

## ACO を用いた複数巡回セールスマン問題の一解法

### 1 はじめに

ACO (Ant Colony Optimization) とは, アリの採餌行動をモデルにした最適化手法の総称である. ACO は特に経路探索に有用であるとされ巡回セールスマン問題 (TSP) 等でも有用性が検証されている. しかし, TSP を拡張し,  $N$  個の都市を  $n$  人のセールスマンで分担して巡回する複数巡回セールスマン問題 (MTSP) に関しては, ACO を用いて求解する方法が十分に提案されていない. そこで本論文では, MTSP のためのファジィ c-means 法を併用する ACO を提案する [1].

### 2 複数巡回セールスマン問題

複数巡回セールスマン問題 (Multiple Traveling Salesman Problem : MTSP) は  $N$  個の都市が与えられたとき  $n$  人のセールスマンでいずれの都市もただ一度訪問するような, 各セールスマンの訪問順序を求める問題である. ただし, 各セールスマンはデポと呼ばれる共有の出発点と帰還点を必ず通らなければならない. その目的関数は, セールスマン  $i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) の巡回経路長  $L_i$  から式 (1) で求まる総経路長  $L$  を最小にすることで与えられる.

$$L = \sum_{i=1}^n L_i \quad (1)$$

また, 各セールスマンの負担をなるべく公平にする目的で式 (2) の均等化係数  $E$  を最小にすることを副的に考える場合もある.

$$E = \frac{\max L_i - \min L_i}{\max L_i} \quad (2)$$

### 3 アントコロニー最適化法

一般的な ACO のアルゴリズムを以下に示す. 複数のアリが移動しながら解の探索を行う. 次に生成された解に基づいて, フェロモンの更新を行う. このときフェロモンの値が大きいほどよい解であり, それ以外の箇所では値が小さくなる. これらのことを終了条件を満たすまで繰り返す. TSP のような経路探索問題に関しては, Max Min Ant System (MMAS) が求解能力が高いと報告されている. MMAS では, フェロモンに適切な上下限値を設定し, 解の探索領域の集中化を抑制している.

### 4 提案手法

提案手法の概要を以下に示す. ファジィクラスタリングの一種であるファジィ c-means 法を用いて, 各クラスターに帰属する度合い (帰属度) を決定する. 帰属度が閾値  $\theta$  以上の都市群を初期クラスターとし, 各々の初期クラスター内で部分巡回経路長を求め, フェロモンの初期値を決定する. 次にクラスター経路長が最短のクラスターにおいてクラスター内の全都市と残存都市から式 (3), 式 (4) に従い都市選択を行い, 現在のクラスターより 1 都市多い暫定巡回回路を生成する. 残存

都市がなくなるまでこれを繰り返す. この暫定巡回回路を改善して 1 つの最終巡回回路にする. 都市数分の最終巡回回路の中で総経路長が最短なものに基づいてフェロモン値を更新する. これらを終了条件まで繰り返す. ここで, 都市選択の方法は, クラスター  $s$  に属するアリが都市  $i$  にいるものとし,  $M$  をそのアリの未訪問都市集合とした場合,  $M$  の中から次の移動先が決定する. この時, 確率  $Q$  で  $M$  の中から式 (3) より, 都市  $j$  が決定される. それ以外の場合では未訪問都市集合  $M$  の中から都市  $j$  が選ばれる確率は式 (4) になる.

$$j = \arg \max_{l \in M} [\tau(i, l)]^\alpha [\eta(i, l)]^\beta [u(s, l)]^\gamma \quad (3)$$

$$p(i, j, s) = \frac{[\tau(i, j)]^\alpha [\eta(i, j)]^\beta [u(s, j)]^\gamma}{\sum_{l \in M} [\tau(i, l)]^\alpha [\eta(i, l)]^\beta [u(s, l)]^\gamma} \quad (4)$$

### 5 実験結果

TSPLIB より 70 都市問題 st70, 100 都市問題 kroB100, 101 都市問題 eil101 を選択し,  $n = 3$ , デポは st70, eil101, kroB100 のそれぞれ 6, 54, 27 の都市番号に割り当てた. これらの問題に対して, MTSP の求解を行う. 使用したパラメータは  $\alpha = 1.0$ ,  $\beta = 5.0$ ,  $\gamma = 1.5$ ,  $\rho = 0.02$ ,  $Q = 0.5$ ,  $M = 1.5$ ,  $\epsilon = 0.05$ ,  $\theta = 0.7$ ,  $T_{MAX} = 200$  とした. これらの条件で求解を 10 回行った場合の総経路長の平均値を表 1, 均等化係数の平均値を表 2 に示す. また, 比較には MTSP の既存手法であるクラスター割当法 [2] とツアー分割法 [3] を用いた. 同表の提案手法 (1) は残存都市を選択するのはその時点でのクラスター経路長が最短なものを選択する方法であり, 提案手法 (2) はクラスターをランダムに選択する方法である.

表 1: 総経路長の比較

問題	提案手法 (1)	提案手法 (2)	クラスター割当法	ツアー分割法
st70	797.1	764.4	850.3	873.1
eil101	726.2	701.1	780.7	785.5
kroB100	26641.7	25669.4	29239.3	29911.3

表 2: 均等化係数の比較

問題	提案手法 (1)	提案手法 (2)	クラスター割当法	ツアー分割法
st70	0.175	0.364	0.133	0.174
eil101	0.130	0.249	0.106	0.124
kroB100	0.284	0.283	0.180	0.174

### 6 おわりに

表 1 と表 2 より 2 つの提案手法は既存手法と比べ, 均等化係数は若干悪化しているものの主目的である総経路長の改善は達成されていることがわかる.

### 参考文献

- [1] 寺田貴俊, 金川明弘, “ $n$ -TSP のための ACO 解法の提案”, 第 64 回電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, pp. 150-151 (2013)
- [2] 小野勉, “複数巡回セールスマン問題の解法に関する研究”, 岡山県立大学 博士学位論文 (2004)
- [3] G.N.Frederickson, et al., “Approximation algorithms for some routing problems,” SIAM J.Comput., Vol.7, pp.178-193(1978)