

# 時間制約付き配送計画問題

## に対する取り組み

アルゴリズム工学研究室

柿沼 恒輝

### 1 序論

今回、修士論文への取り組みとして時間制約付き配送計画問題(VRPTW, Vehicle Routing Problem with Time Windows)について学習しました。この問題は様々な制約条件の下で複数の車両を用い、全ての客をちょうど一回ずつ訪問するような経路集合の中で、距離の総和が最短のものを求める問題である。この問題はNP 困難の問題であり、客数が多くなると多項式時間では最適解を求めることができない。そのためVRPTW では現実的な時間でより良い解を求めることを目的としている。

### 2 問題設定

配送計画問題は複数台の配送車がデポを出発して配送先を訪問し、デポに戻ってくる際の経路が最適となるものを求める問題である。配送先には複数台の配送車のうち1 台が必ず1 回のみ訪問する。

時間制約付き配送計画問題は、この問題の各配送先に訪問可能時刻が決められている問題である。配送車の最大数、配送車の最大積載量、顧客の総数、各顧客の位置(座標)、要求量、訪問可能時刻、サービス時間があらかじめ与えられている。また、顧客

間の距離は一般的にユークリッド距離を用いる。

以下今回の問題について説明する。扱う問題は時間制約付き配送計画問題のベンチマーク問題 RC101, RC102, RC103 を扱う。配送先数は 100, 最大配送車数は 25, デポの数は一つである。全ての配送車はデポの最早時刻 0 に出発し、デポの最遅時刻 240 までに必ず戻ってこなければならない。配送先への到着時刻がその配送先の最早時刻よりも前の場合は、最早時刻になってからサービスを開始する。一方、到着時刻が最遅時刻を超えることは許されない。ある配送先から次の配送先への移動時間は、二つの配送先間の距離と同じである。

### 3 初期解

初期解を生成するアルゴリズムを以下に示す。

- Step1 配送車の番号  $k=1$  とする。

Step2 配送車  $k$  の経路  $R_k$  を空集合とする。

Step3 デポを現在の配送先  $C_{\text{now}}$  とする。

Step4 全ての配送先が訪問済みなら終了する。

Step5 経路  $R_k$  に対して制約条件(最大積載量, 訪問可能時間)を満たす配送先が存在する場合には、その中から最もコスト(後述)の小さい配送先  $C_{\text{next}}$  を選び、経路  $R_k$  に追加する。存

在しない場合には、次の配送先をデポとして Step7 に進む。

Step6  $C_{\text{now}}$ を $C_{\text{next}}$ に更新し、Step 4 に戻る。

Step7 配送車の番号を  $k \leftarrow k+1$  とする。

次に Step5 のコストについて説明する。

コストは NN-S(Nearest Neighbor heuristic by Solomon)を参考に計算する。

コスト

$$= \alpha \times d_{ij} + \beta \times (e_j - d_{ij} - t) + \gamma \times (r_j - t)$$

( $i$  を現在いる配送先,  $j$  を次の配送先とする)

$d_{ij}$  : 配送先  $i$  からは配送先  $j$  への移動距離

$r_i$  : 配送先  $i$  に対するサービス開始の最早時刻

$e_i$  : 配送先  $i$  に対するサービス開始の最遅時刻

$t$  : 現在時刻

本報告書では、 $\alpha=0.3$ ,  $\beta=0.1$ ,  $\gamma=0.6$  とする。

この方法で得た解を初期解として、次節で述べる操作により解を改善する。

## 4 最適化

今回行う改善のための操作は、大きく分けて経路内操作と経路間操作の二つを行う。

### 4.1 経路内操作

経路内操作とは、ある一つの経路の中で訪れる配送先の訪問順序を変える操作であり、得られる解候補に対して最大積載量による制約条件は考慮する必要はない。しかし、訪問時刻の制約は守れているか確認する必要がある。操作としては、経路内再配置、経路内交換、2-opt を行う。

### 4.2 経路間操作

経路間操作とは、ランダムに二つの経路を選び、その二つの経路間で配送先の訪問順序を変える操作を行う。こちらは最大積

載量、訪問時刻のどちらの制約条件を確認する必要がある。操作としては、経路間再配置、経路間での 2-opt を行う。

## 5 実験結果

扱う問題は 2 節で述べた RC101, RC102, RC103 を扱う。最適化は初期解を求めた後に 5 秒間の探索を行う。

実験結果は以下である。

	初期解		探索後の解	
	車の台数	総移動距離	車の台数	総移動距離
RC101	19台	2321.78	17台	1833.5
RC102	17台	2323.06	15台	1602.57
RC103	15台	1994.12	13台	1396.57

探索により、総移動距離だけでなく、使用する車の台数も削減することができた。しかし、どの問題においても最適解の約 12%総移動距離が多いのでまだ改善できることが分かる。

今後の研究において、今回学んだことを活かし、様々な手法を学び最適解に近づけるようにしたいです。また、ソルバーを使用して解くこともできるので、そのことについても勉強したいと思っています。

## 参考資料

[1] 時間制約付き配送計画問題に対するヒューリスティック解法, 岩瀬 弘和,

<https://www.tsu.ac.jp/Portals/0/research/28/1-12.pdf>

[2] M. M. Solomon: "Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints", Operations Research, Vol.35, No.2, pp.254-265, 1987.

[3] M. M. Solomon: Solomon's Benchmark Problems, <http://web.cba.neu.edu/~msolomon/problems.htm>.