

遺伝子の交換に逆位を用いる GA の収束性能の改善について

日大生産工 ○宗像 亨 日大生産工 山内 ゆかり

1. まえがき

近年、遺伝的アルゴリズム(GA)における選択、交叉、突然変異などの手法は、遺伝的操作として重要な働きをするが、特に交叉はGAの大きな特徴を与えるとされており、巡回セールスマン問題などの最適化問題を解く際に典型的な手法として使われている。

何故、交叉が最適化問題を解く際に典型的な手法として使われているかについては、解が局所解に陥るのを避け、致死遺伝子を阻止できるからである。

致死遺伝子を阻止する交叉方法として逆位が存在するが、逆位は、両端側に存在する遺伝子と、中央側に存在する遺伝子とでは、交叉に関する確率が異なる特徴を有している。

この特徴は、巡回セールスマン問題において、訪問する都市の順序のねじれを解消するため、なくてはならない手法として重宝されている。本研究では、TSP解決に逆位を用いたGAプログラムを改良し、性能を向上させることを目的とする。

2. 従来手法

2-1 遺伝的アルゴリズム

TSPの解析方法として、遺伝的アルゴリズムを用いた。遺伝的アルゴリズムとは、進化アルゴリズムの1つで、主に以下の3つの操作を行って処理を行う。1つ目は遺伝子と遺伝子を評価し、優秀な方を取る「選択」、2つ目は親と親をかけ合わせて子供を作る「交叉」、最後は局所解を避けるため、任意の確率で遺伝子を変化させる「突然変異」である。

2-2 TSP

処理の流れとしては、まず、N個の都市のXY座標を決定する。次に都市名a,b,c,d,e,fに対応する数値を決定し、それをもとに都市間距離を計算する。

都市間距離計算

$$\begin{aligned} dx &= \text{City_x}[i] - \text{City_x}[j] \\ dy &= \text{City_y}[i] - \text{City_y}[j] \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{City_d}[i][j] = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (2)$$

以上が、XY座標上で2つの都市間の差を求め、その差から、全ての都市間距離を求める式となる。

次に都市間距離から、N個の巡回都市全ての距離を求め、評価基準定数から総巡回距離を引き、評価値を求める。P個の評価値を求めた後、優秀な遺伝子がある場合のみ保存し、評価値を評価値の合計値で割ることで各ルートの選択確率を求める。その後、ルーレット選択を行い、選択確率をもとにルートを求め、それを親1とする。次に、親1に選ばれたルートの評価値と選択確率を0とし、もう一度ルーレット選択を行い、親2を選択する。

次に親1,2を交叉し、子1,2を作成するが、通常の交叉方法と異なり、一定確率で逆位を発生させる交叉を行って子供を作成する。

逆位は任意の区間内の2つの対立遺伝子を両端から順に交換する操作である。

逆位前	a	b	c	d	e	f
	1	1	1	1	1	1
逆位後	a	e	d	c	b	f
	1	4	3	2	1	1

Fig.1 逆位の一例

上記の親と子を作成する動作を、子の数とPが一致するまで繰り返し、最後に現世代を子と入れ替え、優秀な遺伝子が合った場合のみ、エリート遺伝を上書きし、最適解を目指す。

3. 提案手法

第2節で説明した逆位部を、他の操作部分に実装することで、最適解までのループ回数が少なくなるかを検討する。

その後、都市探索順を保存する配列Visitを交換し、遺伝的探索順配列Geneに引き渡す直前に、配列Visitに標準逆位区間を設け、区間内の最適化と逆位を実装し、最適解発見率が上がるかを検討する。

また、子供作成後、一番評価値の低い子供aと、エリートノード保存して作った子供bを比較し、子供bの方の評価値が高い時のみ、子供aと子供bを入れ替える操作を実装することで、ループ回数に影響するかも検討する。

エリートノードは、都市間距離の中で一番距離が短いノードを選択し、保存するノードである。なお、巡回順はa, b, c, d, etc...固定とする。

4. 実験方法および測定方法

従来のGAと、逆位を用いたGAアルゴリズムを導入したプログラムとの学習の差を、TSPを例に挙げながら比較する。なお、出力にはDX Libraryを用いる。

なお、学習の比較を判定する条件として、都市数Nを20、遺伝子配列数Pを100とし、それをもとに評価基準数ZMAXを計算する。

評価基準数計算

$$ZMAX = P * N * 1.5 \quad (3)$$

以上が、都市数と遺伝子配列数から評価基準数を求める式となる。

この条件をもとに、通常GA処理、逆位GA処理、最適化処理を実装した逆位GA処理を用いて最適経路を求め、試行回数を比較する。

なお、本実験ではDX Libraryの出力上に各パラメータや図を視覚的に表示させるものとする。

これにより、途中計算結果の確認やバグの有無、学習内容、学習効率の差を確認する。

5. 実験結果及び検討

本実験で作成したプログラムでの試行結果から、改善効果を検討する。なお、最適解までの試行回数は10000回までとした。

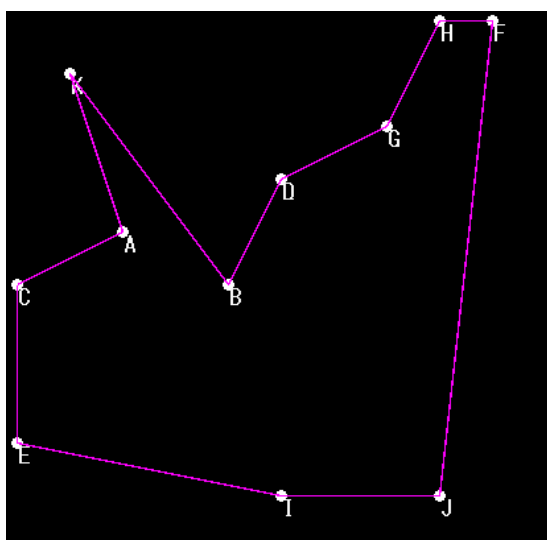


Fig.2 TSP の最適経路の一例

以上の一例は都市数12の状態であるが、本実験環境では20都市で探索を行った。

最適経路に到達するまでの平均回数を、各GA処理を用いて探索を行った。通常のGAでの平均回数は、7326回となったが、回数にばらつきがあり、安定性に欠ける結果となった。

逆位GAでの平均回数は5184回となり、通常のGAと比べると、1つ1つの回数のばらつきが少なかったが、平均回数自体が7000回を超える結果も存在した。

最適化処理を加えた逆位GAでの平均回数は4792回となり、通常のGAと比べると、1つ1つの回数のばらつきが少なく、平均回数自体も全て6000回以内に収まる結果となった。

よって、本実験環境においては、2つの従来GAと、今回作成した最適化処理を加えた逆位GAを最適解到達までの平均回数で比較した結果、性能の改善がされたと言える。

6. まとめ

通常のGAと逆位GAの最適解までの平均回数に差が生じた要因としては、逆位GAの解が局所解に至らず、致死遺伝子を生み出さない構造であるからだと考えられる。

通常のGAでは局所解に至り、局所解から改善され難くなった分、平均回数を増やすケースが散見したが、逆位GAでは1つ1つの回数のばらつきが通常のGAよりも少なかった。

また、逆位に入る手前で最適化処理を実装したことで更に性能の改善が見られた。

しかし、評価値が低い子供と、エリート保存を利用して作成した子供を入れ替える操作に関しては改善が見られなかった。

この点に関しては、入れ替え部分の処理に問題があると考え、修正箇所の発見と改善を行うものとする。

参考文献

- 1) 植田 佳典, 滑川 光裕, 佐藤 章 遺伝子の交換に逆位を用いるGAの収束性能の改善について, J-STAGE (バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌), 2011年13巻1号p.97-107 (参照 2019-08-29)
- 2) 渡邊 俊彦, 藪下 良樹, 近藤 史孝 子個体生成数を適応的に変化させる分散型パラメータフリー遺伝的アルゴリズム, J-STAGE (バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌), 2010年12巻2号p.47-55 (参照2019-10-10)
- 3) 近藤 史孝, 渡邊 俊彦 ハイブリッド化したパラメータ不要の分散型GA, J-STAGE (バイオメディカル・ファジィ・システム学会大会講演論文集), 2011年10月 (参照2019-10-12)