遺伝的アルゴリズムによる TSP の高速解法

仙石 浩明　　吉原 郁夫
(株) 日立製作所 システム開発研究所

1　はじめに

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) は生物進化のシステムをモデル化したものである。1975 年に Holland によって提唱された [1]。Grefenstette が提案した遺伝子表現法 [2] および一点交叉法を用いると、GA で巡回セールスマン問題 (Traveling Salesman Problem: TSP) が解けることから、近年 GA が注目されている。ところがこの解法は収束が遅い。

そこで本報告では、Grefenstette の方法より高速に収束し、さらに最適解を高い確率で得ることが可能な、GA を用いた TSP の高効率探索アルゴリズムを提案する。

2　良い突然変異に限定した GA による解法

TSP の都市の集合を $C = \{c_0, c_1, \ldots, c_{n-1}\}$ とし、二つの都市 c_i, c_j の距離を $d(c_i, c_j)$ とする。

本提案方法では、親の形質を子個体に遺伝する交叉方法を用いることにより探索効率を向上させる。また、個体集合に同一の遺伝子を持つ個体があると、同時に探索できる範囲が狭くなるので、同一遺伝子を持つ個体は常に一つになるように淘汰を行なう。さらに突然変異を、評価値を改善する「良い突然変異」に限ることで、局所最小解への収束を高速化する。

2.1　親の形質を遺伝する交叉方法

Grefenstette が提案した遺伝子表現法および一点交叉法では、交叉点以降の遺伝子座によって表現される親個体の形質が、子個体に直接的には遺伝しない。このため親個体の形質に優れた部分があっても、世代交替を重ねることによってその形質が失われる危険がある。そこで親の形質を遺伝する交叉方法を提案する。

遺伝子表現はパス表現法とする。すなわち、巡回経路

ランダムに都市を一つ選び、これを c とで
現を用いるので、c は g_a, g_b の両方に現れ
$a_i = c, b_j = c$ であるとする。そして次に示
遺伝子 g を構成する。

$f_a \leftarrow$**true**;　$f_b \leftarrow$**true**;　$x \leftarrow i$;　$y \leftarrow$
while f_a **or** f_b
　if f_a **and** $a_x \notin g$ **then** $g \leftarrow a_x \cdot g$;
　else $f_a \leftarrow$**false**;
　if f_b **and** $b_y \notin g$ **then** $g \leftarrow b_y \cdot g$;
　else $f_b \leftarrow$**false**;
end

ただし、「$g \leftarrow a_x \cdot g$」における「$\cdot$」は連
a_x を遺伝子 g の前に繋げる操作を意味する。

このようにして構成された遺伝子 g は、
のそれより短い。初期世代から現在の世代ま
功した交叉において構成された g の長さ $|g$
$\overline{|g|}$ とする。

現在の世代数が N_g 未満の場合は g の長
分はランダムに選んだ都市名で補う。N_g 以
$|g| > \overline{|g|}$ ならばランダムに選んだ都市名で
ないならば交叉を失敗させる。

2.2　良い突然変異

突然変異は、ランダムに選んだ 2 都市の
路を逆順にすることにより行なう。例えば
$o = c_{i_0} c_{i_1} \cdots c_{i_{n-1}}$ の都市 c_s から c_t に至る
順にすると、経路 $o' = \cdots c_{s-1} c_t c_{t-1} \cdots c_s c_t$
れる。

この時、o' の経路長が変異前の経路長よ
わち $d(c_{s-1}, c_s) + d(c_t, c_{t+1}) > d(c_{s-1}, c_t) + d($
立する時その時に限り、この突然変異を「良
と定義する。良い突然変異でない場合は突然

表 1: 30 都市問題を解いた時の最良解の分布

アルゴリズム	評価値 (巡回経路長)			
	最良値	平均	標準偏差	最悪値
提案 2	4.756	4.757	0.003	4.765
提案 1	5.104	5.769	0.328	6.413
Grefenstette	8.219	8.677	0.405	9.717

打ち切り世代数: 1000, 試行回数: 20

全個体の 20 % に対してそれぞれ 84 回づつ突然変異を試みることが出来る。

本提案方法のアルゴリズムを次に示す。

(1) M_p 個のランダムな解を生成し個体の遺伝子を作る。

(2) 以下の操作列を一世代とし、これを繰り返す。

(3) 個体を評価値の高い順に並べる。

(4) 自然淘汰: 同一の評価値を持つ個体を殺す。次に殺した個体数が全体の $R_s\%$ に達するまで、評価値の低い個体から順に殺す。

(5) 増殖: ランダムに 2 個体を選び、 2.1 章で述べた交叉を行なって一つの子個体を作る。個体数が自然淘汰を行なう前の個体数 (M_p) になるまで、この操作を繰り返す。

(6) 突然変異: 評価値がもっとも高い個体、および評価値が平均的な M_i 個体に対して、それぞれ N_i 回づつ突然変異を試み、 2.2 章で述べた良い突然変異だけを行なう。

突然変異を試みる平均的な個体は次のように選ぶ。まず、評価値が高い個体から順に 0 ~ $M_p - 1$ の番号をつける。 0 ~ $M_p - 1$ の範囲の乱数を二つ発生させ、これを s, t とする。 $\lfloor (s+t)/2 \rfloor$ の番号を持つ個体を突然変異の対象とする。この操作を M_i 回繰り返す。

3 実験結果

ランダムに配置した $n = 30$ 個の都市を配置したデータに対して、 TSP を解く。 $M_p = 100$, $R_s = 30[\%]$, $N_i = 10$, $M_i = 20$, $N_i = n \times (n-2)/10 = 84$ という条

ランダムに配置した 30 都市の T

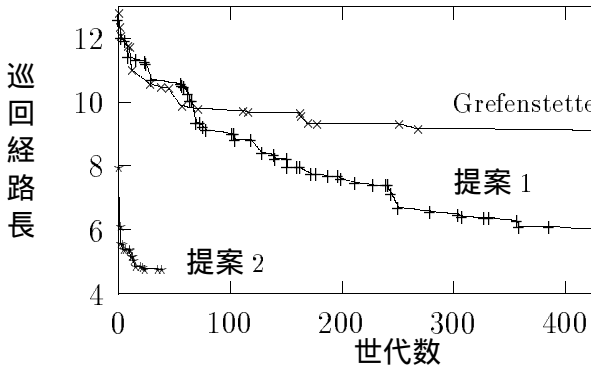

図 1: 収束特性

表 2: CPU 時間の比較

アルゴリズム	100 世代	1000 世代
提案 2	17.0	178.
提案 1	9.4	64.
Grefenstette	3.2	32.

[秒]

各方法の計算に要する CPU 時間 [秒] は、ある。プログラムは C 言語で記述し、 SPAR上で実行した。

4 おわりに

親の形質を忠実に遺伝する交叉方法および に限定する方法を提案した。そして実験によ を示した。 30 都市の TSP において本提案方 の確率で最適解を発見した。計算時間は S で約 17.0 秒である。

今回提案したアルゴリズムにおいては、 箇所を切断する突然変異を行なった。これは 段階では有効であるが、個体の評価値が上が 所最小解に至り解を改善する余地が無くなる ゴリズムでは交叉によって新しい個体が生ま が、 3 箇所以上を切断する突然変異を行な よらなくとも局所最小解から脱出すること う。切断箇所数をどのように決定するかは今 る。

参考文献