

## 巡回セールスマン問題に対する粒子群最適化法の一解法

北海道大学大学院 情報科学研究科 ○市瀬光生, 鈴木育男, 山本雅人, 古川正志

## 概 要

粒子群最適化法(PSO)は様々な組合せ最適化問題に対して適用され、有効性が示されているが巡回セールスマン問題(TSP)に対して適用された例は少ない。本研究では TSP に対する PSO の一つの適用方法を提案し、数値計算実験によりその有効性を示す。

## 1. 緒言

粒子群最適化法(PSO)は解空間を移動する複数の粒子によって解を探索する手法で、それまでに見つけた良い解の位置を各粒子が共有し、それらに近づきつつ解探索を行うという特徴がある。この手法は多くの最適化問題に対して有効性が示されている。巡回セールスマン問題(TSP)は古くから研究されている最適化問題で現実問題に幅広い応用を持つが、TSPを含む順序問題に対して PSO が適用された例は少ない。都市の情報が座標ではなく都市間の距離として与えられる問題に対しては WANG らによって提案された交換子を用いた手法<sup>2)</sup>が適用できる。しかしこの方法では本来の PSO が持つ「良い評価値をもつ粒子に近づく」という特徴が TSP の巡回路に対して実現されていない。

そこで本研究では本来の PSO が持つ「別の粒子に近づく」という特徴を巡回路上で実現するための方法を提案し、その有効性を数値計算実験によって示す。

## 2. 提案手法

ここでは提案手法として、別の粒子に近づく、という動作を巡回路上で実現するための方法と提案した手法のアルゴリズムについて述べる。

## 2. 1. 別の巡回路に近づける動作の定義

本研究では、ある巡回路を別の巡回路に近づけることを、元の巡回路の解の一部を別の解に挿入することで表現する。ある巡回路 A を別の巡回路 B に近づけた新しい巡回路 A' の生成は次のように行う。

1. 巡回路 A と全く同じ巡回路 A' を作成する
2. 巡回路 B からランダムに 1 か所都市を選択する
3. 巡回路 A' から B で選択された都市と同じ都市を選択する
4. 巡回路 B において選択された都市を先頭とした部分都市列を巡回路 A' で選択された都市の場所に挿入する

5. 挿入された部分都市列に含まれる都市と同じものを、部分都市列を壊さないように巡回路 A' から消去する
- 巡回路 B において選択される都市列の個数は、パラメータ  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) および都市数  $n$  を用いて  $\alpha \times n$  と表される。またこの時巡回路 A は巡回路 B に  $\alpha$  だけ近づいた、と表現する。

## [例]

2 つの巡回路 A, B を  $A = (C, E, A, D, B, G, F)$ ,  $B = (A, G, B, E, D, F, C)$  と定義する。また  $\alpha \times n = 3$  であるとす。この時、新しい巡回路 A' は次のように生成される。

1. 巡回路 B から 1 都市を選択する("B"を選択)。
2.  $\alpha \times n = 3$  より、巡回路 B から都市列 "B, E, D" を選び巡回路 A の "B" の位置に挿入する。
3. この時点での巡回路 A' =  $(C, E, A, D, B, E, D, G, F)$  から挿入された部分都市列 "B, E, D" と重複するものを消去する。
4. 新しい巡回路 A' =  $(C, A, B, E, D, G, F)$  を得る。

## 2. 2. 提案手法のアルゴリズム

上で定義した方法を用いて、提案手法のアルゴリズムは以下ようになる。ここで、 $\alpha, \beta$  はそれぞれ巡回路を近づける度合いを示すパラメータである。

1. 全ての粒子の解を初期化する
2. 各粒子について巡回路を記録する。ただし粒子  $n$  の巡回路は  $P_{best, n}$  として記録する。
3. 全粒子中最も経路長の短い解を  $G_{best}$  とする
4. 各粒子を  $\alpha$  だけ  $G_{best}$  に近づける
5. 各粒子を  $\beta$  だけ  $P_{best, n}$  に近づける
6. 各粒子の巡回路長がそれぞれ  $P_{best, n}$  のものよりも短ければ  $P_{best, n}$  をそれで置き換える
7. 終了条件を満たせば終了、そうでなければ 3. へ

## 3. 数値計算実験

提案手法が従来の PSO と比較して得られる解精度がどの

程度よいかを検証するために数値計算実験を行い、解精度の比較を行う。評価値は実験開始から100秒が経過した時点のものを記録し、その100回の平均を比較する。実験にはCPUがPhenomII X6 2.8Ghzの市販のPCを使用した。また、問題はTSPLIB<sup>3)</sup>にて公開されている225都市の問題を使用した。この問題の都市配置を図1に示す。

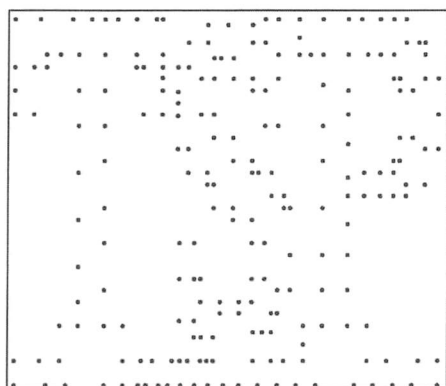


Fig.1 : 225 cities problem

### 3. 1. 実験条件

アルゴリズムで使用するパラメータなどを以下に示す。

●従来手法(交換子を用いた PSO)のパラメータ

- 粒子数 : 10
- $\omega = 0.8$
- $\alpha = 0.4$
- $\beta = 0.4$

●提案手法のパラメータ

- 粒子数 : 14
- $\alpha$  : 毎回  $0 \leq \alpha \leq 0.03$  の乱数
- $\beta$  : 毎回  $0 \leq \beta \leq 1$  の乱数

### 3. 2. 実験結果

得られた解の精度を図2に示す。また、解の収束の様子を図3に示す。

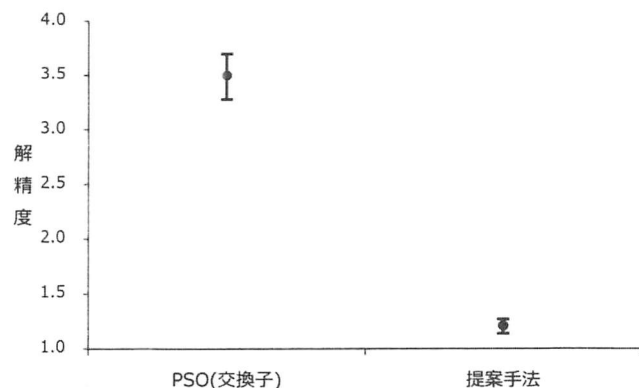


Fig.2 : Accuracy comparison on 225 cities problem

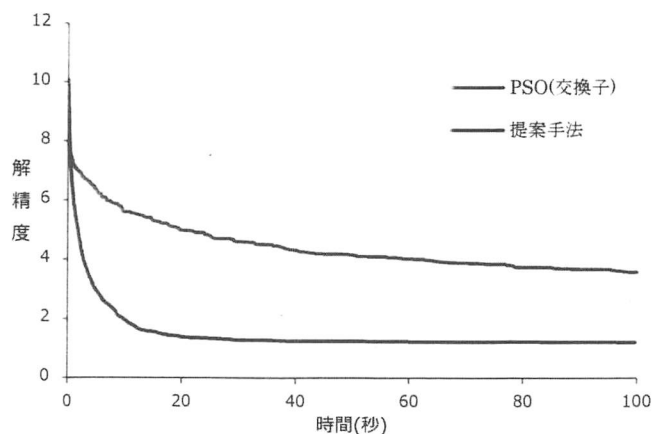


Fig.3 : Convergence speed comparison on 225 cities problem

図2は縦軸に解精度、横軸に手法を取ったものである。また100回のうちに得られた最良の解精度および最悪の解精度も示した。提案手法は従来の交換子を用いたものと比べて良い精度の解が得られている。これは従来の方法に比べて、提案手法では良い巡回路に近づくという動作が探索に対して、より有効に働いたためだと考えられる。また、図3はそれぞれ1回ずつの解の収束の様子を比較したものである。このグラフからも提案手法が従来の手法よりも早く、精度のよい解が得られていることが分かる。

### 4. 結言

本研究では最適化において有効でありながら TSP に対しては適用例が少ない PSO について「別の巡回路に近づく」という動作を巡回路上で表現することに重点を置いた方法を提案し、その有効性を示した。しかしながら今回提案した手法では、本来の PSO において粒子が持つ慣性に関する要素が考慮されていない。したがって今後の課題としては粒子の慣性の要素の実装などが考えられる。

### 参考文献

- 1) 山本芳嗣, 久保幹雄. 巡回セールスマン問題への招待(シリーズ「現代人の数理」). 朝倉書店, 1997.
- 2) KANG-PING WANG, LAN HUANG, CHUN-GUANG ZHOU, WEI PANG. PARTICLE SWARM OPTIMIZATION FOR TRAVELING SALESMAN PROBLEM. Proceedings of the Second International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Xi'an, 2-5 November 2003
- 3) TSPLIB, <http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95>