

ECゼミ

指導院生 大向一輝

チーフ 角美智子

サブチーフ 吉田武史, 水田伯典, 坂田善宣

1 進化型計算 (EC) とは

進化型計算 (Evolutionary Computation: EC) とは, 生物進化を計算機上で模して, 適合, 学習, 最適化などの機能を実現しようという手法である. 進化型計算の研究は, いずれも 1960 年代に独立して始まった以下の 3 つのグループの活動を起源としている.

- **遺伝アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA)**

問題の解を記号列として表現した個体を用い, 生物の遺伝的機構と自然選択を比較的忠実に模擬して, 個体集合による離散的な探索空間での適応や最適化を扱う.

- **進化プログラミング (Evolutionary Programing : EP)**

個体集合と選択を用いることについては GA と共通しているが, 新しい探索点の生成にはもっぱら突然変異を用いる.

- **進化戦略 (Evolution Strategy : ES)**

実数関数の最適化を対象とし, 個体表現には実数値をそのまま用いる. EP と同様, 個体集合の選択と突然変異を主とする探索手法である.

1980 年代の後半から GA の研究が世界規模での広がりを見せ, いくつかの国際会議が開かれるようになった. その過程で, 3 つの研究グループの相互交流も盛んになり, また実数値表現を用いる GA や, 交叉演算を用いる EP など従来の枠組みでは整理しきれない研究も行われてきた. そこでこれらを包括してとらえる用語として「進化型計算 (EC)」が提唱され, 現在では基礎的な研究から実際の応用まで様々な分野での研究が進められている.

今回の EC ゼミでは SA・GA を紹介していく.

2 シミュレーテッド アニーリングとは

シミュレーテッドアニーリング (Simulated Annealing: SA) は, 最適化問題, 特に組み合わせ最適化問題のための汎用的近似解法のひとつである. システムの計画や運用などの効率化を考える場合, 多くの問題が『組み合わせ最適化問題』として定式化できるが, 実際的な問題の多くは厳密な最適解を求めるのは困難である. そこで, この種の問題は満足できる解を求める近似解法が適用されている.

本ゼミのテーマである SA は近似解法のひとつで, Kirkpatrick らによって提案された焼きなまし法を計算機上に模擬した手法である. 焼きなまし法とは, 高温で熔融状態にある物質を徐々に冷却し, 欠陥の少ない結晶などの低エネルギーの状態を得る方法である.

SA は構成が簡単で理解しやすく、適用範囲の広い組み合わせ最適化手法として、人工知能分野や OR(Operations Research) 分野でも研究が進められている。

3 局所探索法

まず SA の基礎となる最適解の探索法として局所探索法 (local search:LS) について説明する。この方法では、ある最適化問題の暫定的な解 $x \in F$ に摂動を加えた解 $x' \in F$ を生成する。この解 x に対して、摂動解 x' を生成する範囲を $N(x)$ と書き、『 x の近傍』と呼ぶ。LS では x' が x より良い目的関数値を与えるなら暫定解を x' に移動する、という逐次的な解の改善操作を繰り返す最適化手法である。このような解の挙動を図??に示す。

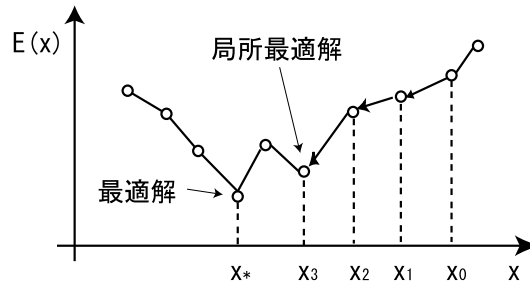


図 1: 局所探索法

図??では初期解 x_0 は近傍の x_1 に移り、目的関数 $E(x)$ は最適解に近づいていく。しかし x_3 のように近傍内に目的関数を改善する点が存在しない場合には LS は停止する。このような解の事を『局所最適解』と呼ぶ。このように初期値の値によって、最適解 x^* に到達できないことがある。

この局所探索法の探索能力を強化する方法としては、次のようなものが考えられる。

1. 近傍の定義を見直す
2. 初期値を取り直して LS を繰り返す。
3. LS での暫定解の更新法として目的関数を改善するものだけでなく、改悪となるものも一定の制限のもとで許し、局所最適解からの脱出を可能にする。

本ゼミテーマである SA は上記の 3 番目のアプローチにより局所探索法を拡張したものと考えられる。

4 SA のアルゴリズム

最適化問題とは有限集合 F を解の探索範囲として、この F の中で目的関数 E を最小化する要素 $x \in F$ を探し出すことである。

$$\min_{x \in F} E(x) \quad (1)$$

SA は局所探索法で示したように、与えられた初期状態から出発して、エネルギーが確率的に小さくなるように次々と状態を変化させ、最終的には最適な状態になることが期待されるアルゴリズムである。