

自立心を持つ粒子群最適化法とその振る舞い

Behavior of Independent-Minded Particle Swarm Optimization

松下 春奈¹
H. Matsushita¹

西尾 芳文²
Y. Nishio²
(香川大学¹, 徳島大学², 法政大学³)

齋藤 利通³
T. Saito³

1. はじめに

粒子群最適化法 (PSO 法)^[1] は、メタヒューリスティクス手法の一つであり、概念の簡潔さ、収束の速さ、アルゴリズムのシンプルさなどから、幅広い分野へ応用されている。本研究では、自立心を持つ PSO (IPSO) を提案する。本手法は、新しい複雑ネットワークの概念を PSO へ適用したものであり、協調係数と呼ばれるパラメータに従い、各粒子、及び、群れ全体の振る舞いを変化させる。IPSO を様々なベンチマーク問題へ応用し、その有効性を確認する。

2. 自立心を持つ粒子群最適化法 (IPSO)

IPSO の粒子は自立心を持っており、他の粒子と情報交換をするかどうかは、協調係数 C に従い、毎更新時に確率的に決定される。もし $\text{rand}_i \leq C$ ならば、粒子 i は他の粒子と結合され、そうでなければ、群から孤立し、互いに影響を及ぼさない。ここで、 rand_i は $(0, 1)$ の範囲の乱数である。

IPSO の g_{best} は、他の粒子と結合すると判断された粒子の情報のみで決定される。つまり、ある粒子 i が群内で最小の p_{best} を持っていたとしても、 i が他の粒子と結合していなければ、 g_{best} に影響を及ぼさない。

粒子 i の速度 V_i と位置 X_i は、次式に従い更新する。

$$V_i(t+1) = \begin{cases} wV_i(t) + c_1r_1(P_i - X_i(t)) \\ \quad + c_2r_2(P_g - X_i(t)), \text{ rand}_i \leq C \\ wV_i(t) + c_1r_1(P_i - X_i(t)), \text{ rand}_i > C \end{cases}$$

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1) \quad (1)$$

ここで、 w は慣性重み、 c_1 と c_2 は加速度係数、 r_1 と r_2 は乱数である。式 (1) は、粒子 i が g_{best} の影響を受けるかどうかを、協調係数 C に従った確率的に決定されることを意味している。 $C = 0$ の場合、全ての粒子は常に自分自身の p_{best} のみに依存し、 $C = 1$ の場合、アルゴリズムは通常の PSO と全く同じとなる。

3. シミュレーション結果

IPSO の性能を確認するために、単峰性関数である f_1 : Sphere 関数と、多峰性関数である f_2 : Ackley 関数に対してシミュレーションを行った。いずれの関数も、次元は 30 で、最適解は 0 である。達成したとする基準値は、 f_1 、 f_2 、それぞれ 0.01、1.0 とする。

図 1 は、異なる協調係数 C に対する評価値と、それぞれに対応する達成率を示している。従来の PSO は $C = 1$ と同等であるため、一定となっている。注目すべきは、 f_1 と f_2 では、 C に依存した結果の変化が異なることである。単峰性関数である f_1 では、 C の値が 1 の場合が最も良い結果を示している。つまり、単峰性関数に対しては全結合の PSO が最も適しており、粒子の多様性よりも情報伝達の速さが重要であるといえる。

一方、多峰性関数である f_2 では、常に他の影響を受ける全結合 ($C = 1$) よりも、少しだけ影響を受ける場合 ($C = 0.3 \sim 0.8$) の方が、良い結果を得られているこ

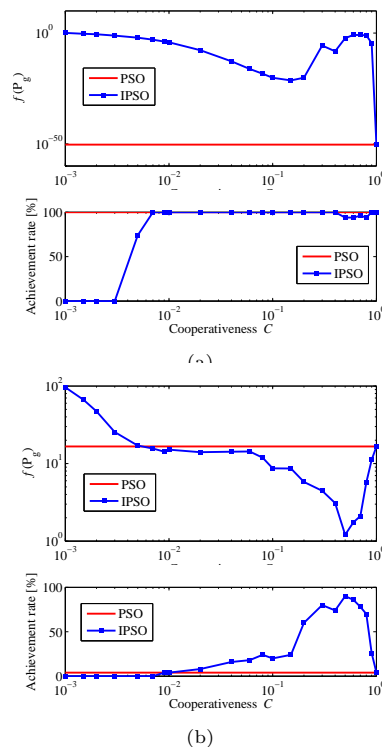


Figure 1: 異なる C を用いたシミュレーション結果。
(a) Sphere 関数 (b) Ackley 関数

とがわかる。また、従来の PSO はほとんど達成基準を満たしていないのに比べて、IPSO は 85% の達成率を得ており、従来の PSO の結果を大幅に改善している。

これらの結果から、複雑な問題解決には、全粒子が常に結合されている場合よりも、自分自身の考えに重みをおき、たまに他者の意見を取り入れる場合が、より良い結果を得られることを確認した。これは実社会の人間関係にも共通することであり、非常に興味深い結果であるといえる。

4. おわりに

本研究では、新しい複雑ネットワークのコンセプトを PSO へ適用し、自立心を持つ PSO 法 (IPSO) を提案した。いくつかのシミュレーションを行い、IPSO が従来の PSO の性能を大幅に改善させることを確認した。

Reference

- [1] J. Kennedy and R. C. Eberhart, "Particle swarm optimization," in *Proc. of IEEE. Int. Conf. on Neural Netw.*, pp. 1942–1948, 1995.