

# 人工知能による最短経路探索

浜田 亮 松岡 健太  
山田 泉

## 1 研究概要

巡回セールスマン問題を解くための人工知能を C++を用いて作成した。

## 2 研究の具体的内容

### (1) 巡回セールスマン問題とは

巡回セールスマン問題とは、1人のセールスマンがすべての都市を訪問して元の都市へと戻ってくる最短経路を見つけるというものである。これだけ聞くと最短経路で一筆書きをするだけの単純な問題に聞こえるが、 $n$  個の都市を総当たりで計算すると

$(n - 1)!/2$  通りになり、20 個の都市を周回する経路はおよそ 6 京通りある。

もし 6 京通りを総当たりで解く場合、最新のスーパーコンピュータを使用した場合でもおよそ 6 秒かかり、都市 25 個だと 3000 垓通りあるのでおよそ 2 か月もの期間がかかる。

しかし、もし図 1 のような円形型の配置だとしたらどうだろうか。

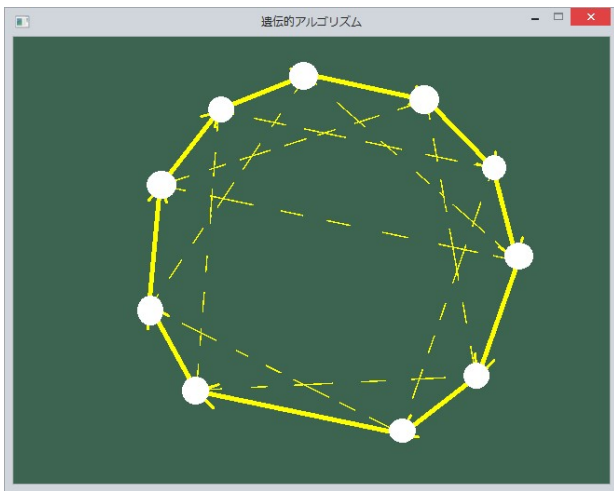


図 1 配置の例

多くの人は直感的に太字で書かれた最短距離

を導き出せるはずだ。しかし総当たりでは確実な答えを出すことはできるが図 1 の破線のように遠回りしてしまうためすぐに解くことはできない。そこで短時間で近似値解を導き出せる人工知能を作成することにした。

### (2) 遺伝的アルゴリズムとは

今回作成した人工知能には、遺伝的アルゴリズムという手法を用いる。これは、図 2 に示している一連の処理を繰り返すことにより近似値解を導き出す手法である。

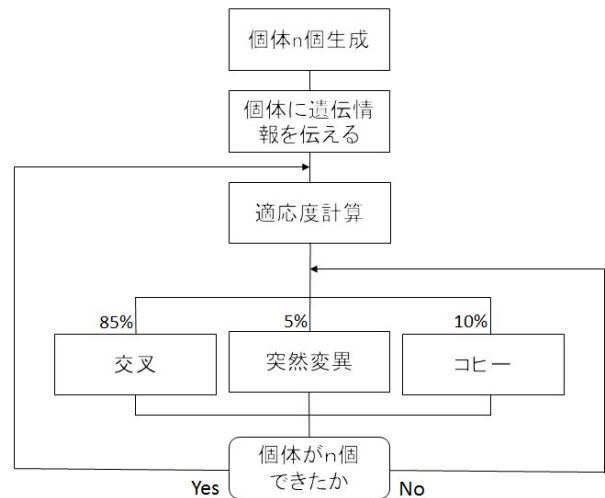


図 2 遺伝的アルゴリズムの手順

個体の持つ遺伝情報は数列のデジタルデータであり、それぞれの数字は訪れる都市の順番を示す。例えば遺伝情報が {1, 2, 3, 4, 5, 6} の場合は、都市番号 1 番から順番に 6 番まで巡回した後に 1 番の都市に戻ってくることを意味する。また、巡回したルート of 距離の逆数を適応度とし、移動距離が短いほど適応度が高く優秀な個体と言える。

交叉では適応度の高い個体を選択し、適応

度の高い優秀な個体同士を掛け合わせるにより、さらに優秀な個体を生み出そうというものである。

遺伝的アルゴリズムの核は選択・交叉する部分であり、どの個体を選択するか、どのような手法で交叉するかにより解を出すまでの時間が大幅に変化する。

今回作成した人工知能ではランキング選択方式と二点交叉方式を採用した。

### (3) ランキング選択方式とは

ランキング選択方式は、各個体を適応度によりランク付けし、「1位なら確率  $p_1$ 、2位なら確率  $p_2$ 、3位なら・・・」という風にあらかじめランクによって選択される確率を決めておく方式である。

### (4) 二点交叉方式とは

二点交叉方式は、ランキング選択方式によって選ばれた二つの遺伝子を使い図3の通りランダムに交差点を二つ選ぶ。その後交差点で囲まれている部分を入れ替える方式である。

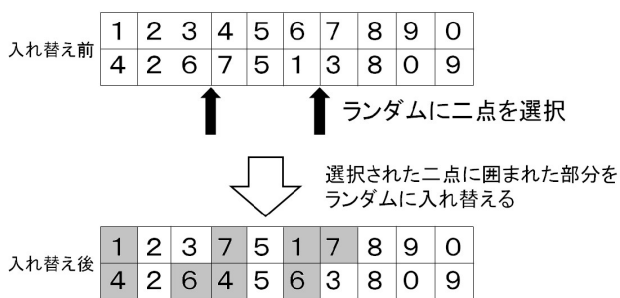


図3 二点交叉方式

しかし、図3のようにランダムに入れ替えてしまうと同じ都市を2回巡回する遺伝子が発生する可能性がある。このような遺伝子はすべての都市を1回訪れるという条件を満たしていないため、致死遺伝子と呼ばれる。

都市の数が少ない場合は致死遺伝子が発生する可能性が低くなるが、都市の数が10を超えると致死遺伝子が出来上がる確率が

99%を超えてしまうため、遺伝子コーディングを工夫し二点交叉するとき致死遺伝子を発生させないようにする必要がある。

### (5) 遺伝子コーディング方法

仮に都市の数を6つとした場合の例を示す。

まず初めに基準となる順序を決める。都市の数が6つのため基準順序  $R = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 、コーディング対象となる都市の順序  $P = \{4, 2, 3, 6, 1, 5\}$ 、コーディング後の順序を  $C = \{ \}$  とする。

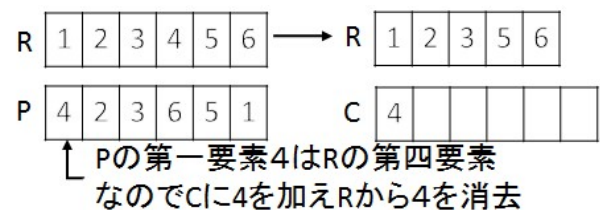
また、以降はRの第一要素は  $R[1]=1$  のように表現し、同じように  $P[1]=4$ ,  $P[2]=2 \dots$  とする。

#### 【手順】

1.  $P[1]=4$  が R の第何要素かを求める。
2. R の第四要素が4のため、4を  $C[1]$  に加え、R[4]を取り除く。
3.  $C = \{4\}$  となり、 $R = \{1, 2, 3, 5, 6\}$  となる。

1～3の手順を図4のように都市の数だけ繰り返す。

#### 1 回目



⋮

#### 6 回目

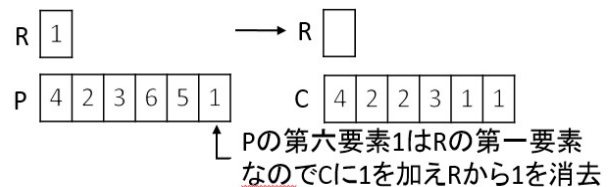


図4 遺伝子コーディング

最終的に  $P = \{4, 2, 3, 6, 1, 5\}$  の遺伝情報から、 $C = \{4, 2, 2, 3, 1, 1\}$  が得られる。同様に  $P = \{6, 1, 3, 5, 2, 4\}$  の遺伝情報から、 $C = \{6, 1, 2, 3, 1, 1\}$  が得られる。

すべての遺伝子に対してこの処理を施してから二点交叉を行うことによりすべての都市を1度巡回するという条件を満たさない致死遺伝子は発生することがなくなる。

新たに生成された二つのデータを使用し図5のように交叉をする。交叉をした後、図4と逆の手順により復元すると図6のような新たな遺伝情報が出来上がり、この個体はすべての都市を1度巡回するという条件を満たしているため致死遺伝子ではないことが分かる。



図5 二点交叉



図6 遺伝情報の復元

#### (6) コピー・突然変異

コピーとはその名の通り、優秀な遺伝情報を改変することなくそのまま保存しておくことである。今回作成した人工知能では10%の確率で遺伝情報のコピーが行われる。

突然変異とは、遺伝情報がランダムに書き換わることである。もしも突然変異が起こらない場合偏った局所解に陥ってしまう場合が考えられる。今回作成した人工知能では5%の確率で遺伝情報に突然変異が起こる。

#### (7) プログラムに関して

今回のプログラムは、かなり大規模になり多くのパラメータを設定する必要があると予想していたためいくつかのコーディング規約

を定めた。

1. 読みやすく理解しやすいプログラムを書くこと。
2. 複数単語が連なる変数名の場合単語の先頭を大文字にすること。(キャメル記法)
3. 全てのパラメータを#define文で定義すること。
4. グローバル変数を最小限に抑えること。

以上の4つを守ることによりバグが発生した場合の原因特定を早めることや、プログラムの追加や修正が容易に行なえたので、かなり効率的に作業をすることができた。

### 3 結果

今回作成した人工知能に岡山県の市町村を巡回する最短距離を求めさせた。初めはランダムに巡回させるため、図7のように最短経路とは程遠い道を通る。図2の手順を第20世代分繰り返したところある程度最適化された。(図8)この後第80世代まではあまり大きな変化が見られなかったが、第100世代でほぼ最短距離になり、第110世代で最短経路にたどり着いた。

岡山の市町村は30あるため総当たりで計算すると1年かけても解けないような問題を2秒で解くことができた。

このように、巡回セールスマン問題のようなすべての組み合わせを全探索することが不可能な問題では遺伝的アルゴリズムを用いることで非常に効率的に近似値解を導き出せることが分かる。

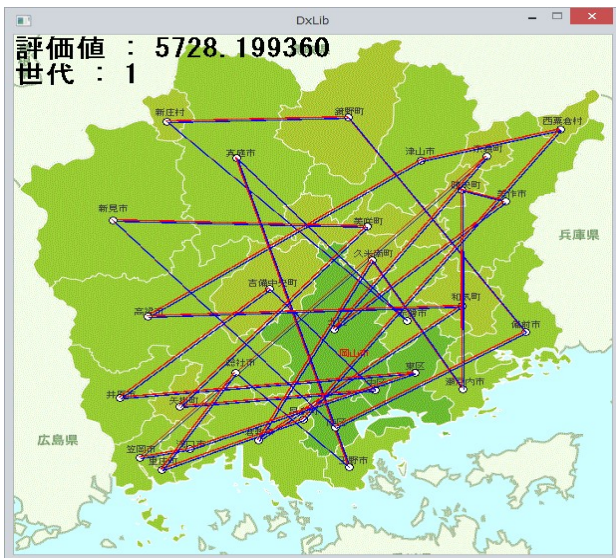


図7 第1世代

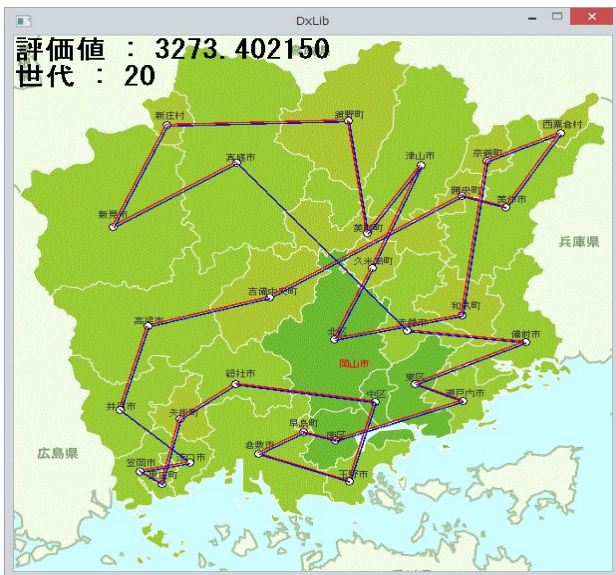


図8 第20世代

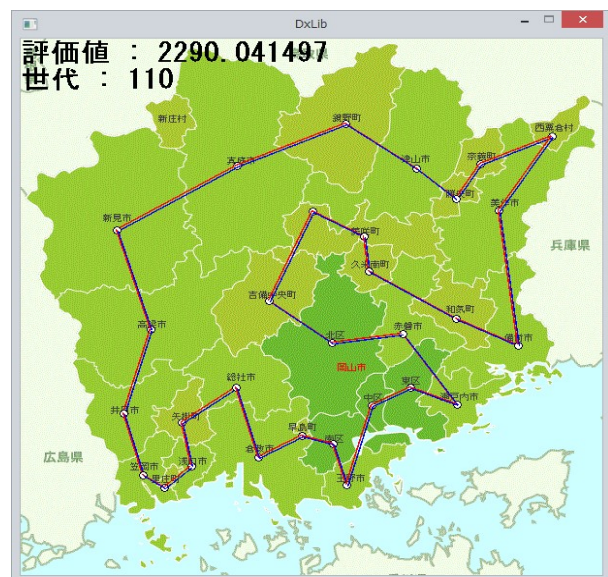


図9 第110世代

今まで知らなかったアルゴリズムと新たに学んだ C++を使用した今回のプログラムを組むのはかなり時間がかかったが、その分学ぶことも多く、試行錯誤を重ねながらプログラムを書くのはかなり楽しかった。コンピュータの計算速度が上がった現代でもアルゴリズムを少し変えるだけで受けられる恩恵の大きさを実感した。

浜田

僕はこの課題研究を通じて、遺伝的アルゴリズムと巡回セールスマン問題についての知識を深めることができた。特に遺伝的アルゴリズムについては、交叉方法など学習すべき内容が多かったので苦勞した。

今回はソフトウェアだったので、今度は自分で何か作ってみたいと思った。

松岡

私は、課題研究に取り組むまで遺伝的アルゴリズムや巡回セールスマン問題など聞いたことがなく知らなかった。課題研究に取り組んでいくためにもまずは遺伝的アルゴリズムと巡回セールスマン問題について理解する必要があった。知らないことを一から学び理解していくのは難しく大変苦勞したが普段習わないようなことを知識として身に着けることができよかった。

課題研究を通して物を作り上げることの楽しさや魅力を感じることでできた研究だった。

山田

#### 4 参考文献

- ・ 遺伝的アルゴリズムと遺伝的プログラミング - オブジェクト指向フレームワークによる構成と応用

平野 廣美 (著)

- ・ 憂鬱なプログラマのためのオブジェクト指向開発講座

Tucker (著)