

Adaptive SA/Maximum Temperature

實田 健

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ことが報告されている。本研究では、この特定範囲の温度 (以下、重要温度領域) 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 における最高温度

SA で TSP を解く場合の最高温度は、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というように、経験的に十分高い温度に設定される。そのため、高温部分において無駄な探索が多くなる。一方、TSP における重要温度領域は、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られ、低温付近に存在していることが明らかとなった。しかし、重要温度領域は対象問題に依存し、また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温度領域を特定し、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。局所解が得られた後、温度を上げながら探索を行う。

(2) 重要温度領域の検知

温度を上げながら探索を行う過程において、重要温度領域付近で解は一度局所解を下回り、さらに加熱が進むと、改悪の受理率が高くなり解は改悪方向へ遷移する。

(3) 最高温度決定

解が最終的に局所解を脱出した時点でその温度を最高温度に設定し、その温度から通常の SA を開始する。

これらの操作により、重要温度に近接した最高温度を設定することが出来るため、SA の効率化が可能となる。

4 実験

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

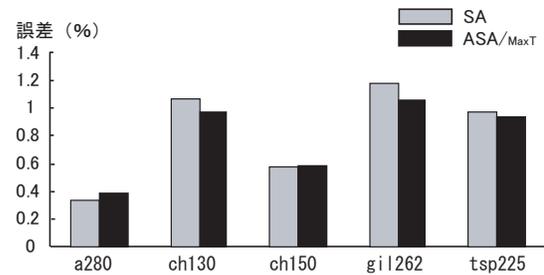


Fig. 1 最適解からの誤差

Fig. 1 は最適解からの誤差の 20 試行平均値である。「最適解からの誤差」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。

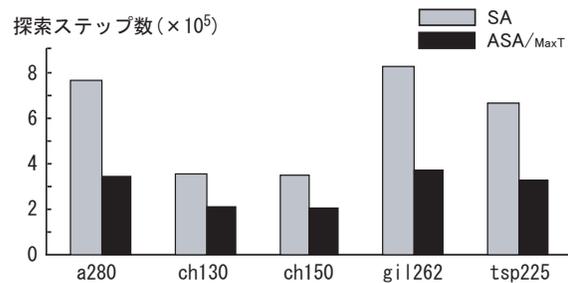


Fig. 2 探索ステップ数

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。