

自作 SA におけるクーリングステップの検討  
梶原広輝

1 はじめに

本報告では SA のパラメータに関する検討を行う．対象問題を Rosenbrock 関数とし，検討するパラメータとしてクーリングステップを扱う．

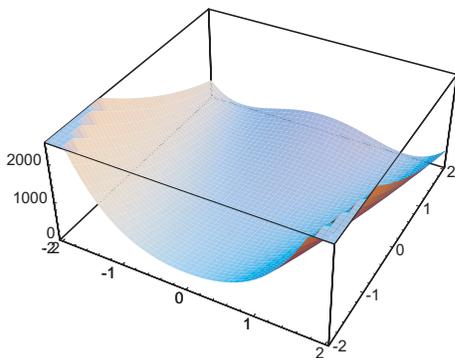
2 対象問題

本実験で扱う対象問題は Rosenbrock 関数，式 (1) である．Rosenbrock 関数の特徴としては，設計変数間の依存関係があり，形状が単峰性であるという特徴がある．Rosenbrock 関数の 2 次元の場合の形状 (a) と等高線 (b) を Fig. 1 に示す．

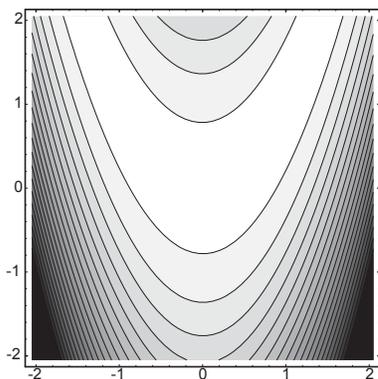
$$F_{Rosenbrock}(x) = \sum_{i=1}^{n-1} (100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (1 - x_i)^2) \quad (1)$$

$$(-2.048 \leq x_i < 2.048)$$

$$\min(F_{Rosenbrock}(x)) = F(1, 1, \dots, 1) = 0$$



(a) 形状



(b) 等高線

Fig. 1 Rosenbrock 関数の 2 次元の場合の形状

3 クーリングステップと解探索の関係

3.1 SA におけるクーリング

SA では一般的に十分高い温度から低い温度まで緩慢に温度を下げる．この温度を下げる回数を示すパラメータがクーリングステップである．つまり，クーリングステップを大きくすると緩やかに冷却することになり，小さくすると急激に温度を冷却することになる．Fig. 2 にクーリングの様子を示す．本実験では，このクーリングステップを様々な値に設定し，解探索とどのような関係があるのか検討を行う．

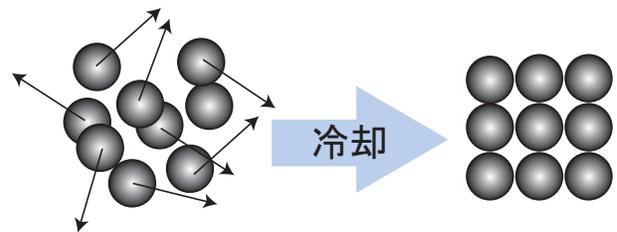


Fig. 2 クーリングの様子

3.2 パラメータ設定

クーリングステップを 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 と変化させ，解とクーリングステップの関係について検討を行う．クーリングステップが 1 の場合は初期温度を最高温度とする (1MaxT) か，最低温度とするか (1MinT) の 2 通りの場合を検討する．またその他の SA に用いるパラメータを Table 1 に示す．

Table 1 パラメータ

パラメータ	値
近傍	0.002
最高温度	1.0
最低温度	0.001
アニーリングステップ	320000
次元数	2
試行回数	100

### 3.3 実験結果

Fig. 3 と Fig. 4 に実験結果を示す．Fig. 3 はそれぞれのクーリングステップにおけるエネルギー値の中央値の推移であり，横軸がアニーリングステップ (Annealing steps)，縦軸がエネルギー値 (Energy) を示している．また Fig. 4 はそれぞれのクーリングステップで得られた最良エネルギー値の最大値・最小値・中央値・平均値を示したものである．横軸がクーリングステップ (Cooling steps)，縦軸がエネルギー値 (Energy) を示している．

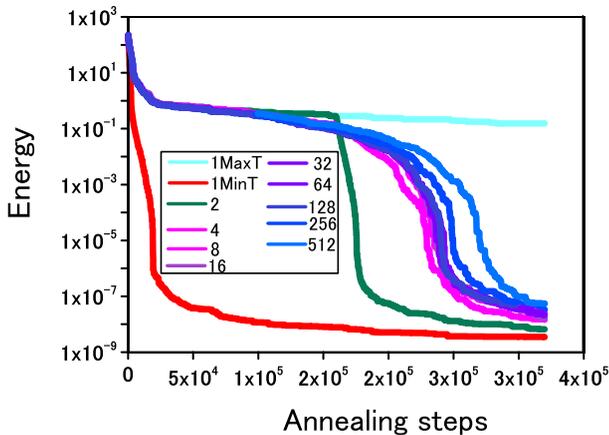


Fig. 3 エネルギー値の推移

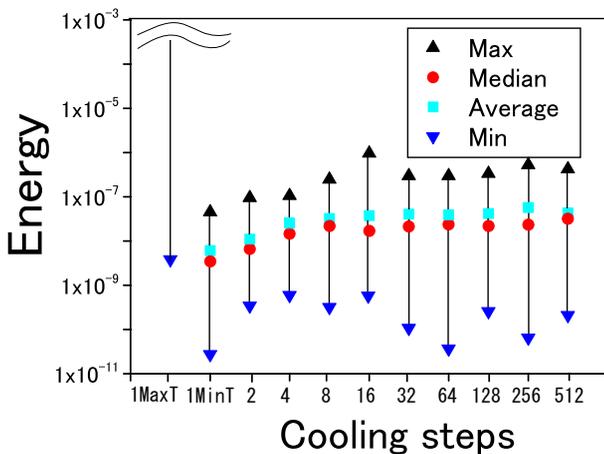


Fig. 4 最良エネルギーの比較

## 4 考察

Fig. 3, Fig. 4 より, Rosenbrock 関数に対して Table 1 のパラメータにおいては, クーリングステップが 1 で, 温度を最低温度に設定したときに最良なエネルギー値を得られることがわかった．

クーリングステップが 1 とは, 温度を冷却しないということである．このとき初期温度を最低温度に設定すると常に温度が最低温度のままである．メトロポリス基準

のもとでは温度が高いと受理率が高くなり解探索は改悪方向に遷移しやすくなるが, 温度が低いと改悪方向に遷移しにくくなる．

そして Rosenbrock 関数の特徴に単峰性ということが挙げられる．単峰性では局所解が存在しないので改悪方向に遷移する必要がない．つまり温度が低いほうが改悪方向へ遷移する確率が低くなり, 上記の様に最良なエネルギー値を得ることができると考えられる．またクーリングステップが 1 で, 温度を最高温度に設定したときに最も高いエネルギー値を得られる．これはクーリングステップが 1 であるため冷却を行わず, 温度が最高温度のままであるため解探索が改悪方向に遷移する確率が高くなるためであると考えられる．

また Fig. 4 より, その他のクーリングステップにおいては, クーリングステップが多くなるにつれてエネルギー値も高くなっていく．つまり Rosenbrock 関数においてはクーリングステップが少ないほうが良好なエネルギー値を得ることができると考えられる．そしてクーリングステップが 1 のときの初期温度の設定が重要になると考えられる．

## 5 まとめ

本報告では SA のパラメータであるクーリングステップについて検討を行った．その結果, Rosenbrock 関数においてはクーリングステップが 1 のとき, 温度を最低温度に設定したときに良好な解が得られることが分かった．Rosenbrock 関数のような単峰性の関数においては解探索が改悪方向に遷移する必要がないため, クーリングを行い温度を緩慢に下げることがない．そのため Rosenbrock 関数のような単峰性の関数ではクーリングのパラメータよりも温度のパラメータのほうが重要であると考えられる．

## 参考文献

- 1) 昌山 智, 廣安 知之, 三木 光範.  
同志社大学工学部知識工学科 知的システムデザイン研究室  
SA の基礎  
<http://mikilab.doshisha.ac.jp/dia/research/report/2003/0711/002/report20030711002.html>