

## 多目的 GA の巡回セールスマン問題への適用

## Multiobjective Genetic Algorithms for the Traveling Salesman Problem

近藤 健史

Takefumi KONDO

**Abstract:** In this paper, multiobjective genetic algorithms are applied to the traveling salesman problem. In general, traveling salesman problem is the problem which search for the smallest distance. However, in this case, the traveling salesman problem becomes the multiobjective optimization problems by adding a function the number of cities is objective. Then it is examined effects of multiobjective genetic algorithms for the problem.

## 1 はじめに

多目的最適化問題では、目的関数間にトレードオフがあるような場合、解は単一ではなく複数の解集合となる。一般に、これらの解集合はパレート最適解集合と呼ばれる。多目的最適化では、パレート最適解集合を得ることが一つの目標となる。一方、GA は多点探索手法であるため、多目的最適化問題におけるパレート最適解集合の探索に非常に有効な手法であると考えられる。

今後、多目的 GA が現実問題を含め、未だ適用されていないさまざまな種類の問題に対し効果的であることを示して行く必要がある。そこで本発表では、多目的 GA の対象問題として、巡回セールスマン問題を適用し、その有効性を検証した。

## 2 巡回セールスマン問題の多目的化

## 2.1 巡回セールスマン問題

巡回セールスマン問題 (以下 TSP) は、都市間の距離が与えられるいくつかの都市があり、これらの各都市を一度ずつ訪問するものとした場合の巡回路長を最小とする問題である<sup>1)</sup>。

本発表では、TSP の多目的化について考えた。具体的には、従来からの距離という目的に巡回する都市数という目的を加え、2 目的の問題としての定式化を試みた。すなわち、出来るだけ少ない距離で多くの箇所を訪れることを目標とした問題になる。

また、その対象問題のモデルとして、本発表では実際の京都市内の寺や神社を用いた (Fig. 1 参照)。この問題を京都問題と呼ぶことにする。

## 2.2 問題の定式化

京都問題へのアプローチ方法について説明する。以下の 2 つの目的関数を考える。

$$f_1 = \text{Total distance} \quad (1)$$

$$f_2 = 1/(\text{The number of temples}) \quad (2)$$



Fig. 1 京都市の地図

京都問題を解く上で、あらかじめ訪れる寺、神社は決定しておく。今回は最大 10 箇所、制約条件として最低 7 箇所訪れるものとした。その際の各寺、神社の配置を実際の地図を元に南北を y 軸、東西を x 軸とし、京都駅を (0,0)、スタート地点およびゴール地点とした。

そのデータを以下の Table 1 に示す。(単位は m)

番号	観光地	位置 (x,y)
1	京都駅	(0,0)
2	東本願寺	(0,500)
3	西本願寺	(-600,500)
4	三十三間堂	(1500,300)
5	清水寺	(2600,1200)
6	八坂神社	(1800,2400)
7	平安神宮	(2150,3550)
8	二条城	(-850,3400)
9	御所	(0,4150)
10	金閣寺	(-3200,6900)

Table 1 京都問題の初期データ

### 3 数値実験

#### 3.1 遺伝的アルゴリズムの構成法

##### 3.1.1 遺伝子表現

本発表で用いた遺伝子表現を Fig. 2 に示す。また、訪れない箇所は 0 として表している。

The traveling order	3	8	0	1	5	2	4	7	6	0
The temple number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fig. 2 遺伝子表現

##### 3.1.2 交叉法と選択手法

TSP へ GA を適用した場合の交叉法はさまざま提案されている。本発表では、その中でも最も一般的な交叉法の一つである、PMX (partially matched crossover) 法を用いた。Fig. 3 を基に PMX 法を具体的に説明する。

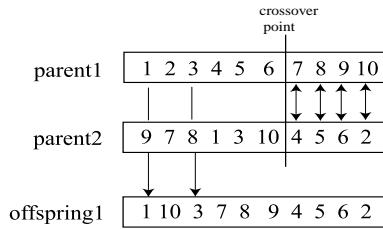


Fig. 3 PMX 法

(1) 親 2 の交叉位置より右側にある 4-5-6-2 をそのまま受け継ぐ。

(2) 受け継がれた遺伝子 (親 2 における 4-5-6-2) と同じ遺伝子が親 1 の左側にあるので、その遺伝子と対になる相手の遺伝子と交換する (4,7), (5,8), (6,9), (2,10)。

(3) その結果、子 1 の交叉位置より左側の遺伝子が 1-10-3-7-8-9 と決定する。

子 2 についても同様である。

選択手法としては、ランキングによるパレート保存選択を用いている。

#### 3.2 実験結果

本発表では、10 の観光地を持つ京都問題に対して、多目的 GA の適用を行った。用いた個体数は 100 個体で、終了世代数は 30 世代とした。30 世代で得られたパレート解を Fig. 4 に示す。なお、図中における横軸を総経路長、縦軸を  $1/(\text{訪れた観光地数})$  と設定した。その中でも 7 箇所と 10 箇所最適解をそれぞれ取り出し、その時の訪問する順を Fig. 5 と Fig. 6 に示す。

Fig. 4 より、縦軸  $f_2$  の値が小さくなるにつれ、横軸  $f_1$  の値が大きくなっていることが分かる。このことより、二目的最適化問題において複数の解集合を持つ理想に近い結果が得られていることが分かる。

しかし、Fig. 5 から 7 箇所を訪問する最適な順番が分かるが、「西本願寺」から「平安神宮」へ行く点が非効

率で、また最適解とは言えない。Fig. 6 は全部巡回する場合であるが、この場合も最初に「京都駅」から「二条城」へ行く点が残りの巡回回路であるので、まだ最適な巡回回路とはいえない。

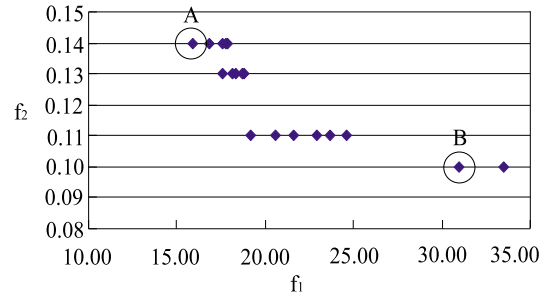


Fig. 4 実験結果

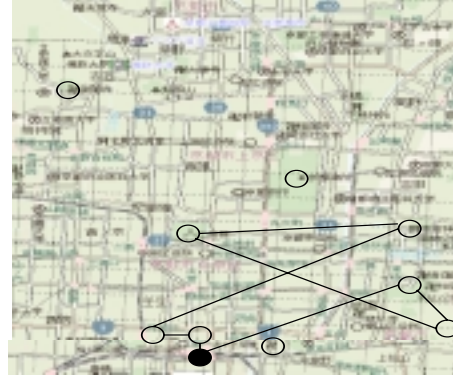


Fig. 5 7 箇所巡回した場合の巡回路順 (Fig.4 中の A)

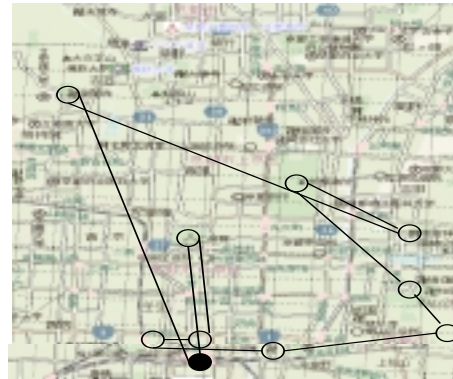


Fig. 6 10 箇所巡回した場合の巡回路順 (Fig.4 中の B)

### 4 結論

本研究では、多目的 GA を TSP を多目的化した離散問題に適用し、その有効性の検証を行った。その結果、連続変数問題だけでなく TSP のような現実問題においてもある程度良好な解を得ることができた。しかし、少ない観光地数にも関わらず、最適解を得られなかったため、その点を今後改善して行きたい。

### 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』(朝倉書店, 1997)