

## 多段知能複合型 GA による経路探索

日大生産工 ○小林 誠太 日大生産工 山内 ゆかり

### 1 まえがき

近年、物流の流れを最適化することを目的とする配送問題の要求が高まっている。配送問題は複数の拠点の最短経路を求めることから、巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem: TSP)と同価と考える。TSP の厳密解法としては、Branch-and-cut 法 [1]、Dynamic Programming (DP)を用いた解法[2]が提案されている。しかし、厳密解法は最適解を得られるが、計算時間は長い。それに対して、短い時間で準最適解を出す近似解法がある。例えば、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: GA)[3]を用いる方式が提案されている。

櫻井らは、対話的応答時間内に専門家レベルの最適性で解を得ることを目的とした多段知能型 GA[4]を提案した。この手法では、相補的な 2 つの GA を独立して実行し、より良い結果を採用することで、解の誤差率の減少と、計算時間の高速化を可能とした。具体的には、2-otp 型 GA とブロック型 GA の 2 つを独立に並行して実行する。

櫻井らの実験結果から、処理時間(世代数)を限定した場合、一定の誤差率の精度で解が得られることが示された。しかし、十分に時間をかけ解が収束しても最適解が得られない場合もあった。

そこで、本研究では櫻井らが用いた 2 つの GA を学習の初期および後期で切り替え、直列に適用する手法を提案する。その組み合わせによって、どのような影響があるかを検証していく。

### 2 従来研究

櫻井らが提案した多段知能型 GA[4]は、2-otp 型 GA とブロック型 GA で構成される。2-otp 型 GA は迅速な解の収束ができる。ブロック型 GA は局所最適解に陥ることを防ぐ。この 2 つの GA を独立させ同時に実行させ、良い方の結果を採用することで、多段知能型 GA を構成する。

### 2.1 多段知能型 GA の構成要素

#### (1) 初期集団の生成：

局所最適解に収束するのを防ぎ、最適性の高い解を得るためには、初期集団の多様性が重要になる。しかし、完全にランダムな初期集団を用いると収束速度は遅くなる。迅速に最適性の高い解を得るためには、初期集団の生成の生成段階からある程度の最適化が必要となる。このため以下のように最適化の違う 3 種類の方法を用いる。

##### (a) ランダム生成

ノードの順序をランダムに並べることによりツアーを生成する。

##### (b) ランダム NI 生成

NI 法はツアー長が最も短くなる位置にノードを挿入する挿入法である。ランダムな順序でノードを選択し、NI 法を用いてツアーに挿入していくことによりツアーを生成する。

##### (c) 挿入順制御 NI 生成

全体のルートの概観を考え、近いものから順に巡回する順番を決めていくという全体指向的な決め方をモデル化している。具体的には挿入後のツアー長が挿入前のツアー長の  $w$  倍となるノードを選択し、NI 法で挿入する生成法である。ただし、条件を満たすノードがない場合は  $w$  の値を徐々に大きくする。

#### (2) 評価：

各個体の評価は、その世代の個体集団の中での最小のツアー長を  $L_{\text{Min}}$  とするとき、ツアー長が  $L$  の個体の適応度を  $F = L_{\text{Min}} / L$  で計算する。つまり、ツアー長の短い個体ほど適応度は高い。

#### (3) 選択：

決められた個体数だけを次の世代に残し、あとの個体を淘汰する。選択する個体は全個体の中から適応度の高い順に選ぶ。また、たとえ適応度が低くても改善の機会を与えるため個体数の 10% はランダムに決定される。ただし、同じ個体は重複しては選択しない。

---

Path Search Algorithm using GA that Integrates a Multi-Stage Intelligence

Seita KOBAYASHI and Yukari YAMAUCHI

#### (4) 交叉オペレータ(NI型交叉) :

交叉で二つの親の良い形質を子に継承してGAで迅速な解の収束を実現するために、NI法を用いた交叉オペレータを提案する。

#### (5) 突然変異オペレータ :

突然変異にも問題の特徴にあったオペレータを用いないと迅速な解の収束を実現できない。

#### (a) 2-otp型突然変異

2-otp法は2つのノード間の経路を反転させるという局所探索ヒューリスティックである。2-otp法を用いることにより迅速な解の収束を可能とする。

#### (b) ブロック型突然変異

ブロック型突然変異とは、ある遺伝子とその近傍の遺伝子をNI法により再構築するツアー改良法である。2-otp型突然変異は局所探索に優れ、解の収束を高速化するが、ローカルミニマムに陥る危険性を高めてしまう。より最適性の高い解を得るためには、ローカルミニマムから脱出するためにツアーの一部を破壊する操作が必要である。このため、特定の遺伝子の付近におけるサブツアーを破壊し、再構成するブロック型突然変異を提案した。

### 2.2 多段知能型GAの構成

#### (1) 2-otp型GA :

この手法は、初期集団の生成にランダムNI生成、NI交叉、2-otp型突然変異を用いることにより、迅速な解の収束を可能にする。

#### (2) ブロック型GA :

この手法は、挿入順制御NI生成にランダムNI生成、NI交叉、ブロック型突然変異を用いることにより局所最適化されたツアーの一部を再構築し、局所最適解に陥ることを防ぐ。

#### (3) 多段知能型GA :

多段知能型GAは、2-otp型GAと、これに相補的なブロック型GAとを組み合わせることにより構成された。つまり、この2つのGAを独立に試行し、結果として良い方を採用した。

### 3 提案手法

櫻井らの提案している多段知能型GAは、2つの相補的なGAを独立させ実行している。従来研究では2つの相補的なGAを独立して行っているため、互いの利点を活用することができて

いない。そこで本研究では、学習段階において集団を維持したまま手法のみを切り替えることを提案する。例えば、初めに迅速に解を収束させることのできる2-otp型GAを行う。そして、局所解に陥ってきたときに、ブロック型GAに切り替えることで、局所解から抜け出すことができるのではないかと考える。

### 4 実験環境

本実験では、C言語によりプログラムした。ターゲットとしている配送ネットワークでは、一台のトラックが一回に巡回する拠点数はおおよそ40を超えないので、40都市のTSPで各解法の評価を行った。現実には様々な拠点の配置が発生するために、40都市をランダムに配置した20000個の異なる巡回拠点配置パターンを用意した。そして、各解法の効果を評価するために、それぞれの解法で100回テストパターンを解き、櫻井らの結果と比較した。

### 5 まとめ

本研究では、2つの相補的なGAを学習段階によって切り替える多段知能複合型GAを提案する。従来研究と比較して互いの特徴を効果的に用いて最適解が得られると考えられる。

#### 「参考文献」

- 1) M. Grottschel and O. Holland,: “Solution of large-scale symmetric traveling salesman problems”, *Mathematical Programming*, Vol.51, pp.141-202, (1991).
- 2) S. Arora,: “Polynomial Time Approximation Schemes for Euclidean TSP and Other Geometric Problems”, *Journal of the ACM*, Vol.45, No.5, pp.753-782, (1998).
- 3) L. Davis, editor.: “Handbook of Genetic Algorithms”, Van Nostrand Reinhold, N.Y., (1991).
- 4) 櫻井 義尚, 小野山 隆, 久保田 仙, 鶴田 節夫, 配送問題を対話的時間で実用レベル最適化する多段知能型GA, *知能と情報(日本知能情報ファジィ学誌会)*, Vol.20, No. 4, pp.639-652, (2008).