

巡回セールスマン問題を解く遺伝的アルゴリズムに対して 個体数が及ぼす影響の調査

今井蓮 藤田実沙

中京大学工学部電気電子工学科

1 はじめに

巡回セールスマン問題は \mathcal{NP} 困難な組合せ最適化問題の一つであり、メタ戦略により近似解を求めることが一般的である。また、遺伝的アルゴリズムは複数の解を同時に探索する多点探索型のメタ戦略である。計算時間に上限がある場合、同時に探索する解の個数が少なければ、解の更新回数は多くなり、より深い探索が行える。一方、同時に探索する解の個数が多ければ、解の更新は少なくなり、より広い探索が行える。そのため、同時に探索する解の個数は適切に設定する必要がある。

本研究では、巡回セールスマン問題を解く遺伝的アルゴリズムにおいて計算時間を固定した際に個体数が得られる解の目的関数値に与える影響について実験的に調査した。結果から、個体数を少なくすると良い解を発見しやすくなることが分かった。

2 巡回セールスマン問題

巡回セールスマン問題は、 n 個の都市と各都市の距離が与えられたとき、全ての都市を一度ずつ訪問して最初の都市に戻る巡回路のうち、総距離が最小となるものを求める問題である。 $d_{ij} (> 0, d_{ij} = d_{ji})$ を都市 i と都市 j 間の距離、 x_{ij} を決定変数とし、 d_{ij} が巡回路に含まれるとき $x_{ij} = 1$ 、そうでないとき $x_{ij} = 0$ とする。このとき、本問題の目的関数 F は式 (1) で表される。

$$F = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

3 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムは生物進化を模した多点探索型のメタ戦略の一つである。組合せ最適化問題の解を表現したものを個体、各個体の良さを表す指標を適応度という。個体の集合の中で適応度の高い個体がより多く生き残り、各個体は交叉および突然変異を起こしながら次の世代を生成する。この操作を繰り返し、終了条件を満たしたとき探索を終了する [1]。

4 遺伝的アルゴリズムを用いた巡回セールスマン問題の解法

本研究では個体の表現方法としてパス表現を使用する。パス表現は都市番号を訪問順に並べたものを個体の染色体とする方法である。個体 i の適応度 g_i を式 (2) で定義する。ここで、 F_i は個体 i の目的関数値である。

$$g_i = 1/F_i \quad (2)$$

交叉には部分写像交叉を使用する。部分写像交叉は2つの親個体から2つの子個体を生成する手法である。2つの親個体はランダムに選択し、交叉確率 p_c に基づいて実行する。 p_c が小さい場合は交叉は行われにくいため親個体そのまま子個体に残りやすくなる。一方 p_c が大きい場合は交叉が行われやすいため新しい構造をもつ個体が生成されやすくなる。部分写像交叉の例を図1に示す。交叉する2点をランダムに選択し、2つの親の選択された部分同士を入れ替える。残りの部分は他方の個体から重複が無いかつできるだけ親個体の構造を受け継ぐように埋める。これにより、新しい2つの子個体を生成する [1]。なお、生成された解は必ず実行可能解となる。

突然変異には複数都市交換を使用する。突然変異は突然変異確率 p_i に基づいて各子個体に対して実行する。複数都市交換は1つの個体の中で複数個の遺伝子からなる部分をランダムに2つ作成し、それらの位置を交換する方法である。今回は目的関数値が改善する場合のみ実行することとした。

Analysis of the influence of the population size on the genetic algorithm for solving the traveling salesman problem

Ren IMAI, Misa FUJITA

School of Engineering, Chukyo University

101-Yagoto-honmachi, Showa-ku, Nagoya, Aichi, 466-8666

Japan

t2220023@m.chukyo-u.ac.jp

表 1: 個体数と誤差率 [%]

個体数	kroB100	bier127
10	55	50
20	55	51
30	55	56
40	58	59
50	58	72
60	58	91
70	62	102
80	71	107
90	73	127
100	80	142

表 2: 個体数と解の更新回数

個体数	kroB100	bier127
10	60609	41244
20	28473	18193
30	19036	10550
40	12891	7851
50	10068	5393
60	7965	4028
70	6613	3783
80	5193	3221
90	4844	2696
100	4180	2191

淘汰はルーレット選択を使用する。ルーレット選択は個体の適応度に比例した選択確率に基づいて次世代に残す子個体を選択する方法である。個体 j の選択確率 p_j は式 (3) で表される。ここで、 m は子個体数である。

$$p_j = \frac{g_j}{\sum_{i=1}^m g_i} \quad (3)$$



図 1: 部分写像交叉



図 2: 複数都市交換

5 数値実験

個体数が解探索性能に与える影響を調査するために数値実験を行った。ベンチマーク問題として TSPLIB[2] の kroB100, bier127 を使用した。交叉確率 $p_c = 0.85$, 突然変異確率 $p_i = 0.15$ とし、子個体の数は個体数の 2 倍とした。計算時間の上限は 5 秒とし個体数を 10 から 100 まで 10 個刻みで変化させ、最良解の目的関数値の 10 回平均値を比較した。

数値実験の結果を表 1 に示す。表 1 から kroB100, bier127 のどちらに対しても個体数が少ないほうが誤差

率が低く良い解を探索できていることが分かる。この理由として、個体数を変化させると解の更新回数も変化することが考えられる。そこで、解の更新回数について調査した。結果を表 2 に示す。表 2 から個体数の増加に伴い解の更新回数が急激に減少していることが分かる。これは個体数が多いほうが交叉や突然変異の過程で作成する解の個数が多いこと、淘汰の過程で選択する解の個数が多いことなどにより、1 回の解更新にかかる時間が増加しているためであると考えられる。

6 結論

本研究では、巡回セールスマン問題を解く遺伝的アルゴリズムを対象とし、計算時間に上限がある場合に個体数が解探索性能に与える影響について実験的に調査した。数値実験の結果から、今回使用した手法では個体数が少ないほうがより良い解を発見しやすいことが分かった。この理由として、個体数が少ないほど更新回数も多く、より多くの解を効率的に探索できていることが考えられる。

本研究は JSPS 科研費 JP20K23332 および日比科学技術振興財団の助成を受けたものであり、東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究 (R02/A31) による。

参考文献

- [1] 前川景示, 玉置久, 喜多一ほか: 遺伝的アルゴリズムによる巡回セールスマン問題の一解法, 計測自動制御学会論文集, Vol.31, No.5, pp.598-605 (1995).
- [2] TSPLIB: <http://comopt.ifl.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/> (参照 2023-01-05)