

# 局所クラスタリング組織化法による配送計画問題の最適化

北見工業大学 ○藤本周平, 渡辺美知子, 鈴木育男, 岩館健司

## 要 旨

本研究は、複数の配送トラックと荷積み情報、配送拠点、複数の配送先が与えられたとき、各配送先に指定された荷物を車の燃費を考慮しながら配送する最適経路を求める配送計画問題を取り扱う。この提案手法の有効性をシミュレーション実験により検証する。

## 1 はじめに

2008年7月に主要国首脳会議が北海道の洞爺湖で開催されて、地球温暖化対策を含めた環境問題が大きなテーマとなって話し合われた。この温暖化の一要因としては、企業や自動車などから排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)が考えられ様々な削減が行われている。例えば、自動車メーカーは低燃費車やハイブリッドカーなどに力を注いでいる。一方で先進国以外の外国を考えると、国民の豊かさによる自動車の購入が急激に増加している。また、企業から排出される有害物質の汚染も進み人間や自然などの地球環境に悪影響をもたらしている。

本研究では、複数トラックの配送計画問題<sup>1)</sup>に改良トンキロ法<sup>2)</sup>を適応することで燃料使用量を算出し、環境負荷の低減を試みるとともに、運送コスト軽減を目的とする。この配送計画問題の経路決定に局所クラスタリング組織化法(Local Clustering Organization, LCO)<sup>3)</sup>を適応する。提案手法の有効性を数値実験により検証する。

## 2 配送計画問題

配送計画問題とは、デポ(配送拠点)、複数の配送先と複数車両が与えられたとき、各配送先に指定された荷物を配送するための配送ルートを描画する問題である。また配送には時間、配送量など様々な制約条件があり、それらを全て満たして配送ルートを決しなければならない。

この問題は、デポから出発して与えられた訪問先にそれぞれ1回ずつ訪問してデポへ戻る最短ルートを検索する巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem, TSP)に帰着する。一般的なTSPに比べると複数の制約条件が付加された応用問題となる。

### 2.1 トラック配送地点の決定

トラックの配送地点は北海道内をモデル化し、2次元平面上に主要都市を配置させる。また、各地点間の距離は実際の都市間移動距離から決定し、地点間距離行列 $C_{ij}$ を作成する。なお地点間で他の主要都市を経由せずに都市間移動できない場合は都市間移動距離を0とし、通れないものとする。

### 2.2 LCOによる配送経路の決定

局所クラスタリング組織化法(LCO)は、古川らが考案した組み合わせ最適化法であり、高速に最良解あるいは最適解を見つけ出してくれる手法である。このLCOには、単純交換法、逆位交換法、平滑法の三種類があり、経路のクロス状態を解消して最適解に近づくように導いてくれる役割を果たしている。複数の配送トラック経路の獲得にLCOを採用する。

### 2.3 各地点の要求重量の決定

各地点の要求貨物重量をランダムに決定する。但し、各地点の要求重量の総和が配送するトラックの最大積載量を超過しないように決定しなければならない。

### 2.4 評価関数

評価関数 $F$ は、以下の式(1)で行う。

$$F = \sum_k C_k + P \quad (1)$$

但し、 $P$ はペナルティである。このペナルティは、地点間が通過できないときに発生する。

## 3 燃料使用量算定手法

### 3.1 算定の方法

輸送に係るエネルギー使用量の算定方法は、平成18年に経済産業省によって「燃料法」「燃費法」「トンキロ法」の3つの方法が定められている。

本研究では、実際の燃料使用量のデータを入手することが困難であり、積載量別の燃料消費量を算定する必要があるため、改良トンキロ法を採用する。

### 3.2 改良トンキロ法の算定式

改良トンキロ法によるエネルギー使用量は、トラックの最大積載量と積載率から求められる数式に燃料使用量原単位を乗じて算定する。以下の式(2)は算定式である。

$$E = T \times y \times 1/1000 \times H \quad (2)$$

但し、 $E$ はエネルギー使用量(GJ)、 $T$ は輸送量(t・km)、 $y$ は改良トンキロ法燃料使用原単位(l/t・km)、 $H$ は単位発熱量(GJ/kl)である。

本研究では、エネルギー使用量ではなく、燃料使用量を算定するので、式(2)の単位発熱量を乗算しない以下の式(3)を採用する。

$$C = T \times y \quad (3)$$

但し、 $C$  は燃料使用量(l)である。

また、輸送トンキロあたりの燃料使用量は以下の式で表わされる。

$$y_G = \exp(2.67 - 0.927 \times \ln(x/100) - 0.648 \times \ln(z)) \quad (4)$$

$$y_D = \exp(2.71 - 0.812 \times \ln(x/100) - 0.654 \times \ln(z)) \quad (5)$$

ここで、式(4)の $y_G$ は輸送トンキロあたり燃料使用量(ガソリン)、式(5)の $y_D$ は輸送トンキロあたり燃料使用量(軽油)を示している。また、 $x$ は積載率(%),  $z$ は最大積載量(kg)を示している。

## 4 数値実験

### 4.1 実験条件

数値実験の実験条件は、以下の通りである。

燃料種別	: 軽油
トラック最大積載量	: 10(t)
配送地点数	: 21
LCO ステップ数	: 300
ペナルティ	: 1000

LCO の交換比率は、単純交換法 2, 逆位交換法 2, 平滑法 1 を採用する。

### 4.2 実験結果

図 1 は、配送計画問題に局所クラスタリング組織化法(LCO)を適用した時の平均燃料使用量の収束状況を示している。この図の縦軸は評価関数、横軸は LCO のステップ回数を示している。この実験では、LCO のステップ毎に 5 回の平均を計算している。

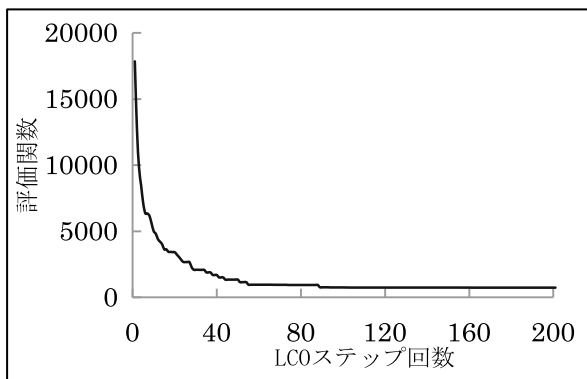


図 1. LCO の収束状況

図 1 からは、LCO のステップ数を重ねるごとにペナルティの値が減少し、200 ステップの評価値は 735.73 となりペナルティが発生していないことが分かった。また、54 ステップ以降は 5 回の実験のうち 4 回、88 ステップ以降は 5 回全ての実験でペナルティが発生しなくなった。88 ステップ以降も評価値は減少し、燃料使用量が減少していることが確認でき、LCO が有効であることが分かった。

図 2 は、本実験で得られた実際の配送ルートを示している。この図の青点は各主要都市であり、赤線が配送ルートである。また帯広をデポとし、3 台のトラックがそれぞれ 1 周回して帯広へ戻るような巡回経路である。



図 2. 北海道内のトラック配送経路

## 5. おわりに

本研究では、複数トラックの配送計画問題に改良トンキロ法を適用し、環境負荷の低減と運送コスト軽減を試みた。この配送計画問題の経路決定に局所クラスタリング組織化法(LCO)を適用して最適化を行った。その結果、以下の事柄が得られた。

1. トラック配送経路獲得に LCO を適用し、初期段階から評価値が減少しているのが有効な手法であることが分かった。
2. ペナルティが発生しない 88 ステップ以降も評価値が減少し、燃料減少がみられ環境と運送コストに配慮できる結果が得られた。
3. 今回は取り扱う配送トラックや都市数が少ないが、今後は両者を増やして研究を進める予定である。さらに種々の制約条件を増やして柔軟性を持たせていきたい。

## 参考文献

- 1) 相吉英一郎, 安田恵一郎, メタヒューリスティクスと応用, 電気学会, pp271-285, 2007
- 2) 経済産業省, 国土交通省, ロジスティクス分野における CO2 排出算定方法共同ガイドライン, Ver.3.0, 2007
- 3) 古川正志, 渡辺美知子, 松村有祐, 局所クラスタリング組織化法による TSP の解法, 日本機械学会論文集, 71 巻 711 号 C 編, pp83-89, 2005