

容量制約なし施設配置問題に適した ABCアルゴリズムの適応度の考察

渡邊 悠介, 高谷 真弓, 山村 明弘

秋田大学大学院 工学資源学研究科 情報工学専攻

1. はじめに

人工蜂コロニー (Artificial bee colony : ABC) アルゴリズムは蜜蜂の採餌行動に基づいて提案された群知能アルゴリズムのひとつである [1]。ABC アルゴリズムは様々な組み合わせ最適化問題に対して応用が行われているが、そのひとつに容量制約なし施設配置問題 [2] というものがある。本稿では、容量制約なし施設配置問題により適した ABC アルゴリズムの適応度の考察を行う。

2. ABC アルゴリズム

ABC アルゴリズムでは以下の 5 ステップにより最適解の探索が行われる。

Step 1:初期化フェーズ

各収獲蜂は初めに、解候補として持っている開設する施設のベクトル Y_k の各要素を、それぞれランダムに 0 または 1 に初期化される。

ランダムに初期化された解候補に対して (1) 式により適応度を計算する。

これは、定められた収獲蜂の人口 B_1 の数だけ行う。

Step 2:収獲蜂フェーズ

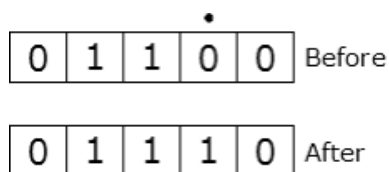


図 1 解の更新

各繰り返しで各蜂は、現在の解を操作して新しい解候補を得る。解の更新は、ランダムに 1 つの施設を選び、選んだ施設の開閉を入れ替えることで行う (図 1)。新しく得られた解の適応度の値がもとの解の適応度と比較して高い場合、記憶する解を入れ替える。

Fitness Function in ABC Algorithms for Uncapacitated Facility Location Problem
Yusuke Watanabe, Mayumi Takaya, Akihiro Yamamura
Department of Computer Science and Engineering,
Akita University

Step 3:追従蜂フェーズ

追従蜂は収獲蜂の持つ解の中から、適応度に従って確率的にひとつの解を選択して更新する。追従蜂が各収獲蜂 k の持つ解を選択する確率 p_k は以下の式で求められる。

$$p_k = \frac{fitness(T(Y_k))}{\sum_{l=1}^{B_1} fitness(T(Y_l))} \quad (1)$$

更新する解を選択したら、step2 と同じ手順で解の更新を行う。更新した解の適応度の値が、もとの解の適応度より高い場合、選択した収獲蜂の記憶する解を置き換える。この操作により、適応度の高い解ほど参照される回数が多くなる。定められた追従蜂の人口 B_2 の回数、この操作を行う。

Step 4:探索蜂フェーズ

定められた打ち切り回数 c の繰り返しの間、一度も更新されなかった解を破棄する。解を破棄した収獲蜂は、探索蜂となり新たな解候補をランダムに計算する。これは、局所最適解に陥ることを防止するための操作である。

Step 5:終了条件

終了条件は繰り返しの回数 N であらかじめ定める。繰り返しが定められた回数に達したら、それまでに得られた最適解を出力してアルゴリズムを終了する。

ABC アルゴリズムでは収獲蜂、追従蜂、探索蜂の 3 種類の蜂の動きを模倣するが、追従蜂は現在の解候補の中から適応度に従いどの解候補を更新するか選択する。解候補 Y_k の適応度 $fitness(T(Y_k))$ は通常以下の式により計算される。 $T(Y_k)$ は解候補 Y_k の総コストを表す。

$$fitness(T(Y_k)) = \frac{1}{1 + T(Y_k)} \quad (2)$$

容量制約なし施設配置問題において従来の (1) 式は適切ではないと考え、以下の式を検討する。

$$fitness(T(Y_k)) = \frac{1}{Q + (T(Y_k) - t_*)} \quad (3)$$

ここで、 t_* はそれまでに得られている最良の解候補の総コストを表す、 Q は任意の定数でありアルゴリズムのパラメータとして設定する。

3. 実験

(2) 式を用いてベンチマーク問題に対して実験を行った。ベンチマークには施設数 50、顧客数 50 の容量制約なし施設配置問題を用いた。実験結果を図 1、2 に示す。実験は $Q = 10^0, 10^2, 10^4, 10^6, 10^8$ に対して収獲蜂の数 50、追従蜂の数 200、繰り返しの数 100、打ち切り回数 c を 5~50 で変化させて行った。図 2 の縦軸は HR (hit to optimum rate) を示し、これは出力された解が最適解であった割合を 0.00~1.00 で表す。図 3 の縦軸は ARPE (average relative percent error) を示し、これは出力された解の最適解に対する差の割合の平均値を表す。HR は高い数値ほど、ARPE は低い数値ほどアルゴリズムの動作性能は良いものと言える。

実験の結果、 $Q = 10^6, 10^8$ の時は (1) 式を用いた時とほぼ同じ結果を表すが、この時は適応度にはほぼ影響されない探索を行っており解の収束に時間がかかっている。 $Q = 10^0, 10^2$ の時は適応度による影響が大きく局所最適解に陥りやすくなっていると考えられる。この実験では $Q = 10^4$ の時にもっともバランスのとれた探索を行っており、検討した (2) 式は本問題において有効だと考えられる。

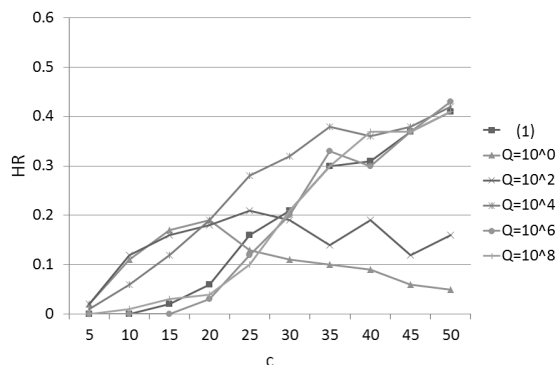


図 2 HR

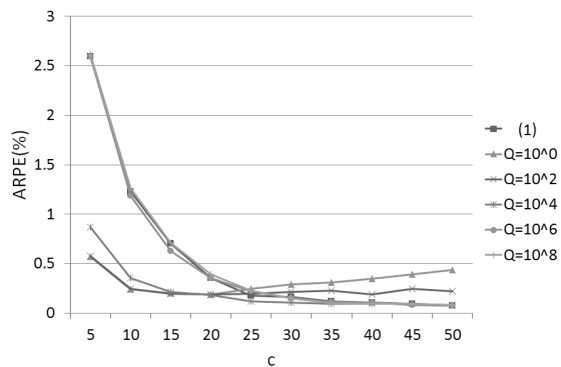


図 3 ARPE

4. 結論

本稿では、容量制約なし施設配置問題に対する ABC アルゴリズムのより適切な適応度の検討を行った。従来の適応度の計算式 (式 (1)) では今回用いたベンチマーク問題に対しては、全ての解候補に一定の適応度を与えた場合とほぼ変わらない結果となり適切とは言えなかった。そこで問題に合わせて、適応度を適切に重み付けできるような計算式を提案した (式 (2))。容量制約なし施設配置問題では総コストの低い解候補ほど、最適解に近い解候補である可能性を秘めていると考えられる。提案した計算式では Q の値を小さく設定した時ほど総コストの低い良い解候補をより多く探索するようになり、解のコストを考慮した探索を行えるようになる。しかし、実験の結果より Q の値が小さすぎると局所最適解に陥りやすくなり最適な動作が得られないと考えられる。今回用いたベンチマークでは $Q = 10^4$ の時に最高の動作が得られ、従来の計算式より良い結果が得られたと言える。この計算式は問題に合わせて Q の値を適当に設定しなければならないが、他の組み合わせ最適化問題に対しても有効であると考えられる。

参考文献

- [1] Karaboga, D. "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization", Erciyes University, Kayseri, Turkey, Technical Report-TR06, (2005).
- [2] Bernhard Korte, Jens Vygen "組合せ最適化：理論とアルゴリズム", シュプリンガー・ジャパン株式会社, pp.637-678, (2009).