

シミュレーテッドアニーリングにおける総アニーリング数の検討  
尾崎 久実

1 はじめに

シミュレーテッドアニーリング (Simulated Annealing:SA) は金属の焼きなましを計算機上に模倣した最適化手法である .SA は良好な解探索能力を得るためには適切なパラメータを設定する必要がある .適切なパラメータは対象問題に依存する .本報告では ,SA を Schwefel 関数の連続最適化問題に適用し ,総アニーリング数が解探索能力に与える影響について検討を行う .

2 Schwefel 関数

対象問題は ,Equ. 1 で表される Schwefel 関数である . Schwefel 関数は最適解を探索領域の境界付近に持つ多峰性関数で ,設計変数が全て 420.968750 付近の時 ,最適解”-418.982887 × 次元数”を取る .本実験では最良解を-837 とする .Fig. 1 , Fig. 2 に 2 次元の場合の外形 , エネルギーの等高線を示す .

$$F_{Schwefel}(x) = \sum_{i=1}^n -x_i \sin(\sqrt{|x_i|}) \quad (1)$$

(-512 ≤ x<sub>i</sub> < 512)

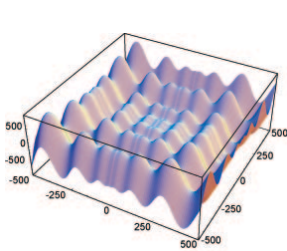


Fig. 1 外形

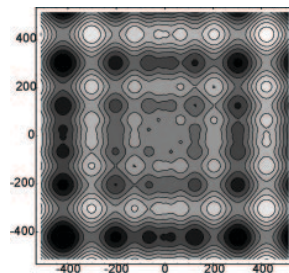


Fig. 2 等高線

3 数値実験

3.1 実験概要

パラメータの初期値を Table 1 に示す値に設定し ,総アニーリング数を変化させ総アニーリング数が解探索に与える影響を検討した .検討を行った総アニーリング数は 2500 , 5000 , 10000 , 20000 , 40000 , 80000 , 160000 , 320000 , 640000 , 1280000 である .一般的に総アニーリング数を増やすと解は最適解に近づく .

Table 1 パラメータの初期値

パラメータ	値
最高温度	100.0
最低温度	0.01
近傍	200
次元数	2
クーリング回数	32

3.2 実験結果

総アニーリング数とエネルギー値の関係を Table 2 , Fig. 3 および Fig. 4 に示す . Table 2 では 100 回試行の最良エネルギーの平均値および中央値を示し , Fig. 3 , Fig. 4 では各総アニーリング数におけるエネルギーの中央値・平均値を示している .どちらも縦軸はエネルギー値 , 横軸は総アニーリング数である .

Table 2 総アニーリング数を変化させた結果

総アニーリング数	平均値	中央値
2500	-718.37274	-718.26587
5000	-738.68744	-719.11350
10000	-756.03439	-719.43532
20000	-781.89038	-837.55292
40000	-815.79231	-837.84904
80000	-828.76582	-837.91137
160000	-836.42073	-837.94488
320000	-837.87737	-837.95581
620000	-837.93667	-837.96000
1240000	-837.95190	-837.96314

Fig. 3 , Fig. 4 を見ると総アニーリング数を変化させた場合 , 収束の仕方に大きな違いが見られた . 総アニーリング数が多いほどエネルギー値が下がり続け , 最良解に近付こうとしている . 最良エネルギー値の中央値では総アニーリング数が 40000 の時ほぼ最良値と重なる値が得られる . 平均値では 160000 のあたりから最良値に重なり始め , 320000 付近ではほとんど最良値で変化が見られない .

また , Fig. 5 は総アニーリング数ごとの中央値での最良解発見率である . これからは 80000 の時 90%以上の

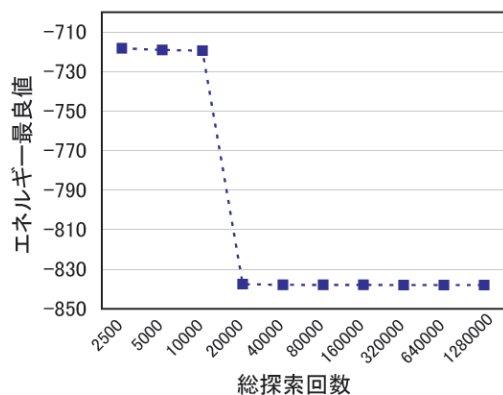


Fig. 3 最良エネルギーの中央値と総アニーリング数

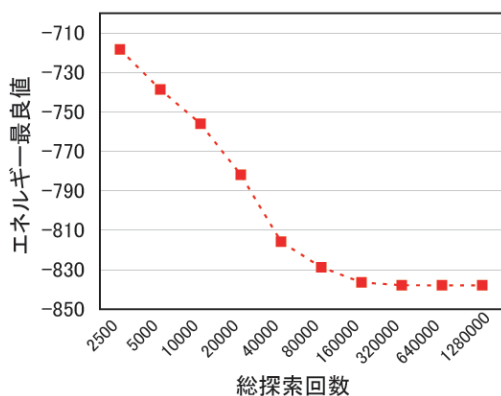


Fig. 4 最良エネルギーの平均値と総アニーリング数

確率で最良解を発見していることがわかる．以上より 80000 が Schwefel 関数の効率のよい総アニーリング数であるといえる．

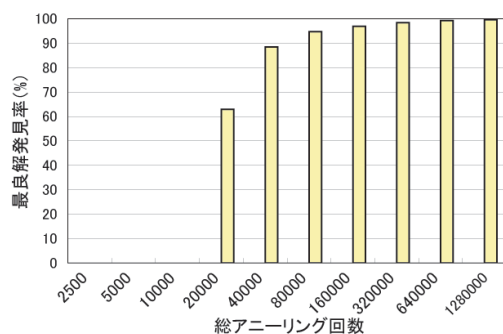


Fig. 5 総アニーリング数ごとの最良解発見率

Table 3 総アニーリングごとの最良解発見率

総アニーリング数	最良解発見率 (%)
2500	0
5000	0
10000	0
20000	63
40000	88.5
80000	94.75
160000	96.9375
320000	98.46875
640000	99.234375
1280000	99.6171875

ストが大きくなるため，総アニーリング数の設定には注意が必要である．今回の場合，総アニーリング数の設定は 80000 が最適であると考えられる．また，実験結果からもわかるように最適な総アニーリング数はパラメータによって異なるため，より良い解を効率よく得るためにはパラメータチューニングが必要であると考えられる．

#### 参考文献

- 1) 昌山 智 シミュレーテッドアニーリングにおけるパラメータの検討 2003 年

## 4 まとめ

本報告では，SA のパラメータである総アニーリング数について検討を行った．その結果，Schwefel 関数においては，総アニーリング数が多いほどより低いエネルギー値が得られるが，総アニーリング数が多すぎるとコ