

CHI 法を用いた複数経路探索問題の一解法

An Algorithm by using Convex hull insertion for Multi-route searching Problem

村上 直哉¹, 星野 貴弘², 浜松 芳夫²

*Naoya Murakami¹, Takahiro Hoshino², Yoshio Hamamatsu²

Abstract: This paper deals with Multi-route searching problem. Multi-route searching problem is to find the shortest route of several vehicles. We propose an algorithm on the basis of the Convex hull insertion as approximate method in this problem. Convex hull is a convex polygon of minimum area containing all given vertices. We compare the solution by the proposed algorithm with the solution by genetic algorithm(GA) and discuss the accuracy in the proposed algorithm. As a result, the proposed algorithm finds shorter routes than GA.

1. はじめに

本研究では複数経路探索問題を対象とする。複数経路探索問題とは、利用可能な車両数及び訪問すべき都市の数や位置といった情報が与えられたとき、複数ある車両の経路の総和が最短となるような各車両に割り当てる都市の組合せと各車両の都市の訪問順序を求める問題である。このような問題は、利用者の要求に応じて運行するデマンドバスの配車計画を立てる上で重要となる。デマンドバスの運行には、限られた車両数で利用者の希望を満たし、かつ、短時間で目的地まで運ぶための最適な経路を決めることが重要となる。本問題のような組合せ最適化問題において、最適解の導出に要する時間は都市数の増加に伴い長くなる。このような背景から筆者らは、経路探索問題における近似解法について研究を行ってきた^[1]。

本研究で提案する近似解法では、各車両の都市の割り当てに遠近率^[2](後述)という指標を用いることで、都市に対して効率的な都市の振分けとなるようにする。また、経路決定には凸包^[3]の性質を利用した Convex hull insertion(CHI)法を用いる。凸包とは、与えられた点の集合をすべて含む最小面積の凸多角形のことであり、巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem:TSP)において、最適な巡回路は、凸包の境界上の都市を通る部分巡回路に境界上にない都市を追加した形で得られることが分かっている。提案手法の有効性を検討するため、都市をランダムに配置した問題に対して遺伝的アルゴリズム(genetic algorithm : GA)と提案手法を適用し、精度および計算時間の比較を行う。

2. 問題の設定

Fig.1に複数経路探索問題の都市配置の一例を示す。本研究では、全ての車両は始発地点 S を出発し、各都市を訪問して乗客を乗せ、目的地 G へ運ぶものとする。都市数

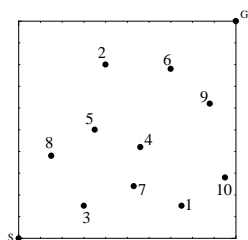


Fig. 1: Layout of cities

を n , 各車両の定員を m 人としたとき、必要な車両数 c は、 $c = \lceil n/m \rceil$ となる。

3. 提案手法

提案手法は都市群の分割と経路決定の 2 つの手順から構成される。まず、都市群の分割の手順により、各車両が訪問する都市を決定する。次に経路決定の手順により、都市群の分割によって決まった都市群の訪問順序を決定する。

< 3・1 > 都市群の分割 都市群の分割をするにあたり、各車両の乗車人数の決定と各車両の訪問都市の決定を行う。まず各車両の乗車人数の決定では、各車両が実際に訪問する都市数を決める。都市数が n , 必要な車両数が c のとき、各車両の乗車人数 F_1, F_2 を、 $F_1 = \lceil n/c \rceil, F_2 = F_1 - 1$ とする。これらの値を用いて、 F_1 人乗る車両数 q_1 と、 F_2 人乗る車両数 q_2 を (1) 式より求める。

$$\begin{cases} q_1 + q_2 = c \\ F_1 q_1 + F_2 q_2 = n \end{cases} \quad (1)$$

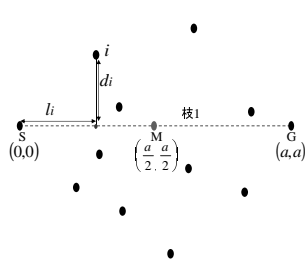


Fig. 2: Perspective ratio

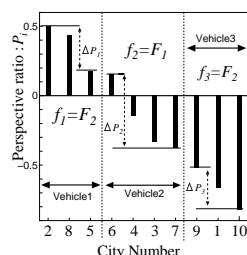


Fig. 3: Perspective ratio of each city

次に各車両の訪問する都市の決定方法について述べる。Fig.2において、S から G までをつなぐ破線を枝 1 とする。遠近率とは、都市 i がどの程度枝 1 から離れているのかを表す指標である。着目する都市 i から枝 1 へ引いた垂線の距離を d_i とする。次に、枝 1 と垂線の交点から S までの距離を l_i とする。ただし、都市 i が中点 M よりも右側にある場合は、交点から G までの距離とする。 d_i, l_i を用いて遠近率 P_i を

1:日大理工・院・電気 2:日大理工・教員・電気

$$P_i = \begin{cases} \frac{d_i}{l_i} & ; \text{都市 } i \text{ が枝 1 より上にあるとき} \\ -\frac{d_i}{l_i} & ; \text{都市 } i \text{ が枝 1 より下にあるとき} \end{cases} \quad (2)$$

と定義する．遠近率を用いて各車両の訪問都市を決める具体例として，Fig.1 の都市配置に対し，遠近率を求め，左から降順にソートしたものを Fig.3 に示す．遠近率は枝 1 からの傾きに相当するため，Fig.1 と Fig.3 の都市番号を見ると，遠近率が近い都市群は点 S(または点 G) から見て近い方向にあることが分かる．したがって，都市群を遠近率の大きさにより分割することで，各車両の担当都市を決めるものとする．必要な車両数が c ， F_1 人乗る車両が q_1 台であるとき，各車両が訪問する都市の組合せの数は， $\binom{c}{q_1}$ となる．求めた組合せを用いて， $\max(\sum_{i=1}^c f_i/\Delta P_i)$ を満たす組合せを求める．ただし， f_i は各車両の乗車人数 F_1 または F_2 であり， ΔP_i は各車両が訪問する都市の遠近率の差である． $f_i/\Delta P_i$ は各車両の遠近率の密度を表しており，この値が大きいくほど遠近率の近い都市同士のグループとなる．したがって，最大値をとる組合せで都市を分割することで，各車両の訪問都市を決定する．

< 3・2 > 経路決定 都市群の分割によって振分けた都市の訪問順序を CHI 法をベースとした手法により決定する．Fig.4 に経路決定方法の一例を示す．まず，各都市の凸包を求め，凸包の辺から枝 SG を除いた経路を初期部分経路とする．Fig.4 では (a) の実線部が凸包により与えられた初期部分経路となる．部分経路にない都市の追加は次の通りである．[1] 部分経路上の連続した都市を i, j とし，経路上にない都市を k とするとき，追加コスト $(C_{ik} + C_{kj} - C_{ij})$ を最小とする都市間 i, j を求める (Fig.4(b))．[2] 求めた都市 i, j, k の組について， $\min(C_{ik} + C_{kj})/C_{ij}$ となる都市 k を挿入する．Fig.4 では，[1]，[2] の手順により都市 S-2 間に都市 1 が挿入され，新たな経路は (c) の実線部となる．以上の操作を各車両が訪問する全ての都市が部分経路に追加されるまで行う．

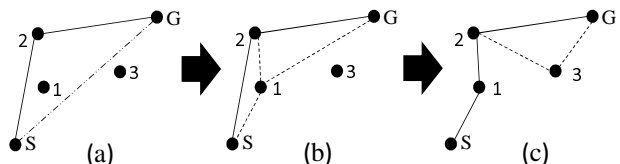


Fig. 4: Process of route construction

4. 数値実験

30 の都市をランダムに配置した 50 種類の異なった都市配置の問題について検討する．初期条件として，最大乗車人数 m を 9 人，車両数 c を 4 台とする．GA のパラメータは，最大世代数を 10000，交叉率を 0.7，突然変異率を 0.06 とする．

各都市配置における GA により得られた総経路長 X_{GA}

を基準とし，提案手法による総経路長を X_{PA} としたとき，解の精度を $\varepsilon = X_{PA}/X_{GA}$ と定義する．その結果を Fig.5 に示す．

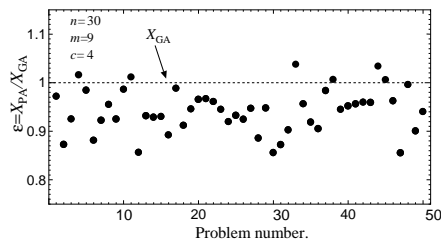


Fig. 5: Comparison with GA

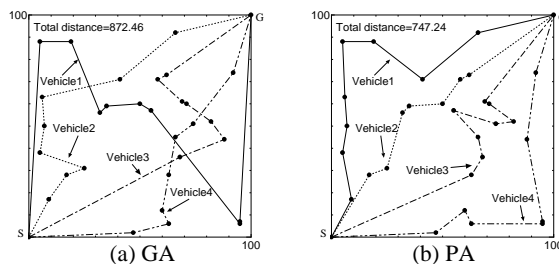


Fig. 6: Computational result

Fig.5 より，提案手法では，50 例中 44 例において良好な解を得られた．ここで，都市配置 # 12 の $\varepsilon=0.85$ の例について，その経路の違いを具体的に検討する．

都市配置 # 12 の経路探索結果を Fig.6 に示す．(a) は GA による結果，(b) は提案手法による結果である．Fig.6(a) の GA を用いた結果は，各車両の経路が交差してしまい，走行経路が長くなっている．Fig.6(b) の提案手法は，遠近率によって経路の交差がない．また，凸包を用いることにより各車両の経路は，GA に比べて効率的になっている．以上により，提案手法は GA よりも効率が良いことがわかる．

また，GA を用いた場合，1 問題あたりの平均計算時間は 41.9[s] であったのに対し，提案手法は約 0.026[s] と 30 ミリ秒以下で解を求めることができた．

5. まとめ

本研究では，複数経路探索問題の一解法として CHI 法を用いた手法を提案した．ランダムに配置された 30 都市問題に対して，GA と提案手法を比較した結果，解の精度は提案手法の方が良かった．また，計算時間も 1 秒以下で求めることができた．提案手法は客の追加やキャンセルが起きても有効な経路をすぐに再計算することができる．今回は都市数が 30 と少ない場合の経路探索を行ったので，さらに都市数を増やした場合について検討することが今後の課題である．

参考文献

- [1] 村上直哉，星野貴弘，浜松芳夫：「CHI 法を用いた複数経路探索問題の一解法」，平成 24 年電気学会全国大会講演論文集，pp.37-38(2012)
- [2] 宮田栄子，浜松芳夫：「複数経路探索問題の一解法」，電気学論誌 D，118，10，pp.1540-1541，(1998)
- [3] E.L.Lawler，J.K.Lenstra：”The Traveling Salesman Problem”，John Wiley and Sons(1985)