

最高温度の自動決定メカニズムを持つ シミュレーテッドアニーリング

同志社大学 三木光範 同志社大学 廣安知之
同志社大学 實田 健 同志社大学(院) 吉田武史

1 はじめに

シミュレーテッドアニーリング (Simulated Annealing:SA) は、広範囲の組合せ最適化問題に有効な汎用近似解法である。しかし、計算量が多いこと、及び温度スケジュールの決定が容易でないという欠点を有している。SA では、解探索効率は温度スケジュールに大きく依存し、従来は高温から低温への緩慢な冷却が重要と考えられてきた。しかし、特定の温度範囲のみが解探索能力に大きな影響を及ぼす¹⁾。本研究では、この特定範囲の温度 (以下、重要温度) に着目し、温度スケジュールのうち最高温度を決定する適応的シミュレーテッドアニーリング (Adaptive SA/Maximum Temp.: ASA/MaxT) を提案する。

2 TSP における温度パラメータ

SA で TSP²⁾ を解く場合の温度パラメータの設定方法は一般的に以下のとおりである³⁾。

- 最高温度: 最大の改悪となる状態遷移が 50 %の確率で受理される温度
- 最低温度: 最小の改悪となる状態遷移が最低 1 回は受理される温度

一方、解の精度を決定する重要温度範囲は、一定温度の SA を行い、解の精度を比較する実験によって求めることができ、その結果、重要温度は温度スケジュールの低温領域に存在していることが明らかとなった。(Table 1 参照)

Table 1 TSP における重要温度

対象問題	最高温度	最低温度	重要温度
a280	416	1.4	2~6
ch130	1283	1.4	10~15
ch150	1175	1.4	10~13
gil262	359	1.4	1.5~3
tsp225	708	1.4	3~5

したがってこのような温度スケジュールで SA を行うと、重要温度範囲での解探索が確実に実行されるため、ある程度良好な解精度を得ることができる。しかし、重要温度は対象問題に依存するのみならず、この温度範囲を特定するためには多くの予備実験が必要である。ここでは、こうした予備実験なしに重要な温度範囲を特定し、かつ探索を効率化する ASA/MaxT を提案する。

3 ASA/MaxT のアルゴリズム

ASA/MaxT のアルゴリズムを以下に示す。ASA/MaxT では通常の SA を開始する前に重要温度探索ルーチンが加わる。

(1) 極低温探索

初期解を生成後、極低温 (温度=0) で局所探索を行う。この操作により非常に早い段階で局所解が得られるため、局所解を基準値とする。局所解が得られた後、通常の SA で用いる最低温度から、温度を上げながら探索を行う。

(2) 評価値を用いた重要温度探索

加熱探索中に基準値以下の解の受理に対して、基準値との差を評価値として加算する。重要温度付近では頻りに基準値以下となり、評価値

は増加する。高温になると、基準値以下となる解が少なくなり評価値は低くなる。したがって、重要温度付近で評価値のピークが得られる。(3) 最高温度決定

評価値が 0 となれば、それ以上温度を上昇させる必要がなくなるため、評価値のピークを基に、最高温度を決定する。その後通常の SA を開始する。

上記の方法により適切な最高温度が設定できるため、SA の高速化が可能となる。

4 実験

ASA/MaxT を 5 種類の TSP に適用した結果を Fig.1, 及び 2 に示す。

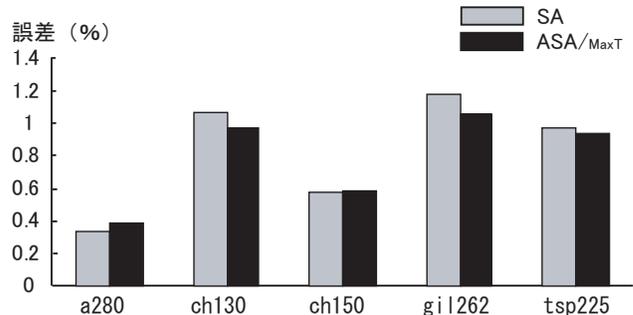


Fig.1 誤差

Fig.1 は誤差の 20 試行平均値である。「誤差」とは (解の巡回路長/最適解 - 1.0) によって得られたものである。Fig. 2 で最適解から誤差 1 %以内の解精度を得るまでに要する探索ステップ数を示す。

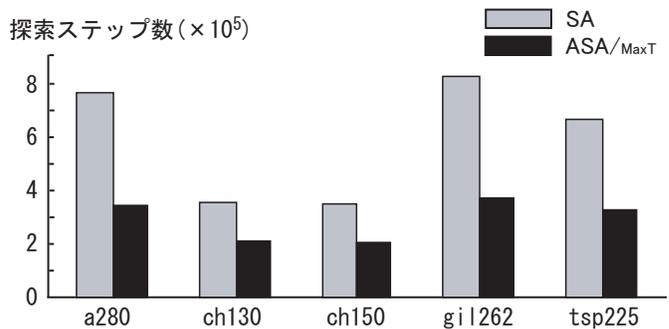


Fig.2 探索数

この結果から、ASA/MaxT では SA のほぼ半分の探索数で SA と同等の解精度が得られることがわかった。これは、ASA/MaxT では評価値計算によって、従来よりも低い最高温度を設定でき、かつ重要温度を通る温度スケジュールで解探索を行うためである。

5 おわりに

本研究では、重要温度に着目し適切な最高温度を決定する適応的シミュレーテッドアニーリングを提案した。そして TSP を用いた数値実験によりその有効性を示した。

参考文献

- 1) Mark Fielding. Simulated Annealing With An Optimal Fixed Temperature. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2000
- 2) TSPLIB, <http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/>
- 3) 小西健三, 瀧和男. 温度並列シミュレーテッド・アニーリング法の評価. 情報処理学会論文誌, 1995