

島モデルの考えに基づいた多目的 PSO

Multi-objective Particle Swarm Optimization based on Island model

本郷潤一
Junichi Hongou元木達也
Tatsuya Motoki新潟大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science & Technology, Niigata University新潟大学工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

1 はじめに

Particle Swarm Optimization(PSO) を用いた多目的最適化に関する研究が行われ、その有効性が検討されている。しかし、それらの手法の多くでは、粒子が自由に動き回るといふ PSO 本来の特徴が薄れている。そこで、本稿では集団を多数の小集団に分け、各々の小集団を独立に進化させる島モデルの考えに基づいた多目的 PSO を提案し、その性能を検討する。

2 PSO

PSO においては、探索空間内で多数の粒子の移動を繰り返すことによって探索を行う。各粒子 (i) は、現在の位置情報 (x_i)、進行方向の速度情報 (v_i)、過去に得た最良の位置情報 ($p\text{-best}, x_{pbest}$) を記憶し、粒子集団内の現在の最良の位置情報 ($g\text{-best}, g$) を粒子全体で共有している。これらの情報を基に各粒子は式 (1),(2) によって各々速度と次の位置を決め移動を繰り返す。ここで、式 (1) における w, c_1, c_2, r_1, r_2 はパラメータである。

$$v_i^{t+1} = wv_i^t + c_1r_1(x_{i_{pbest}}^t - x_i^t) + c_2r_2(g^t - x_i^t) \quad (1)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (2)$$

3 多目的 PSO

多目的最適化問題においては最適解は一意には決まらない。それゆえ、PSO の探索手法を多目的最適化に適用した多目的 PSO においては、各粒子の $g\text{-best}$ としての非劣解を割り当てるかが重要な課題となる。多くの多目的 PSO(e.g., [1][3]) では、多目的 GA の手法に従って、過去の探索で得られた代表的な非劣解の集合 (アーカイブと呼ばれる) をうまく管理し、この中から各粒子の $g\text{-best}$ を割り当てる。しかしこれでは、各粒子はアーカイブ内の非劣解を用いて集中制御されていると見ることもでき、粒子が自由に動き回るといふ本来の PSO の特徴が薄れている。そこで、ここではアーカイブを用いずに最終的に得られる解を分散させる手法を考える。

提案手法 集団を多数の小集団に分け、小集団が互いに反発し合いながら探索を進めることでパレート解を見つけることを期待する。粒子 i の移動に用いられる $g\text{-best}$ は i の属する小集団 $n(i)$ 内の非支配解 ($g_{n(i)}$) からランダムに選択される。探索粒子がそれぞれ持つ $p\text{-best}$ は、新しい粒子に支配されたら更新する。 $pbest$ と新しい粒子の優劣がつけられないときはランダムでどちらかを選択する。世代 t での粒子 i の移動は式 (3),(4) 式に従う。

$$v_i^{t+1} = wv_i^t + c_1r_1(x_{i_{pbest}}^t - x_i^t) + c_2r_2(g_{n(i)}^t - x_i^t) + c_3r_3 \sum_{\text{小集団 } m \neq n(i)} \text{Repul}(x_i, g_{n(i)}, g_m) \quad (3)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (4)$$

ただし、 $\text{Repul}(x_i^t, g_{n(i)}, g_m)$ は他の小集団 m からの反発を表すもので、定数 dist を用いて次のように定める。

$$\text{Repul}(x_i^t, g_{n(i)}, g_m) = \begin{cases} x_i^t - g_m^t & \text{if } \|g_{n(i)}^t - g_m^t\| < \text{dist} \\ \text{dist}^2 \cdot \frac{x_i^t - g_m^t}{\|g_{n(i)}^t - g_m^t\|^2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

4 実験結果

次のテスト問題 1,2 に対して提案手法の適用を考える。

テスト問題 1	テスト問題 2
$h(f_1, g) = 1 - \sqrt{\frac{f_1}{g}}$	$h(f_1, g) = 1 - \sqrt{\frac{f_1}{g}} - \frac{f_1}{g} \sin(10\pi f_1)$
$g(x_i) = 1 + 9 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n-1}$	$g(x_i) = 1 + 9 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n-1}$
$f_1 = x_1 \rightarrow \text{最小化}$	$f_1 = x_1 \rightarrow \text{最小化}$
$f_2 = g \cdot h \rightarrow \text{最小化}$	$f_2 = g \cdot h + 1 \rightarrow \text{最小化}$

世代数を 10000、小集団数を 20、小集団内個体数を 70、 dist をそれぞれ 0.015、0.020 とし、最終世代で得られた小集団の $g\text{-best}$ を表示した結果を図 1,2 に示す。ただし、 $0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, n$ で $n = 10$ とする。

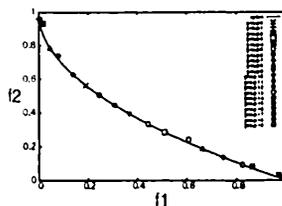


図 1 テスト問題 1

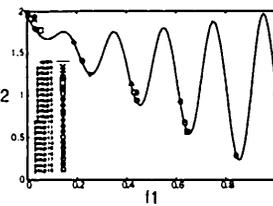


図 2 テスト問題 2

参考文献

- [1] S. Mostaghim, J. Teich. Strategies for Finding Good Local Guides in Multi-objective Particle Swarm Optimization(MOPSO), IEEE 2003 Swarm Intelligence Symposium, (2003), pp.26-33.
- [2] 北山哲士, 荒川雅生, 山崎光悦. 非劣解の多様性を考慮した多目的 Particle Swarm Optimization, 日本機械学会論文集, (2008), pp.1575-1583.
- [3] C.A.Coello Coello, G.T.Pulido, M.S.Lechuga, Handling Multiple Objectives With Particle Swarm Optimization, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol.8, No.3, June 2004, pp.256-279.