

## CO<sub>2</sub> 排出量とコストを考慮した共生進化に基づく貨物割当・配送経路探索

大谷紀子研究室

1232012 荒木 敬太

### 1. 研究の背景・目的

現在、物流事業者には貨物配送の際に排出される CO<sub>2</sub> の削減が強く求められている。CO<sub>2</sub> 排出量問題の解決策の 1 つとして、排出量が最小になるような配送経路で貨物配送することが考えられている。CO<sub>2</sub> 排出量は移動距離だけでなく、貨物積載量や分割配送によっても変動するため、移動距離が最短でも CO<sub>2</sub> 排出量が最小になるとは限らない。また、実用化に向けて物流事業者のトラックの保有台数と種類を考慮した場合の手法も提案されている。しかし、現状では実際の配送を下請け業者に委託する物流事業者が多く、以上の手法を役立てることはできない。物流事業者と実配送を担う下請け業者の関係を前提とし、下請け業者に委託するコストを考慮した手法を検討する必要がある。トラックの一日当たりのチャーター価格によって委託費用が定められる場合、物流事業者はできるだけ委託費用が安くなるように貨物の割り当てを設定し下請け業者に委託する。一方で、委託された下請け業者は配送をできる限り低コストで実施することで、利益を上げる。配送コストには燃料費が含まれているため、CO<sub>2</sub> 排出量が少なくなるような経路で配送することで燃料費が削減できる。環境問題の解決策にもなり、社会貢献も可能となる。大谷らは、配送コストを考慮した CO<sub>2</sub> 排出量最小化配送経路・貨物割当問題に対して、ハーモニーサーチを利用した手法[1]を提案しているが、ほかの最適解探索アルゴリズムを利用した手法は提案されておらず、他の手法を検討することが望まれている。

本研究では、配送コストを考慮した CO<sub>2</sub> 排出量最小化配送経路・貨物割当問題に対し、共生進化に基づく手法を提案し、得られた解によって共生進化の特徴や適用可能性を明確にすることを目的とする。

### 2. 共生進化に基づく手法

#### 2.1. 共生進化

共生進化とは、部分解を個体とする部分解集団と、部分解の組合せを個体とする全体解集団を並行して進化させることでより良い解を探索することができる最適解探索アルゴリズムである。部分解集団では最適解に含まれ得る多様な部分解を生成することで、集団の多様性を維持し、局所解への収束を回避できる。全体解集団では部分解のより良い組合せを学習することで、早い世代での適切な解への到達が可能となる。

#### 2.2. 遺伝子表現

出発点である配送センターから最も近い配送先を 1、配送先 1 から最も近い配送先を 2 というように、M 箇所の配送先に番号を振る。部分解集団の個体の染色体は、図 1 に示すような長さ  $N \times 32$  のビット列である。 $g_j^1 \sim g_j^{31}$  は部分経路で j 番目に訪問する配送先を表し、 $g_j^{32}$  がユニット境界ビットである。ユニットとは配送先のグループであり、同じユニットに属する場合は同じトラックで配送することを表す。ユニット境界ビットが 1 のときは、前後の配送先は別のユニットに属することを意味し、2 つの配送先

は別のトラックで配送する。0 のときは、前後の配送先は同じユニットに属し、同じトラックで 2 つの配送先を連続して配送する。全体解集団の個体の遺伝子は、図 2 に示すような部分解集団の個体を参照するポインタである。



図 1: 部分解集団の個体

### 2.3. 適応度

全体解集団の個体の適応度は CO<sub>2</sub> 総排出量とトラックのチャーター料に同一トラックの複数回使用に関するペナルティを加えた値とし、適応度が小さいほど評価は高いものとする。同一トラックの複数回使用に関するペナルティは、ユニット数から使用するトラックの台数を引いた値にペナルティ値を乗じて算出される。1 つの

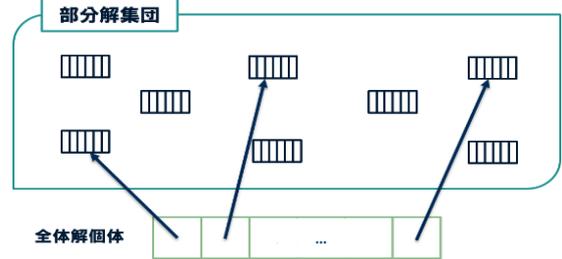


図 2: 全体解集団の個体

ユニットにおける配送貨物の総重量が最大積載量を超える場合の CO<sub>2</sub> 排出量は十分大きな値 H とすることで、個体の評価が低くなるようにする。部分解集団の個体の適応度は、当該個体を参照する全体解個体の中で最も評価の高い個体の適応度とする。

### 3. 評価実験

提案手法の特性と適用可能性を確認するために、最大積載量が 350kg, 1000kg, 2000kg の 3 種類のトラックを使用し、32 箇所の配送先に貨物を配送する場面を想定して実験を行った。距離データは、各配送先の位置情報をもとに実際の移動距離を地図上で計測して作成したものである。貨物重量データは解の変化を確認するために作成された 3 種類の仮想データを用いた。終了条件を 180 秒として提案手法と先行研究の解探索をそれぞれ 10 回ずつ実行した。得られた CO<sub>2</sub> 排出量の平均と最良解、掛かったコストを表 1 に示す。

表 1: CO<sub>2</sub> 排出量の平均・最良解とコスト

貨物重量 データ	共生進化			ハーモニーサーチ		
	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )		コスト (円)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )		コスト (円)
	平均	最良解		平均	最良解	
case1	135.06(1.57)	133.57	132,000	134.31(0.24)	134.00	132,000
case2	134.30(0.69)	133.13	132,000	134.07(0.45)	133.48	132,000
case3	134.80(0.72)	133.66	132,000	135.29(0.31)	134.77	132,000

(括弧内は標準偏差)

### 4. 考察

表 1 から、両手法でコストは同じ値、CO<sub>2</sub> 排出量は平均では同じ程度の解が得られていることがわかる。ただし、標準偏差は共生進化のほうが大きく、最良解ではすべてのデータで共生進化のほうが良い解が得られていることがわかる。以上のことから、共生進化では安定した解は得られないものの、より良い解が得られる可能性があり、ハーモニーサーチでは安定した解を得ることができると考えられる。

### 参考文献

- [1] 大谷紀子, 増井忠幸, “配送コストを考慮した CO<sub>2</sub> 排出量最小化配送経路・貨物割当問題への進化計算の適用”, 第 5 回進化計算学会研究会資料集, pp.43-48, 2013