

部分解集合を用いたアントコロニー最適化法による 時間枠付き配送計画問題の解法

落合 純一[†] 狩野 均[†]

筑波大学 システム情報工学研究科[†]

1. はじめに

近年、新しいメタヒューリスティクスとしてアントコロニー最適化法 (ACO) が提案され、様々な組合せ最適化問題に対して研究されている。

本稿では、時間枠付き配送計画問題を対象に、ACO に部分解集合を導入した手法を提案し、従来手法との比較を行う。

2. 研究分野の概要

2.1 アントコロニー最適化法 (ACO)

ACO とは、蟻の採餌行動からヒントを得たメタヒューリスティクスであり、巡回セールスマン問題などの様々な組合せ最適化問題に適用され、その有効性が示されている。最も高性能な ACO の 1 つに、MAX-MIN Ant System (MMAS) が挙げられる[1]。

2.2 時間枠付き配送計画問題 (VRPTW)

VRPTW とは、デポ (配送センター) から顧客へ荷物を運ぶためのルート (顧客の訪問順) のうち、コスト最小となる配送車ごとのルートを求める組合せ最適化問題である[2]。制約条件として、配送車の最大積載量と顧客の時間枠 (顧客の訪問可能な時間帯) の 2 つがある。コストとして、本研究ではベンチマークに従い、第一目標は配送車の台数を減らすこと、第二目標は総移動距離を減らすこととする。

2.3 従来手法

ACO を用いた VRPTW の解法として MACS-VRPTW が提案されている[3]。MACS-VRPTW は、ACO の 1 つである Ant Colony System (ACS) をベースとした手法であり、ACS-VEI (配送車の台数が目的関数) と ACS-TIME (総移動距離が目的関数) により、配送車の台数と総移動距離の両方を減らすことを可能としている。

3. 提案手法

3.1 提案手法の構成

本手法は、MACS-VRPTW を基に、以下の 2 つの改良点を持つ。

- ・探索初期からの良い解の情報を部分解として保持し、解生成時に使用することで、探索領域の絞り込みを行う。
- ・ベースとなる ACO に MMAS を使用することで、探索の多様化を図る。

本手法の構成を図 1 に示す。ここで、背景色を付けている部分は従来手法との違いを表している。MMAS-VEI (配送車の台数が目的関数) と MMAS-TIME (総移動距離が目的関数) は独自のフェロモン (探索情報) を持っているが、各コロニーは最良解と部分解集合を介して情報のやり取りを行う。

3.2 解と部分解のデータ構造

本手法での解と部分解のデータ構造の例を図 2 に示す。ここで、0 はデポを、0 以外の数字は顧

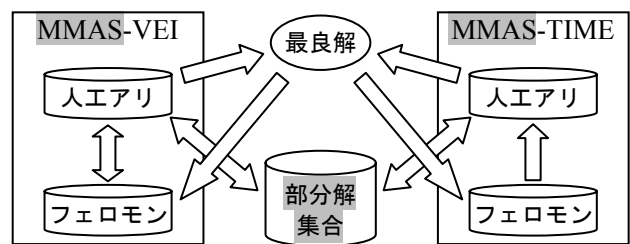


図1 提案手法の構成

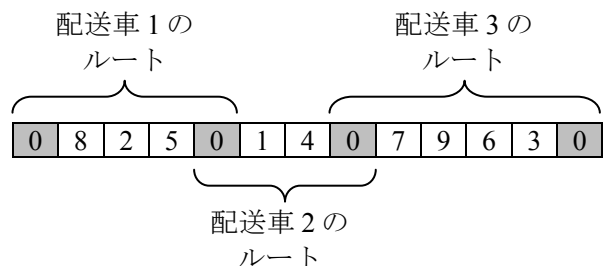


図2 解と部分解のデータ構造の例

客を表しており、図 2 は配送車が 3 台の場合の例である。「デポからデポ」は各配送車に割り当てられたルートを表しており、本手法ではルートを部分解、ルートの最初の顧客を R_{begin} 、ルートの最後の顧客を R_{end} と定義する。

3.3 部分解集合の更新方法

本手法では、 R_{begin} を行、 R_{end} を列とする 2 次元配列で部分解を管理し、解が生成されるたびに、その解の全ての部分解に対して、部分解集合の更新を行う。以下に部分解集合の更新方法を示す。

Step1 R_{begin} と R_{end} が同じ部分解が存在しなければ、部分解集合に追加する。

Step2 R_{begin} と R_{end} が同じ部分解が存在するならば、良い方の部分解を部分解集合に残す。

ここで、良い部分解とは、第一に含まれている顧客が多く、第二に移動距離が短いものとする。これは、部分解に含まれている顧客が多いならば、解全体として配送車の台数は少なくともすむという考えに基づいている。

3.4 部分解の使用方法

本手法では、各ステップの解生成時に、ある確率で部分解を使用する。以下に部分解の使用方法を示す。

Step1 部分解集合から、部分解に含まれている顧客数に比例する確率で部分解を 1 つ選ぶ。

Step2 選ばれた部分解を解の先頭に挿入し、それ以降は通常の MMAS と同様に解を生成する。

4 評価実験

Solomon のベンチマーク問題[4]を対象に、問題ごとに 100 ステップの実験を 5 回行った。MMAS には、Pheromone Trail Smoothing (PTS) やフェロモンの再初期化といった処理があるが、本研究では実行ステップが 100 ステップと短いため、PTS は使用せず、MMAS-VEI と MMAS-TIME の各々の最良解が 20 ステップ連続で更新されなければフェロモンの再初期化を行うものとした。また、フェロモンの更新は従来手法と同様に行うものとした。

実験条件を表 1 に、問題タイプごとの配送車の台数と総移動距離の平均値を表 2 に示す。表 2 より、全ての問題タイプに対して、従来手法よりも提案手法の方が有効であることがわかる。

表 1 実験条件

パラメータ	従来手法	提案手法
アリの数	10	10
q_0	0.9	NA
α	NA	1
β	1	4
ρ	0.1	0.5
p_{best}	NA	0.05
部分解の適用率	NA	0.2 ~ 1.0

表 2 実験結果

タイプ	手法	配送車の台数	総移動距離
C1 (9 個)	従来	10	833.27
	提案	10	832.89
C2 (8 個)	従来	3	599.93
	提案	3	594.79
R1 (12 個)	従来	13.02	1218.30
	提案	12.68	1221.14
R2 (11 個)	従来	3.07	969.64
	提案	3	1004.42
RC1 (8 個)	従来	12.88	1391.95
	提案	12.45	1401.95
RC2 (8 個)	従来	3.40	1162.95
	提案	3.35	1205.41

5 おわりに

時間枠付き配送計画問題を対象に、アントコロニー最適化法に部分解集合を導入した手法を提案した。実験により、提案手法の方が従来手法よりも有効であることを確認した。今後の課題として、より大規模なベンチマーク問題を用いた評価、現実の地図への適用が考えられる。

参考文献

- [1] M. Dorigo, M. Birattari and T. Stutzle: Ant Colony Optimization – Artificial Ants as a Computational Intelligence Technique, IEEE Computational Intelligence Magazine, 2006.
- [2] 久保幹雄 著: サプライ・チェーン最適化ハンドブック. 朝倉書店, 2007.
- [3] L. M. Gambardella, E. Taillard, and G. Agazzi: MACS-VRPTW: A multiple ant colony system for vehicle routing problem with time windows. in D. Gorne et al. (eds.), New Ideas in Optimization, pp. 63-76, 1999.
- [4] M. Solomon: Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Window Constraints. Operations Research, Vol. 35, No. 2, pp. 254-365, 1987.