

シミュレーテッドアニーリング概論
SA グループ

1 はじめに

SA¹⁾ の基礎となる考えは Metropolis らが 1953 年に発表した焼きなましと呼ばれる過熱炉内の固体の冷却過程をシミュレートするアルゴリズムに端を発し、最適化問題、特に組み合わせ最適化問題を解く汎用近似解法の 1 つとして用いられている。SA は、局所探索をランダムに行いながら、更に解に改良が見られない場合でも、新しい解に移る可能性を残すことで局所解に陥ることを防ぐことができる点に特徴がある。この特徴により、現在では組合せ最適化問題にだけでなく、複数の局所解を持つ連続変数最適化問題にも用いられている。

しかし、SA には解を得るまでの時間が長いという欠点があり、近年 SA の計算負荷を軽減するために、並列化の研究が盛んに行われてきた。温度並列 SA²⁾ は並列処理との高い親和性を持っているだけでなく、温度スケジュールが不要であるという極めて優れた特徴を有している。

2 アルゴリズム

SA のアルゴリズムの流れを Fig. 1 に示す。SA のアルゴリズムで重要になるのが、生成処理、受理判定、クーリング処理である。

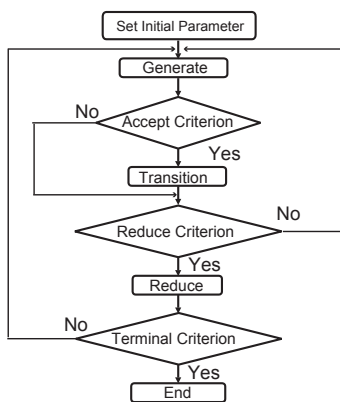


Fig. 1 SA のアルゴリズム

3 SA の長所と短所

● 頑強性

多くの最適化解法が局所最適解に捕捉される欠点を持つのにに対し、SA は容易に捕捉されず、理論上は真の最適解に、実際には準最適解に到達できる。これは、解品質が改良方向のみ探索を進めるのではなく、時折、改悪する方向も選ぶ仕組みによる。

● 汎用性

枠組み自体が極めて汎用にできているので、実に広範囲の問題に適用できる。

● 柔軟性

目的関数 (コスト関数) に対する制約がほとんどない。滑らかさ、連続性、決定性はいずれも満たされなくてもよい。つまり、目的関数は微分可能でなくても、複雑な式で求まるものであっても、確率的であってもよい。さらに、問題に複雑な境界条件があってもよい。

● 簡便性

アルゴリズムはきわめて簡単で誰でも容易に作れる。

また、SA には以下の欠点もある。

● 非効率性

最適解を得るのに非常に多くの計算量を要する。この問題を克服するため、逐次処理のまま高速なアニーリングを導入する高速化の研究、および並列化して高速化を図る並列化の研究が近年見られる。

● 操作性

汎用解法であるため、特定の問題を解く場合には、パラメータをチューニングする必要がある。特に、温度と呼ばれる制御パラメータのチューニングが極めて困難となる。

4 TPSA の基本アルゴリズム

逐次 SA では温度を徐々に冷却するのに対して、TPSA のアルゴリズムでは温度 T のプロセスから温度 T' のプロセスへ解を渡す。この時解交換は確率的に行う。逐次 SA で温度スケジュールを設定することは、TPSA ではプロセッサ間の解交換に相当する。つまり TPSA では、プロセッサ間で解交換を確率的に行わせることによって温度スケジュールを自動化することができる。すなわち、確率的な解交換によって適した温度スケジュールを選び出すことができる。

参考文献

1) Kirkpatrick, S., Gelett Jr. C.D., Vecchi, M.P.: Optimization by Simulated Annealing. Science, 1983.
2) Aarts, E., Korst, J.: Simulated Annealing and Boltzmann Machines. John Wiley & Sons, 1989.