

遺伝的アルゴリズムの巡回セールスマン問題への応用

02701480 法政大学 *八島 高志郎 YASHIMA Koushirou
01900070 法政大学 若山 邦紘 WAKAYAMA Kunihiro

1. はじめに

生物は、交配することで自分の遺伝子の子孫に残す。子どものうち、環境に適した(優れた)個体は生き残り、適さないものは淘汰される。また、突然変異により今まで存在しなかったような性質も出現する。この過程を繰り返すことで、生物は進化していく。遺伝的アルゴリズム(以下GA)とは、このような生物の進化の過程を模倣したモデルである。

GAは組み合わせ最適化問題に対する新しい問題解決手法として注目されている。そこで私は、GAを大規模な巡回セールスマン問題(以下TSP)の近似解法として取り上げた。また、TSPの性質を調べ、遺伝的操作にその特徴を考慮することで、近似解法としての性能の向上を目指した。

2. 遺伝的操作

GAでは、交叉、突然変異、選択の3つの遺伝的操作を確率的に行うことで生物の進化を再現する。今回、交叉として順序交叉、4種類の突然変異、選択戦略としてトーナメント選択とエリート保存戦略を用いた。

順序交叉

親Aをランダムに1点で切り、子1に親Aの切れ目より左側の遺伝子をコピーする。親Aの残りの遺伝子を、親Bに現われる順番に並び変えコピーする。子2は、親A、Bを逆にする。

親A (a,b, c,d,e,f) 親B (a,d, e,c,f,b)
↓ 交叉
子1 (a,b, d,e,c,f) 子2 (a,d, b,c,e,f)

今回用いた4通りの突然変異を以下に示す。

- 突然変異1……ランダムに染色体上の1点(N)を選び、N番目と(N+1)番目の遺伝子を入れ替える。

例 N=5 のとき

(a,b,c,d,e,f,g)
↓
(a,b,c,d,f,e,g)

- 突然変異2……ランダムに染色体上に異なる2点(N1, N2)を選び、N1番目とN2番目の遺伝子を入れ替える。

例 N1=3, N2=6 のとき

(a,b,c,d,e,f,g)
↓
(a,b,f,d,e,c,g)

- 突然変異3……ランダムに染色体上に異なる2点(N1, N2)を選び、2点間の遺伝子の順番を全て入れ替える。

例 N1=3, N2=6 のとき

(a,b,c,d,e,f,g)
↓
(a,b,f,e,d,c,g)

- 突然変異4……ランダムに異なる3点(N1, N2, N3、ただしN1 < N2 < N3)を選び、さらに1/2の確率で左(N1)か右(N3)を決める。左ならばN2番目とN3番目の間に挟まれた遺伝子を全てN1番目の遺伝子の前に入れる。右も同様に行なう。

例 N1=2, N2=4, N3=6
左が選ばれたとき

(a,b,c,d,e,f,g)
↓
(a,d,e,f,b,c,g)

3. 巡回セールスマン問題への応用

TSP は、組み合わせ最適化問題の代表的な問題の一つです。組み合わせ最適化問題はその規模によっては、組み合わせ的爆発の可能性がある。そこで、現実的な時間でどれだけ最適解に近い組み合わせを見つけるかという近似解法の開発が課題となっている。以前から GA を TSP の近似解法として用いる試みが盛んに行われている。

今回着目した TSP の性質として、「10 都市の TSP に 1 都市加えた 11 都市の TSP の最適な巡回路は最初の 10 都市の最適な巡回路の順番とほとんど同じ」ということである。そのことから、11 都市の TSP を 10 都市について探索することで最適な組み合わせに近い解候補を捜すことが可能であると思われる。そこで、GA を大規模な TSP に直接適応するのではなく、各個体(解候補)から容易に近似解が求められるだけの遺伝子を取り出し、その小規模なものに対して GA を適応することにする。小規模な問題で GA は、大規模な場合より局所解に陥りにくく短時間で近似解を見つけることができる。4 種類の突然変異は局所解からの脱出の可能性を高める。エリート保存戦略は、優れた個体が突然変異により壊されることを防ぐ。

今回用いたプログラムで通常の GA のシミュレーションを行なった結果(表1)から、100都市程度の TSP では良い近似解を短時間で得ることが可能であった。しかし、300都市、500都市の問題になると近似解を得る時間は膨大になり、最適解からほど遠い値に収束してしまう。この結果から、300都市、500都市の大規模な TSP を扱うとき、そこから100都市ほどランダムに取り出し、その100都市について GA を行ない近似解を求め、その結果を返すこととする。

なお、比較として BHH 定理 (面積 A の正方形領域にランダムにばらまかれた n 個の点に対する最短巡回路長は $0.72\sqrt{An}$ に収束する) による計算値を最適解と仮定する。

4. 実験方法

表1に、通常の GA で突然変異率をパラメータとして、面積1の正方形にランダムに配置した各都市(50,100,300,500)について試行を行なった。この結果から、今回の試行を突

然変異率0.2として行なうこととした。上と同じデータを用い、都市数(300,400,500)、それぞれの打ち切り世代(3000,5000,10000)での最良値を測定した。なお、集団サイズ、交叉確率、突然変異率はそれぞれ50、0.6、0.2とした。取り出す都市の数をパラメータとして10、20、30、50、100のそれぞれの実験を行なった。

5. 結果、考察

表1. 通常の GA による最良値

都市数	BHH 定理	0 世代	突然変異率 P				
			0.05	0.1	0.2	0.3	0.5
50	5.09	466.7	10.3	9.8	7.2	6.7	7.9
100	7.20	666.7	14.7	11.3	9.1	9.1	7.1
300	12.5	1208.0	50.0	31.1	13.6	21.3	20.2
500	16.1	1565.2	44.3	43.2	20.3	29.8	30.1

表1より、全体的に突然変異率を高くしていくと始めは近似解が良くなるが、P=0.5になるとほとんどの場合改善は見られない。これは突然変異によって部分的に成功している巡回路が破壊されるためであると考えられる。このことを考慮に入れると、突然変異率は0.1から0.3程度が適していると思われる。

また、今回開発したシステムによる GA を用いることにより、近似解を求める時間も精度も改善された。通常の GA での探索は盲目的に行なうのに対して、今回のアルゴリズムはある程度の改善の方向に向かう探索が可能であることと、TSP のような組合せ最適化問題では、問題の規模によって解候補の数が指数的に増加することから、大規模な問題を縮小するという考えが効果的に働いたためであると思われる。

参考文献

- [1] 小林 重信 他 「遺伝的アルゴリズムの基礎と応用 [I]~[IV]」 オペレーションズ・リサーチ Vol.38 No.5-8 (1993)
- [2] 久保 幹雄 「巡回セールスマン問題への招待 I~II」 オペレーションズ・リサーチ Vol.39 No.1-2 (1994)
- [3] 北野 宏明 「遺伝的アルゴリズム」 産業出版
- [4] 北野 宏明 「遺伝的アルゴリズム 2」 産業出版