

遺伝的アルゴリズムを用いた適応的近傍並列シミュレーテッドアニーリング
伏見 俊彦

1 はじめに

シミュレーテッドアニーリング (Simulated Annealing : SA)¹⁾ は、広範囲の組み合わせ最適化問題に有効な汎用近似解法である。しかし、連続値を扱う連続最適化問題においても複雑性を伴うような問題では SA は有効な手法である³⁾。SA では確率的に改悪方向への状態遷移を認めることにより局所解からの脱出可能であり、理論上、最適解に到達することが保証されている¹⁾。しかし、SA で得られる解は温度や次状態の生成の範囲を決定する近傍と呼ばれる制御パラメータに大きく依存しており、任意の問題に対して、適切な設定を行う必要がある。特に連続最適化問題を扱う場合は近傍が解に与える影響が大きい。また SA では良好な解を得るためには膨大な計算量を必要とする。

一方、これまでの研究において、探索過程において、近傍を適応的に調節するメカニズムを持つアルゴリズムの研究も行われている^{2), 3)}。しかし、適応的に近傍を調節するにはルールを適切に決めなくてはならないことや、対象問題に最適な近傍設定を施したもののほうが高い性能を示すことも明らかになっている⁴⁾。しかし、対象問題に最適な近傍を設定するためには膨大な予備実験が必要なる。本研究では、SA を並列化し、GA を用いて自立的に対象問題に最適な近傍の設定を行う並列遺伝的シミュレーテッドアニーリングを提案する。そして代表的な数学的テスト関数にこの手法を適用し、従来から提案されている SA と比較することでその有効性を検証する。

2 最適な近傍設定

連続最適化問題において近傍が解精度に与える影響を検証するために、数学的テスト関数を取り上げた。そして、これらの問題に様々な種類の近傍を与え、アニーリングを複数回数試行し、それぞれの近傍で得た解の精度を比較した。Fig. 1 に Rastrigin 関数の実験結果を示す。横軸は各試行での近傍、縦軸にそのときに得られたエネルギー値を示す。本実験は最小化問題であるため、エネルギーが低い方が良好である。

Fig. 1 より、Rastrigin 関数では近傍幅が 1.0 付近で最も良好な解が得られた。今回取り上げた 5 つの問題に対して同様の実験を行った結果同様の結果が得られたが、しかし、最適な近傍の値は各問題や設計変数の数にも依存することがわかった。

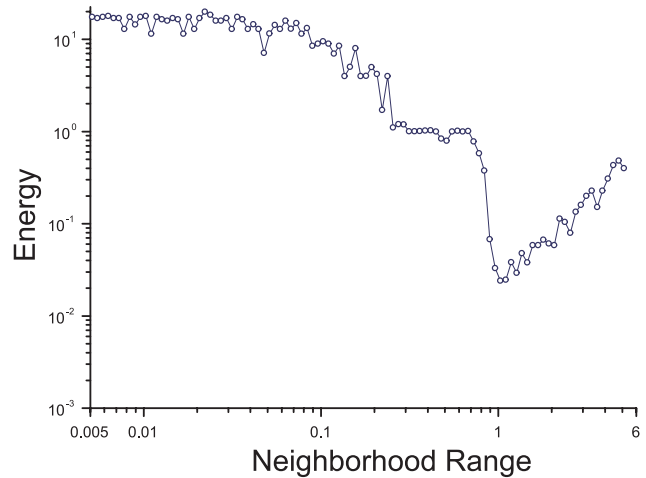


Fig. 1 Rastrigin 関数に対する近傍

3 遺伝的アルゴリズムを用いた適応的近傍並列シミュレーテッドアニーリング

前節より連続最適化問題において最適な近傍が存在することを確認した。しかしこの近傍は各問題に依存した値であり、決定するには多くの予備実験を行う必要がある。そこで本研究では解探索過程で自律的に最適な近傍を探索する遺伝的アルゴリズムを用いた適応的近傍並列シミュレーテッドアニーリング (PSA/ANGA) を提案する。

PSA/ANGA では、複数のプロセスが固有の近傍を持ち、独自に SA を実行する。また、それぞれの近傍を GA における個体としてビット配列で表現し、同期時にはそのビット配列に対して GA オペレータを適用する。Fig. 2 に PSA/ANGA の概念図を示す。

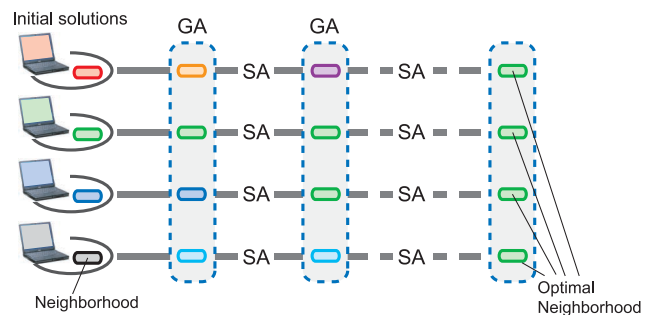


Fig. 2 PSA/ANGA の概念図

- Generate, Accept Criterion, Transition
解生成, 受理判定, 状態遷移は通常の SA と同一の処理を行う。これらの処理は PSA/ANGA ではそれぞれのプロセスが独自におこなう。

- GA operator
一定期間ごとに全プロセスで同期を取り, 各プロセスが計算した評価値から GA オペレータを適用する。

ここでいう評価値とは一定期間での各プロセスの持つ解の品質を示している。GA オペレータは各近傍が持つ評価値からの選択, 近傍を示すビット配列に対しての交差, 突然変異を用いた。このことで, 評価値の高い近傍が生存し, 各プロセスの近傍が最適な近傍周辺に収束する。また交差や突然変異を用いることで近傍の多様性を保持している。

4 数値実験

PGA/ANGA の性能を検証する実験を行う。3つのテスト関数に対して, PGA/ANGA と逐次 SA, Corana の手法²⁾ (SA/AN), 最適な受理確率を目標とする適応的近傍を持つ SA³⁾ (SA/AAN) を適用し, 解精度を比較した。実験結果を Fig. 3 に示す。横軸は各手法, 縦軸はエネルギー値を示す。なお, 結果は 30 試行の平均値を示す。

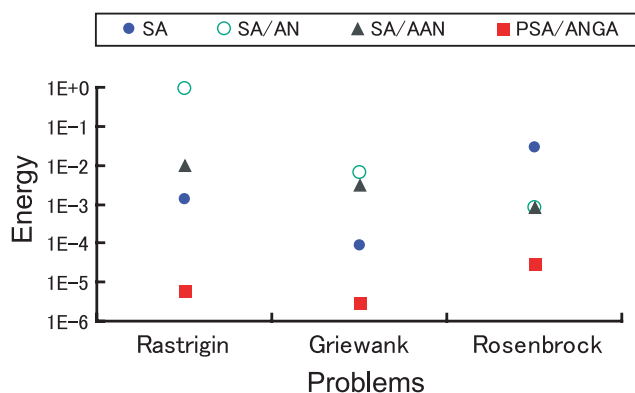


Fig. 3 各手法の結果

Fig. 3 より, 全ての対象問題において PSA/ANGA が逐次 SA, SA/AN, SA/AAN に比べ, 良好な解を探索していることがわかる。この原因として, GA オペレータを用いた近傍の決定により, 各プロセスの近傍が最適な値に収束していることが考えられる。Fig. 4 に Rastrigin 関数に PSA/ANGA を適用した際の各プロセスの近傍推移を示す。Fig. 4 では, 横軸にアニーリングステップ数, 縦軸に近傍を示す。

Fig. 4 より, 各プロセスの近傍が探索に応じて調節しながら収束していることがわかる。他の対象問題でも

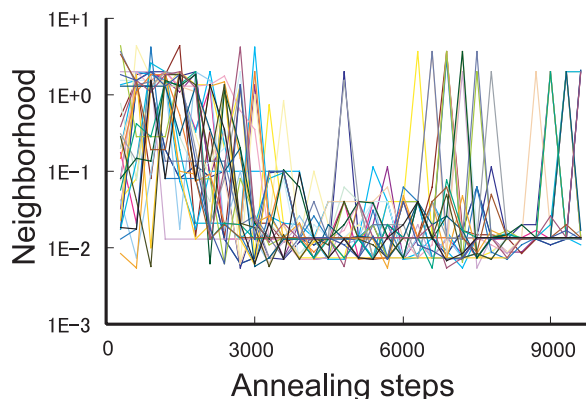


Fig. 4 PSA/ANGA の近傍推移

Fig. 4 と同様に, 近傍が探索過程において自立的に調節しながら最適な値に収束していることがわかった。つまり PSA/ANGA では, 各プロセスが自立的に適切な近傍を決定することで優れた解探索能力を示すことがわかった。

5 まとめ

本研究では, SA における最適な近傍を自立的に探索する並列遺伝的シミュレーテッドアニーリングを提案した。様々なテスト関数を用いて実験を行った結果, 従来の逐次 SA, や提案されている Corana の手法²⁾, 最適な受理確率を目標とする適応的近傍をもつ SA³⁾ に比べ, 良好な結果を示すことがわかった。今後, テスト関数以外の問題に PSA/ANGA を適用し, 有効性を検証する。

6 最後に

SA 班はみんな仲良く, 三木先生の指導の下, 楽しく研究を進めています。本年度は今まで培ったアルゴリズムのノウハウを実問題へ展開していく方向です。これから成果が表に現れるようにグループ一同がんばっていきたくて考えています。また, 研究活動以外にも積極的な人が集まっているので充実した研究生生活を送りたい人歓迎です。

参考文献

- 1) Reeves, C.R. 編, 横山, 奈良ら訳。モダンヒューリスティクス。日刊工業新聞社, 1997。
- 2) Corana, A., Marchesi, M., Martini, C., Ridella, S. Minimizing Multimodal Functions.
- 3) 三木光範, 廣安知之, 小野景子。最適な受理確率を目標とする適応的近傍を持つシミュレーテッドアニーリング。情報処理学会論文誌, 2003。
- 4) 三木光範, 廣安知之, 笠井誠之, 小野景子。適応的近傍を持つ温度並列シミュレーテッドアニーリング。情報処理学会論文誌, 2001