

単純なアルゴリズムで都市数の多いTSPを解く

立川 光、石崎 豪洋、中原 壽喜太
香川医科大学 医学部 物理学教室
e-mail: tachkawa@kms.ac.jp

要約

TSP (巡回セールスマン問題) を解く場合にランダムに経路を設定した後に、単純に2都市を交換、取り出して挿入、一つのsubツアーの順を逆にする、の3つのルールを順次適用する。これにより、遺伝的アルゴリズムで解く場合の遺伝子の複雑なコードの操作を無くし、更に距離計算を省略することで高速に最適値、精度の高い準最適値を得る。

アルゴリズムが単純なので他の用途にも応用可能である。

I. はじめに

遺伝的アルゴリズムを用いてTSPを解く方法としては、Goldbergの部分写像交叉があり致死遺伝子抑制法として用いられるが、交差路の排除はうまくできない。その他にも形質遺伝を用いた物があるが、交差路まで形質として遺伝してしまうことがあるので、交差路を排除しにくい。これらのTSPのプログラムで、交差路の状況を見た場合に、交差路を排除可能な操作を探した結果以下のようなものになった。

- (1). 単純に2都市を交換。
 - (2). 取り出して挿入。
 - (3). 一つのsubツアーの順を逆にする。
- 以上の3つの規則をランダムに設定した経路に対して順次適用する。

更に順次適応することで経路の距離計算を省略した為に、遺伝的アルゴリズムよりも計算量を大幅に減らすことができた。遺伝子の操作は一点交叉、2点交叉、複数の個体の共通部分を破壊しないような交叉、突然変異などがある。これらの操作はパラメータ探索一般としての操作であるので、問題固有の操作として上の様な操作を行なうことで、効率の良い探索が可能である。

II. このアルゴリズムの特徴

このプログラムでTSPを解く場合の特徴は、大きい数の場合では確率は低いものの、常に真の最適値を得る可能性を持っていることである。また、3次元以上のTSPでも、同様に解くことができる。

遺伝的アルゴリズムでは、交配の際の遺伝子の操作の計算量も省略可能である。また、遺伝的アルゴリズムでは、個体数も多く必要であるので、その分計算量が増えるが、このアルゴリズムでは必要無い。

ランダムサーチや遺伝的アルゴリズムのように、探索中に乱数を必要とせず3つのルールの適用だけでよい。

このアルゴリズムは、都市数を数万程度に増やして行った場合には、評価関数の距離計算の誤差が全体に影響するので、精度の高い変数が必要になる。

III. 実際の解き方

最初に、ランダムに巡回経路を設定する。

次に、2つの点を決める。これを2重ループで組合せを作る。

交換規則に

(1). 単純に2都市を交換

a b c d e f g → a f c d e b g
 ↑ ↑ ↑ ↑

(2). 取り出して挿入

a b c d e f g → a c d e b f g
 ↑ / \ ↑

(3). 一つのsubツアーの順を逆にする。

a (b c d e f) g → a (f e d c b) g

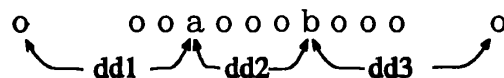
以上の3つの規則で交換する。

交換して、値が小さいものを最小値とする。

ループが終了したら、経路リストを都市数の1/nだけシフトする。これを(n-1)回行なう。ここで、nは4以上の整数である。

以上の操作で、交差路の無い値が得られる。

距離の計算は



として、全体の和を直接全部計算せずに省略することで、全体の和はdd1+dd2+dd3となり、全体の計算量を決定するループは

a=1からa=都市数

b=a+1からb=都市数-1

までの2重ループであるので、1回の探索の計算量は都市数の2乗に比例する。

このアルゴリズムで、30都市がTurbo Cで12MHzのCyrilx 486+387を用いて3秒である。(n=4の場合)

IV. ベンチマークの結果

このアルゴリズムの性能評価を、表. 1に示す。

TSP LIB⁶⁾のデータから、ATT48, GR666, RD100, PCB442, LIN105, ST70を解いた。

実行結果は、それぞれ100回実行したうちで

ATT48 登録されているものより小さい値を得る。

GR666 登録されているものより小さい値を得る。

RD100 登録されているものはもともと交差路がある。

ST70 登録されている値を得る。

LIN105 登録されている値をえる。

PCB442 100回の計算で得られた最小値と登録されているものの比は、
 1.0204となった。

P C B 4 4 2 のような繰返しがある図形には弱く、G R 6 6 6 のように中心で細かく、外側では都市の配置がまばらなものは、比較的良好な結果である。

都市をランダムに配置したもので、1 回の探索が終了するまでの時間は、H i g h - C で 4 8 6 D X - 2 6 6 M H z を用いた場合、1 万都市では 5 時間、2 万 5 千都市では 2 5 時間の結果を得ている。1 万都市を解いた結果の一例を図. 1 に示す。

V. おわりに

T S P のような非決定の問題では、解空間は計算上膨大であるが、実際には評価関数が存在する限り、それほど大きいものではない。これは、単純に近い都市を結んで行った場合の解は、本当の最適値より、おおよそ 1 割程度の隔たりしかないことよりも分ることである。

実際にアプリケーションソフトで用いる場合は、ある程度の妥協が必要であると思われる。

スケジューリング問題はもとより、オセロや将棋などのゲームに応用することを考えている。探索中に乱数を必要とせず、単純なアルゴリズムであるので、ハードウェア化してより高速な探索として用いることも考えられる。

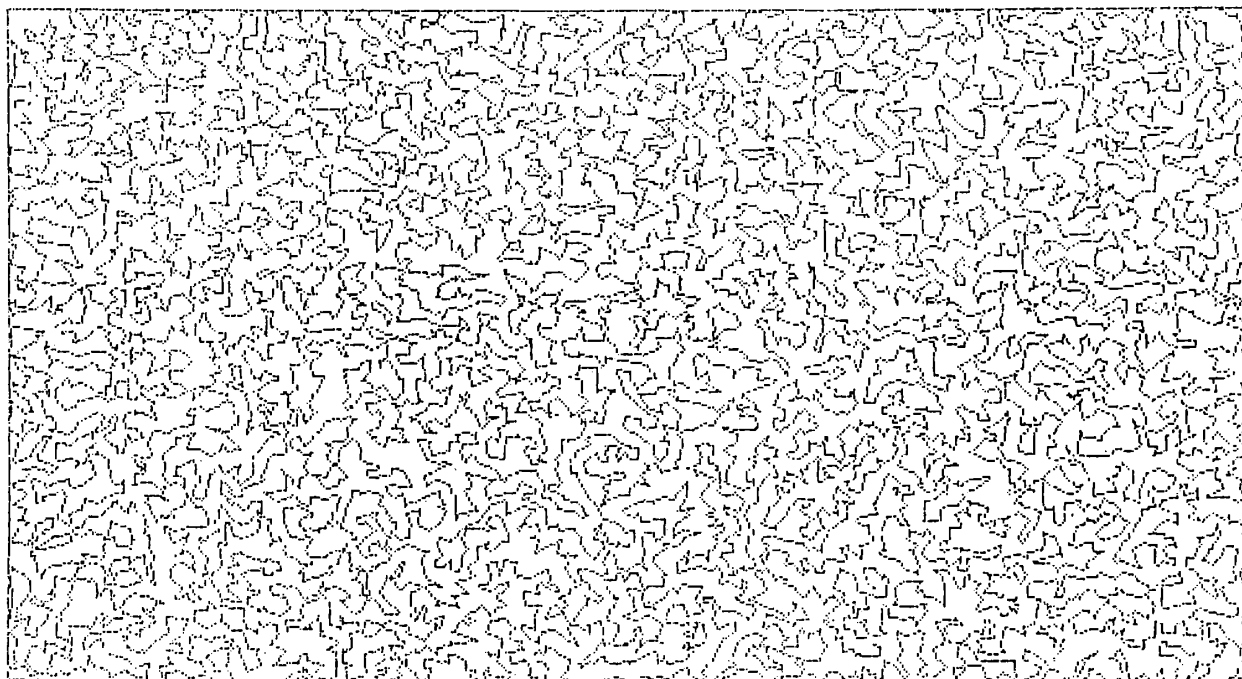


図. 1 1 万都市の T S P を解いた例 (都市配置はランダム)

参考文献

- 1) 小林重信: 「遺伝的アルゴリズムの現状と課題」計測と制御 Vol.32, No.1, pp.2-9, (1993)
- 2) 宇佐美義之, 加納義樹: 人工知能学会論文集 Vol.8, p.377 (1994)
- 3) 宇佐美義之, 加納義樹: Computer Today No.63, p.40 (1994)
- 4) 新妻清三郎, 村田安永, 山田和年: 「機能的アルゴリズムに基づく巡回セールスマン問題の解法」人工知能学会誌 Vol.11, No.1, pp.130-136 (1996)
- 5) L. デービス編, 嘉数 他訳: 「遺伝アルゴリズムハンドブック」森北出版 (1994)
- 6) G.Reinelt: TSPLIB URL は <ftp://softlib.rice.edu/pub/tsplib>

表. 1 アルゴリズムの性能評価 Turbo-C (NDP on) Pentium 75MHz

n = 4 の場合

同一都市配置に対して100回試行
(都市配置はランダム)

都市数	1回の時間	経路長の最小値 最大値	経路長の 平均 ± 標準偏差	標準偏差 平均
100	0.7秒	31636 37205	33990 ± 998	2.94%
200	3.3秒	45351 49568	47251 ± 885	1.87%
500	19.2秒	70678 75262	73061 ± 990	1.35%
1000	76.5秒	100102 105053	102917 ± 1062	1.03%
2000	307.0秒	142833 149132	146516 ± 1240	0.85%
5000	1936.8秒	228006 235230	230636 ± 1191	0.52%

n = 6 の場合

都市数	1回の時間	経路長の最小値 最大値	経路長の 平均 ± 標準偏差	標準偏差 平均
100	1.5秒	31175 36420	33005 ± 842	2.55%
200	5.2秒	44084 47287	45669 ± 731	1.60%
500	31.8秒	68660 72417	70420 ± 804	1.14%
1000	126.9秒	95963 100548	98508 ± 834	0.85%
2000	509.3秒	137712 141364	139779 ± 741	0.53%
5000	3211.1秒	216447 221431	219001 ± 1040	0.47%