

冷却スケジュールに関する文献調査
 實田 健

1 前月からの課題

SA の冷却スケジュールに関する文献調査

2 冷却スケジュールに関する文献調査

これまで, SA の温度パラメータのうち, 最高温度および最低温度に関してチューニングを行う研究についての調査はいくつか行ってきたが, 冷却スケジュールに関する調査は調査不足であった. そこで, SA の冷却スケジュールに関する研究を行っている文献の調査報告を行う. 文献の内容を述べる前に SA の冷却スケジュールについて簡単に述べる.

SA では最適解への漸近収束性を保証するためには, 対数型アニーリング $T_{k+1} = T_k / \log k$ 以上に急速に冷やしてはならない. しかし, この冷却スケジュールは現実の応用としてはあまりに遅く, 運用上は指数型アニーリング $T_{k+1} = \gamma T_k (0.8 \leq \gamma \leq 1)$ がよく用いられる.

2.1 適応型冷却スケジュール

まず Table 1 に示す文献の調査報告を行う.

Table 1 文献の概要

題名	アニーリング法による最適化における 適応型冷却スケジュールの再検討
著者	長谷川学 山口貴史
出典	日本機械学会第 14 回計算力学講演会 講演論文集

調査内容

本文献では, 冷却スケジュールを事前に決定せず, 定温での解探索時に得られる統計分布をもとに適応的に冷却スケジュールを構成する方法である.

本文献では, SA で同時に複数個の解探索を行う多スタートアニーリング法を用い, グローバルな平衡分布への収束を図る尺度として, 式 (1) の量を取り入れる.

$$\Omega(t) = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I (E^{(i)}(t) - \bar{E}(t))^2 \quad (1)$$

ここで,

$$E^{(i)}(t) = \frac{1}{t} \sum_{\tau=1}^t e(S_\tau^{(i)}) \quad , \quad \bar{E}(t) = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I E^{(i)}(t) \quad (2)$$

であり, $E^{(i)}(t)$ は, i 番目の初期解から出発して得られる探索解の, t ステップまでの評価関数値の平均を表し

ている. また $\Omega(t)$ は, I 個の探索過程に対する $E^{(i)}(t)$ の分布の分散にあたる. 本文献では $\Omega(t)/\Omega(1) < \epsilon$ が満足されることを, ϵ で定まる擬平衡条件として用いている.

2.2 Huang のアニーリングスケジュール

次に Table 2 に示す文献の調査報告を行う.

Table 2 文献の概要

題名	An efficient general cooling schedule for simulated annealing
著者	M.D. Huang, et al.
出典	IEEE International Conference on Computer Aided Design

調査内容

本文献で用いられていた冷却スケジュールは次のとおり.

1. 一定回数の自由遷移を実行し, このとき生成された全状態について評価関数の標準偏差 σ_0 をもとに, 初期温度 T_0 を, $T_0 = k \times \sigma_0$ とする.
2. 前段の温度における評価関数の標準偏差 σ_T を用い, 次段の温度 T' を $T' = T \times \exp(-\lambda \times T / \sigma_T)$ とする.
3. 前段の温度での評価関数の平均値を f_{ave} , 標準偏差を σ とし, 各温度で遷移を行い, 受理された評価関数が区間 $(f_{ave} - 0.5\sigma, f_{ave} + 0.5\sigma)$ に, ある一定回数入れれば平衡状態に達したとみなす.

Table 1, Table 2 に示した文献では, 両方とも評価関数値の分布をもとに, 一定温度での探索がある平衡状態に達した時点で冷却を行っている. これらの手法の利点は, 平衡状態まで十分に探索を進めるため, 精度の良い解が得られる点にある. しかし, 平衡条件を決定するパラメータの設定を誤ると計算時間が多くかかるため, 通常多く用いられる指数型アニーリングでの SA の欠点を克服したスケジュールであるとは考えにくい.

3 今後の課題

Lester Ingber によって提案された Adaptive SA についての調査.