやすいものもあれば、そうでないものもある。このため、16 種類の問題の平均誤差率で解法の精度評価を行うことにする。

今回の解の精度に関する実験では AS は他の近似解法に比べて精度の良い解が得られた。ACO の特徴は、計算量が他の近似解法よりも大きくなるが比較的精度の良い解が得られるというものである。本実験の結果からも、一般に言われる ACO の特徴が見てとれる。また、提案手法である DAS は他の近似解法に比べてさらに精度の良い解が得られている。このことから、分割統治手法が AS の精度改善にも有効であることがわかる。

一方、分割統治手法は、最適化領域を限定することで解の収束を早める集中化の手法である。一般的に、集中化は解の収束を早める代わりに、局所解に陥りやすくなるという問題点がある。このことは、解の精度が悪くなっ

てしまうことを示す。しかし、本実験では逆に解の精度が改善される結果となった。

この要因としては 2 つのことが考えられる。一つは 3. 節で述べたように、本提案手法では全体の最適化と部分の最適化を交互に繰り返している。このことが、適度な集中化と、ある程度全体を見渡した最適化を同時に行うことにつながっていると考えられる。2 つ目は、終了条件によって AS が DAS よりも悪い結果となってしまった可能性がある。

分割統治型 ACO には、1 点を中心として図 2 の様に分割を行う方法も提案されている [3]。

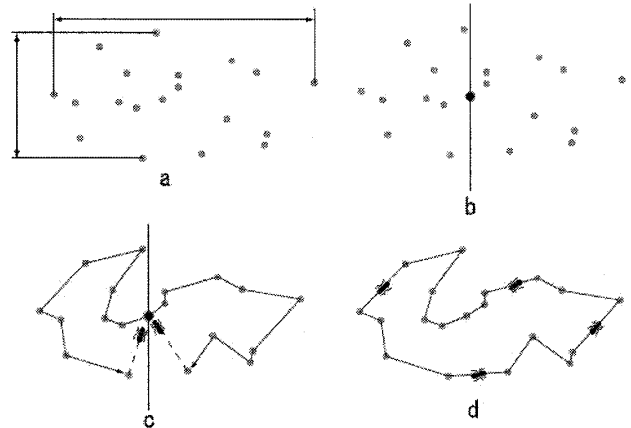


図 2: 一点での分割を用いた分割統治型 ([3] より引用)

文献 [3] をもとに、この 1 点分割での手法を作成し、本提案システムとの精度の比較を行ったが、精度の改善に良好な結果は得られなかった。

## 5. まとめ

本稿における実験では、近似解法の解の精度を厳密解との誤差率で評価している。結果として AS と DAS が他の近似解法よりも比較的精度の良い解を得ることができた。さらに、我々は DAS は計算量が AS よりも小さくなることも実験的に明らかにしている。今後は、提案システムの有効な点をより明確にするための実証実験を行っていきたい。

## 参考文献

- [1] TSPLIB: <http://ftp.zib.de/pub/Packages/mp-testdata/tsp/tsplib/tsplib.html>
- [2] 大野依子, 「アントコロニーシステムの巡回セールスマン問題への適用」, 三木研月例発表会 第 22 回月例発表会, Vol.22, No.4, pp.12-17, 1999
- [3] 向譲治, 辻康孝, 近藤英二, 「分割統治法を用いたアントコロニー最適法の提案と巡回セールスマン問題への適用」, 日本機械学会九州支部講演論文集, Vol.2004, No.57, pp.417-418, 2004