Vol.2020-MPS-131 No.20
2020/12/18

クラスタリングによる 巡回セールスマン問題の近似解法

内田 純平[1]　穴田 一[1]

概要：最も効率が良い組み合わせを求める組み合わせ最適化問題には，与えられた全ての都市を巡る最短経路を求める巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem, TSP)がある．TSP には多くの工学的応用分野が存在し，これらの応用分野が扱う問題は年々大規模化している．しかし，TSP の最適解を求めることは NP 困難と呼ばれる問題クラスに属しており，大規模 TSP に対しては最適解を求める厳密解法よりも，実用的な時間内にできるだけ良い解を求める近似解法の研究が盛んである．

そこで本研究では，新たな近似解法として階層型クラスタリングによって構成した最終階層のクラスタの重心で初期経路を生成し，階層を上げながら経路生成を行うアルゴリズムを構築した．

キーワード：巡回セールスマン問題，組み合わせ最適化問題，クラスタリング

An Algorithm for solving the Traveling Salesman Problem using Clustering Method

JUMPEI UCHIDA[1]　HAJIME ANADA[1]

Abstract: Many economic and industrial problems lead to combinatorial optimization problems. Of these combinatorial optimization problems, the traveling salesman problem (TSP) is one of the most important problem in the field of technology and science. Therefore, we construct a new algorithm for the TSP using a new clustering method. We confirmed the effectiveness of our algorithm using several benchmark problems taken from the TSPLIB, which is a library of traveling salesman problem.

1. はじめに

現実の問題の多くは，最も効率が良い組み合わせを求める組み合わせ最適化問題に帰着できる．その中に，与えられた全てのノードを巡る最短のハミルトン閉路を求める巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem, TSP)がある．TSP には 基盤穿孔・配送計画・ゲノム解析など多くの工学的応用分野が存在し，これらの応用分野では大規模問題を解くことが要求されている．TSP では最適解を求める厳密解法よりも，実用的な時間内にできるだけ良い解を求める近似解法の研究が盛んである[1].

そこで本研究では，新たな近似解法として TSP に適した新しい階層型クラスタリングを用いたアルゴリズムを提案し，クラスタリングされた各クラスタの重心で初期解を生成し，重心を一つずつクラスタに戻して最短経路になるように結ぶことを再帰的に行い，解を構築するアルゴリズムを構築した.そして，TSPLIB[2]に掲載されているベンチマーク問題を用いて提案手法の評価実験を行い，その有効性を確認した.

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

2. 提案手法

2.1 クラスタリング

提案手法のクラスタリングは，生成されたクラスタ及び他のノードにおいて，クラスタリングと分裂を再帰的に行う階層型クラスタリングである．

アルゴリズムは以下の通りである．

① 初期の結合
与えられた問題から無作為に総ノードの10% を選び，選ばれたノードから最も近いノードとの距離を計算し，それらのノード間距離の平均を基準距離とし，基準距離以下のノード間距離を持つノードの組み合わせをノード間距離が短い組み合わせから順に新たなクラスタとして認める．

② 分裂
①で生成されたクラスタ $i(i = 1,2,\cdots n)$ 内のノード間のマンハッタン距離を ND_i とする．また，基準距離 SND を次式で定義する．

$$\mathrm{SND} = \frac{\sum_{i=1}^{n} ND_i}{n} \quad (1)$$

(1)式を用いて $ND_i \geq SND$ であるクラスタ i を分裂する候補とし，分裂候補クラスタとする．全分裂候補クラスタの 90% をノード間距離が大きいものから順に分裂する．

③ 結合
②の後に次式で表される SND' を求める．

$$\mathrm{SND}' = n\left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{SND_i}\right)^{-1} \quad (2)$$

ここで，クラスタではない任意のノード間の距離を NBD_{ij} とする．そして，(2)式を用いて $NBD_{ij} \leq SND'$ であるノード i とノード j を新たなクラスタとする．これをクラスタに含まれない全てのノードで繰り返す．(1)(2)式を用いてSND'を求め，SND'' とする．

③を以下の式で定義する終了条件を満たすまで繰り返し，終了条件を満たした時を 1 つの階層とし，p 回目に満たした階層を $l_p(p = 0,1\cdots n)$ とする．

$$\left|\frac{SND' - SND''}{SND''} \times 100\right| \leq th \quad (3)$$

ここで，th は終了条件の閾値を表すパラメーターであり，0.1 とした．

④ ノードの再設定
②, ③で生成されたクラスタの重心とクラスタリングされていないノードを新たなノードの集合とする．

全ノード数が 10 以下になるまで①から④を繰り返す．

2.2 解構築について

提案手法によってクラスタリングされたクラスタ(l_n)の重心で NearestNeighbor 法, 2-opt 法, Or-opt 法の順で用いて解を生成し，基準経路とする．次に，基準経路上のノードを無作為に 1 つ選ぶ．選ばれたノードを l_{n-1} 層でのクラスタ内のノードに戻し，それらのノードを両隣のノードに最短になるように繋ぐ．この更新を基準経路上の全てのノードに対して行い，それを新たな基準経路とする．経路の更新を l_1 まで繰り返し，解を構築する．ここで，この経路更新の様子を図 1 に示す．図 1 では，黒点をクラスタの重心,白点を該当する層で戻したノード，l_n層からl_0層までの経路の更新を表している．

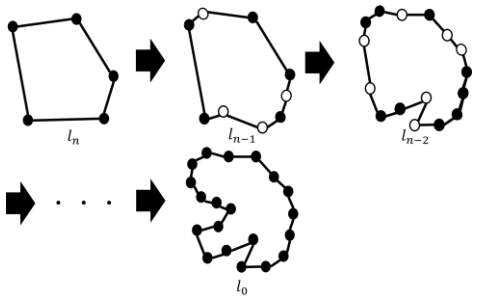


図 1 経路更新の様子

経路更新をl_0層まで終了したら，l_n層におけるクラスタつまり，最後にクラスタリングされたクラスタによって元の問題(l_0)を分割する．ここで，分割された様子を図 2 に示す．図 2 では，l_n層におけるノードの番号がクラスタ番号であり，そのクラスタに所属しているl_0層のノードを点線で囲んでいる．

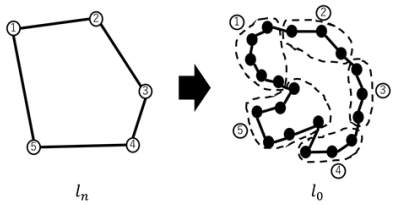


図 2 分割の様子

順にクラスタを選択し，選択されたクラスタとその両隣のクラスタに所属するノードで 2-opt 法と Or-opt 法を行う．これを全てのクラスタについて行い，終了する．

2.3 アルゴリズムの流れ

① クラスタリング
提案手法を用いてクラスタリングを行う．

② 初期経路作成
①で生成されたクラスタの重心をノードとみて，経路を作成する．これを基準経路とする．

③ 経路の更新
基準距離上の重心を一つずつクラスタに戻して最短経路になるように結ぶ．
③を l_0 まで実行したら④を行う

④ 解の改善
クラスタリングの結果を元に局所的な 2-opt 法と Or-opt 法を行う．

結果と考察は口頭にて発表を行う予定である．

参考文献

[1] 内田純平，穴田一 ：クラスタリング手法を用いた TSP の解法，第 33 回人工知能学会全国大会, J4-J-1-02 (2019)
[2]TSPLIB:elib.zib.de/pub/mptestdata/tsp/tsplib/tsplib.html

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan