

複数巡回セールスマン問題に対する シミュレーテッドアニーリングに類似した手法の提案

米谷 慧哉[†] 杉本 拓哉^{††} 阿部 昇[†]
[†] 大阪電気通信大学情報通信工学部 ^{††} 大阪電気通信大学大学院工学研究科

1. はじめに

よく知られている組合せ最適化問題の 1 つとして巡回セールスマン問題(以下, TSP と呼ぶ)が挙げられる. TSP は, 入力として与えられた各都市を一度ずつ訪問して出発都市に戻るような経路のうち, 最短のものを求める問題である. TSP には様々な派生系の問題が存在するが, 本研究は各都市を複数人のセールスマンで分担して訪問する複数巡回セールスマン問題(以下, mTSP と呼ぶ)を扱うものであり, シミュレーテッドアニーリング[1]に類似した手法を提案する.

2. 問題の設定

mTSP は, n 人のセールスマンによっていずれの都市もただ一度訪問するような, 各セールスマンの経路を求める問題である. 各セールスマンの出発都市および帰還都市は共通である. 図 1 に mTSP の解の例を示す. 図中の細線, 太線, 破線は, それぞれ別のセールスマンの巡回回路を示している.

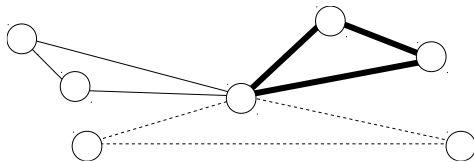


図1. mTSP の解の例 (n=3)

mTSP では, 各セールスマンの巡回回路長の総和の最小化に加え, 各セールスマンの負担をなるべく公平にすることも求められる. セールスマン i の巡回回路長を L_i , 巡回回路長の平均値を ave_L としたとき, 本研究では以下の式(1)の最小化を目的とする.

$$(\text{ave}_L + \text{pena}) * w_1 + \sum_{i=1}^n L_i * w_2 \quad (1)$$

ここで, w_1 と w_2 は重みであり, pena は各 $L_i - \text{ave}_L$ のうちの最大値である.

3. 提案手法

本研究で提案する手法は, シミュレーテッドアニーリングに類似した, ある確率に基づいて改悪を受け入れるようなものである. まず, 各セールスマンに均等に都市を割り振り, 初期巡回回路を定める. 近傍として以下の 2 種類を用いる.

- 割り振り変更近傍: 2 人の異なるセールスマンから

都市を 1 つずつ選び, 両者を交換する.

- 訪問順変更近傍: 同一のセールスマンから 2 本の経路を選び, 2-opt に則り巡回順を変更する.

乱数を用いていずれかの近傍を選んで近傍解を作り, 式(1)によって評価を行う. 改善されるようならその変更を受け入れ, 改悪が見られる場合は, 評価値の悪化が th 以下である場合, pr の確率で改悪を受け入れる. pr の値は改悪を 5 回受け入れる毎に 1% ずつ低下させる. このような処理を lim 回連続で改善が見られなくなるまで繰り返す. 改悪を受け入れるような手法を設計したのは, 割り振り変更近傍によってよりよい解にたどり着ける可能性が生まれるが, これによる変更の直後は, 評価値が悪化することが多いからである.

4. 計算機実験

提案手法の性能を評価するため, 計算機実験を行った. 都市数は 19, n は 3 とした. 各都市数は一辺の長さが 70 の正方形領域内に配置されるものとし, 乱数を用いて座標を定めた. pr の初期値は 70%, w_1 は 0.7, w_2 は 0.3, th は 5, lim は 10 万回とした.

評価のため, 整数計画ソルバ SCIP[2]を用いた手法を 2 つ用意した. それぞれを評価手法 1 および 2 と呼ぶことにする. 提案手法で得られた各巡回回路を入力とし, 訪問順序は変更してよいが, 都市の割り振りは変更できないものとする. これは, n 個の独立した TSP となる. 評価手法 1 は, SCIP で各 TSP の最適解を求めた後, 式(1)によって評価を行うものである. これと比較することで, 限定的ではあるものの提案手法の性能を評価できる. 10 通りの入力に対して比較したところ, 提案手法の結果は平均 0.12% 程度の低下にとどまっていた.

評価手法 2 は, 評価手法 1 における都市の割り振りを乱数で定めるものである. 評価手法 1 と 2 を比較することで, こちらも限定的ではあるものの, 提案手法による都市の割り振りがどの程度優れているかを評価できる. 評価手法 2 を 10 回実行した場合の最良解と評価手法 1 を比較したところ, 19.99% もの開きがあった. 以上より, 提案手法の有効性がある程度確認できた.

参考文献

- [1] S. Kirkpatrick et al., "Optimization by Simulated Annealing." Science 220 (4598): 671-680, 1983.
- [2] SCIP Optimization Suite: <https://www.scipopt.org/>