

CO₂ 排出量最小化のための貨物割当・配送経路探索手法の比較

大谷紀子研究室

1132111 渋谷 英生

1. 研究の背景・目的

現在、環境問題対策の 1 つとして CO₂ 排出量の削減が掲げられている。物流事業者にとって、CO₂ 排出量の削減は、目を背けることのできない課題といえる。問題解決策の 1 つとして、CO₂ 排出量が最小となる経路で貨物を配達することが考えられている。CO₂ 排出量は移動距離だけでなく、貨物の積載量によっても変化するため、移動距離が最短だとしても CO₂ 排出量が最小になるわけではない。また、複数の配送先をグループ分割し、それぞれの便で配達する方が CO₂ 排出量をより少なくできる可能性もある。CO₂ 排出量最小化経路・貨物割当問題に対して、大谷らは共生進化、葛目は蛍アルゴリズム、人工蜂コロニーアルゴリズム、コウモリアルゴリズムに基づく探索手法[1] [3]を提案している。しかし、両研究で対象とした問題では、1 種類のトラックでの配送を前提としており、トラックの保有台数も考慮しない。大谷らは、トラックの保有台数を考慮し、複数の種類のトラックを使用できる場合の解法[2]も提案しているが、共生進化以外の最適解探索アルゴリズムを用いた手法は検討されていない。CO₂ 排出量最小化経路・貨物割当問題に対して、他の最適解探索アルゴリズムを検討する余地はある。

本研究では、トラックの保有台数を考慮し、複数の種類のトラックを使用する場合の CO₂ 排出量最小化経路・貨物割当の問題を対象として、葛目が使用した 3 つの最適解探索アルゴリズム[3]の特性や適用可能性を明確にすることを目的とし、各最適解探索アルゴリズムに基づく探索手法を提案する。得られた解を先行研究の結果と比較することで、提案手法の有用性を示す。

2. 使用するアルゴリズム

人工蜂コロニーアルゴリズムは、ミツバチの採餌行動を模倣し、収穫蜂フェイズ、追従蜂フェイズ、偵察蜂フェイズ、の 3 フェイズを 1 セットとして繰り返すことで、より良い解を探索する。蛍アルゴリズムは、点滅する光に対して蛍が集まる習性を模倣し、適応度の高い解候補に適応度の低い解候補を近づけることで、より良い解を得る。コウモリアルゴリズムは、コウモリが超音波を使って空間を把握するメカニズムを模倣し、音量とパルス率という 2 つの変数を利用することで、より良い解を探索する。

3. 解の表現と新しい解の生成方法

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、全 N 箇所の配送先に番号を振る。ユニット構成と各ユニットでの配送経路を 1 つの解として表現するため、配送順を示す N 個の列において、各配送先番号の間にユニット境界ビットを導入する。解探索途中で新たな解候補を生成する場合には、解候補集合から選択した 2 つの解候補を使用する。解候補 B を解候補 A に近づけた解候補を作りたいとき、解候補 A から連続する 2 つの配送先をランダムに選び、解候補 B の同一箇所にコピーする。コピーをする際、二度同じ配送先に行く場合や、一度も行かない配送先がないように調整する。

4. 評価実験

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. 距離データと貨物重量データは先行研究[3]と同様のものを利用した. 12 種類の貨物重量データのうち, random-2, flat-2, heavy1-2 の 3 つの貨物データは, 貨物総重量が最大積載量を超えており, 複数のグループに分割しなければ配送できない場合のデータである. 各アルゴリズムに基づく解探索を 10 回ずつ実行した. 終了条件を 150 秒として得られた CO₂ 排出量の平均の一部を表 1 に示す.

表 1: CO₂ 排出量の平均[kg-CO₂] (一部) (括弧内は標準偏差)

貨物重量データ	人工蜂コロニー	蛍	コウモリ	共生進化
random	49.05 (0.15)	50.01 (0.37)	55.39 (7.17)	23.74 (0.39)
flat	76.53 (0.20)	78.19 (0.85)	111.20 (11.11)	28.18 (0.13)
heavy1	71.83 (0.33)	73.26 (1.10)	102.59 (16.93)	28.02 (0.13)
heavy3a	62.98 (0.00)	63.04 (0.01)	63.42 (0.43)	20.62 (0.06)
random-2	132.10 (0.17)	135.50 (1.28)	160.87 (8.78)	42.47 (0.27)
flat-2	240.12 (0.81)	245.71 (1.28)	260.60 (13.64)	73.57 (0.30)
heavy1-2	203.89 (1.48)	207.97 (13.88)	259.06 (14.37)	72.99 (0.64)

5. 考察

表 1 から, 共生進化を用いた手法が良い解を得られていることがわかる. 葛目の先行研究[3]では, 人工蜂コロニーアルゴリズムと蛍アルゴリズムを用いた手法が, 共生進化と同様に安定して良い解を得ることができていた. 人工蜂コロニーアルゴリズムは 3 フェイズを繰り返して, 最適解を探索している点, 蛍アルゴリズムはすべての解候補において適応度の大小を比較し, より良い解候補へ近づける処理をしている点が良い解を得られた理由として挙げられている, また, 人工蜂コロニーアルゴリズムは共生進化と同等か, それ以上の解を探索することができ, 他の順序問題においても有効な最適解探索アルゴリズムである可能性が示唆されている. 本研究と葛目の先行研究[3]の結果を比較すると, 共生進化のみが両研究において安定して良い解を得ることができており, 人工蜂コロニーアルゴリズムが共生進化以上の結果を残すとは限らないことが確認できた. また, 人工蜂コロニーアルゴリズム, 蛍アルゴリズム, コウモリアルゴリズムの 3 つにだけ焦点を当ててみると, 人工蜂が最も良く, 次に蛍, 次にコウモリとなっており, 先行研究[3]と同様の結果となっている. 以上のことから, 本研究では, 異なる問題に対して 3 つのアルゴリズムの特性は変わらないが, 必ずしも他のアルゴリズムより優れているわけではないと考えられる.

参考文献

- [1] 大谷紀子, 増井忠幸, “CO₂ 排出量最小化配送経路・貨物割当問題のための共生進化における遺伝子表現と操作”, 進化計算シンポジウム 2011 予稿集, pp.48-54, 2011
- [2] 大谷紀子, 増井忠幸, “CO₂ 排出量最小化のための貨物割当と配送経路の共生進化に基づく探索手法”, 人工知能学会第 26 回全国大会論文集, 3F2-OS-10-4, 2012
- [3] 葛目直樹, “CO₂ 排出量最小化のための配送経路探索手法の比較”, 東京都市大学環境情報学部 2013 年度卒業研究, 2014