

遺伝的アルゴリズムを用いた計算迷路の解法

高橋 優†¹ 蛭田 雄一†² 但馬 康宏†³ 小谷 善行†³

遺伝的アルゴリズムを用いてペーパーチャレランの問題である計算迷路における優良解を求めるようなシステムの作成を目的とする。そこで本稿では、計算迷路における個体、交叉、突然変異について遺伝的アルゴリズムに適用し実験を行なった。実験の結果、上級者だと考えられる人間のベストスコアにはまだ差があるが、ベストスコアの84%、平均では74%まで近づけることができた。

Solving Calculating Maze Puzzle using Genetic Algorithm

Masaru TAKAHASHI †¹ Yuichi HIRUTA †² Yasuhiro TAJIMA †³ Yoshiyuki KOTANI †³

The aim is to make the system which obtains a good solution for Calculating Maze Puzzle of Paper Challeran by using genetic algorithm. In this paper, we applied individual, crossover and mutation to genetic algorithm and experimented. It's that score was 84% of the human that score and the average was 74% of the human.

1. はじめに

本稿では遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm 以下 GA)を用いた計算迷路の解法を提案した。計算迷路とは、迷路の途中で得点と演算記号が与えられ、スタートからゴールまでで最終的に得点を大きくすることを目的とするゲームである。人間がこの問題を解く場合、掛け算を後にすれば高得点になるだろうということが簡単に予想できる。しかし、コンピュータに問題を解かせる場合には、人間のように直感的予想ができないので、なんらかの手法でその過程を実装しなければならない。そこで本稿では、GA を利用し、できるだけ人間の解に近づけるような最適解を求めるプログラムの作成を目的とした。

2. 計算迷路

2. 1 概要

本稿で取り組む問題は WEB 上で行なわれている全世界規模のコンテストであり、ペーパーチャレランの公式ウェブページ[1]であるインターネットペーパーチャレランで出題されている計算迷路である。また、ペーパーチャレランとは遊びながら学べる学習教材であり、1990年に「教室ツーウェイ」(明治図書)に発表以来全国でのべ140万人の児童生徒が取り組んでいる[1]。

インターネットペーパーチャレランで出題されている計算迷路は、問題の得点を WEB 上に登録して競い合うことができ、各問題で登録された中で一番高い得点が発表されている(以下人間のベストスコア)。計算迷路の問題の例を図1として示す。この問題の図は[1]を参照した。

2. 2 ルール

計算迷路のルールは以下のようになる。このルールは[1]を参照した。

- (1) A から P までの好きな出入口を一つ選び、そこをスタート地点とする
- (2) スタート地点から、最初の持ち点1点を持って、迷路の中に入る
- (3) 途中のブロックの間にある「+」「×」「-」の数を計算しながら進んでいく
- (4) 交差点で交差したり、すれ違ったりすることはできるが、同じ道を2度通ったり、もどったりすることはできない

†¹ 東京農工大学 工学部 情報コミュニケーション工学科

Dept. of Computer Science, Graduate School of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology

†² 東京農工大学工学院 工学府 情報工学専攻

Dept. of Computer Science, Graduate School of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology

†³ 東京農工大学 共生科学技術研究院 システム情報科学部門

Dept. of Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

- (5) スタート地点とは別の出入口をゴールとする
 - (6) ゴールについての計算結果が、得点となる
- 以上のルールに従い、最終的な得点を高くすることを旨とする。

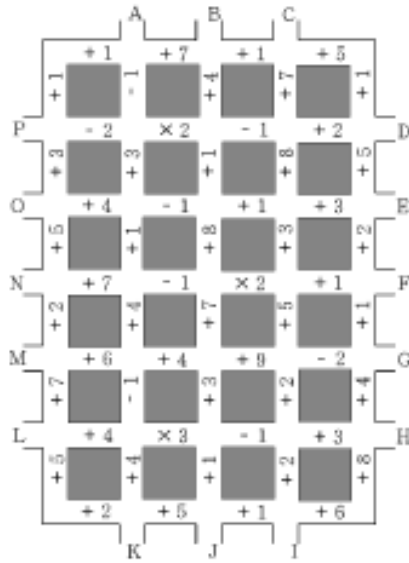


図 1 計算パズルの例

3. 解法

3.1 山登り法

本稿で実装したシステムの比較のため、ヒューリスティック探索としてよく用いられている山登り法を用いた。山登り法はその時点で比較的良好な解を選んでいくアルゴリズムである。

計算迷路では、まずスタートをランダムに選び、交差点からみた上下左右それぞれの演算・得点を確認し、計算の結果が一番高い点数になる道を通るようにしている。ただし、ルールにあるとおり、一度通った道は通ってはいけない。

3.2 GA

GA は、生物の進化における遺伝のメカニズムに似た操作を繰り返すことで最適な解を求めるアルゴリズムであり、遺伝と淘汰を繰り返すことで最適解を導くものである。GA の流れをフローチャートとし、図 2 として示す。

適応度とは、個体がある環境にどれだけ適応しているかを示すものである。この適応度が高い個体が優秀な個体と考えられる。

GA における交叉は、交叉する点を選び、それぞれの親の遺伝子を受け継ぐというものである。以下に交叉の例を示す。

親 A 1011|1010 → 子 A 1011|1100
 親 B 0001|1100 → 子 B 0001|1010

この例では、交叉する点を 1 点選び、子 A では、交叉する点より前では親 A、交叉する点からは親 B の遺伝子を受け継いでいるというものである。子 B では逆に、交叉する点より前は親 B、交叉する点からは親 A の遺伝子を受け継いでいる。

突然変異とは、個体の遺伝子の一部を変化させる操作である。遺伝子が 1 と 0 で表している場合は、突然変異する点を選び、0 と 1 を入れ替えることで突然変異としている。

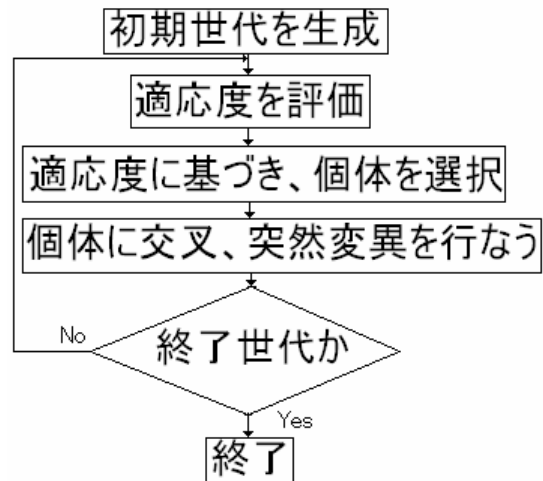


図 2 GA の流れ

3.3 GA における計算迷路への適用

3.3.1 個体の情報

個体の情報は、スタートの番号から始まり、通った交差点の番号を順番に保存していく。そして、最後にゴールの番号が保存される。他にも方向を保存しており、0 が右、1 が下、2 が左、3 が上として保存している。

3.3.2 適応度

適応度は、通った経路の結果の得点とした。計算迷路では、結果の得点が高いほうが良い結果であるので、適応度が高い個体が優秀な個体となる。

3.3.3 交叉

交叉に関しては、方向性(経路の進む向き)を考慮したものと方向性を考慮しないものの 2 種類を実装した。方向性を考慮した交叉の例を図 3、方向性を考慮しない交叉を図 4 として示す。それぞれ、左側が交叉前で右側が交叉後である。

交叉は、交叉する点を選び、つなぎ合わせることで実装した。図 3 において、交叉後の点線を見ると、丸の前までは交叉前の点線で、丸の後からは交叉前の実線である事がわかる。このように、

選んだ二つの個体両方が通っている交差点を一つ選び、つなぎ合わせることで交叉とした。

図3で示した交叉は方向性を考えた交叉である。左と右の方向を見ると2本の経路それぞれが交叉前の方向と同じ方向に進んでいることがわかる。

図4で示した交叉は方向性を考えていない交叉である。交叉は図3の場合と同じように丸で点線と実線の2つの経路をつなげているが、経路の方向性を見ると、経路の進む方向が交叉前の方向とは異なる事がわかる。このように、交叉前の方向とは逆の方向に進む場合の交叉も実装した。

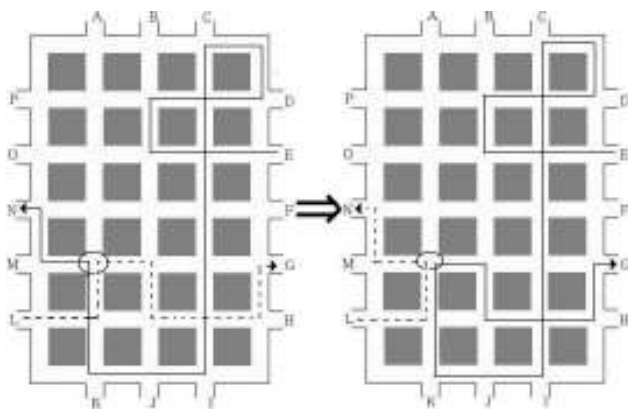


図3 方向性を考慮した交叉

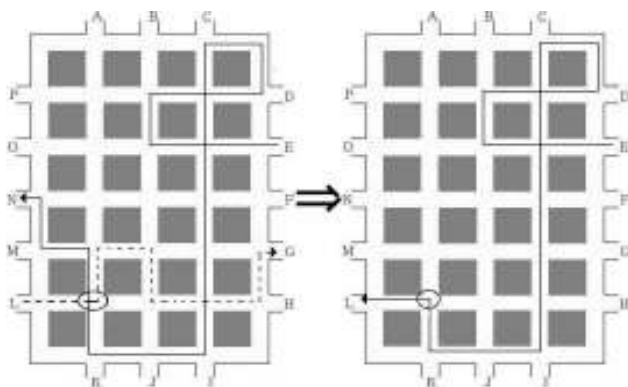


図4 方向性を考慮しない交叉

3. 3. 4 突然変異

最後に突然変異では、経路中に突然変異する点の一つを選び、その交差点から次の交差点への経路を変化させた。変化のさせ方は、遠回りさせる場合と、同じ道のりで別の道を通る場合の2種類の突然変異を実装した。この2種類の突然変異を図5として示す。図5では2種類行なっているが、実際には突然変異する点の一つを選びどちらか片方の突然変異だけが起こることになる。

突然変異の例は図5の通りである。2種類の突然変異は、突然変異させる点と次の点の方向で分類している。もし突然変異させる点と次の点の方向が同じ場合は、図5の上の丸の場合のように遠回りする経路に変化できるかを調べ、もし突然変異させる点と次の点の方向が異なる場合は、下の丸のように別の道を通る経路に変化できるかを調べ、可能なら変化させるようにした。

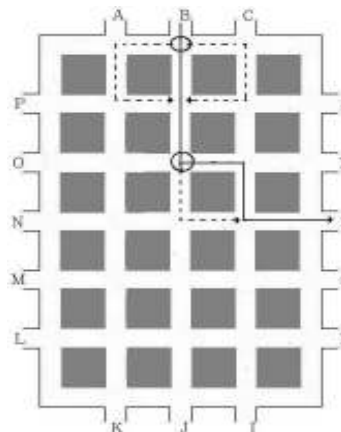


図5 突然変異の例

4. 実験

本稿の実験では、GAでは個体数1000、1500世代まで100世代ごとの変化を調べ、平均と最大値の変化を調べた。交叉、突然変異の確率はそれぞれ10%とした。結果としては、それぞれの世代を比べ一番良い値のものを結果とした。また、山登り法については、1000回実行し一番良い結果を山登り法の結果とした。その結果と実験で得た得点と人間のベストスコアとの割合を表したものを表1として示す。また、問題は種類の異なる計算迷路であり、今回の実験では15種類用いた。

表1で示したとおり、山登り法に関しては一番割合の高い場合で61.3%であり、一番割合の低い場合が7.8%である。山登り法は全体的に50%以下であり、一番良い場合と一番悪い場合の結果には差があるという結果になった。

GAでは良いもので約82.3%、悪いもので約66.7%、と少し差は感じられるがほとんど70%を越えており、山登り法と比べると良い結果が得られていることがわかる。だが、人間のベストスコアと比べると、及んでいないことがわかる。

図6ではGAの適応度の変化の例を示している。この実験で使用した計算迷路は表1におけるP5であり、図1で示した問題でもある。この場合は、

一部下がったところはあるが、全体的に適応度が少しずつ高くなっており、また結果としても他の結果と比べてもいい値が得られることができた。

図6で適応度の変化の例を示したが、ほとんど同じような変化をしており、初めの世代700あたりまで大きく変化し、後は安定しほとんど同じ値が続くか、少しずつ上がるという結果になった。

表1 結果の比較

問題	山登り法	GA	Best	山/Best	GA/Best
P1	495	1446	1775	0.279	0.815
P2	1082	1432	1764	0.613	0.812
P3	361	1446	1798	0.200	0.804
P4	428	1283	1710	0.250	0.750
P5	138	1518	1802	0.077	0.842
P6	687	1230	1690	0.406	0.728
P7	1294	2475	3324	0.389	0.745
P8	1187	2474	3386	0.351	0.731
P9	517	2251	3374	0.153	0.667
P10	1368	2720	3302	0.414	0.824
P11	1014	2219	3309	0.306	0.671
P12	588	2528	3376	0.174	0.749
P13	810	2592	3498	0.232	0.741
P14	859	2488	3322	0.259	0.749
P15	1385	2509	3422	0.405	0.733

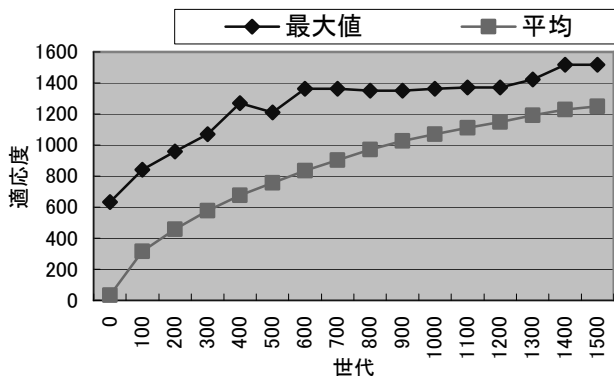


図6 適応度の変化

5. 考察

実験の結果、図6で示した例の通り、適応度の変化は全体的には増加し、人間のベストスコアに近づく事ができた。人間のベストスコアに対して90%を超える結果を得ることはできなかったが、数人に20分間でP2, P5の2題を解いてもらった所、それぞれ平均は1212, 1524となり、人間の平均プレイヤーのスコアに近づくことはできたと考えている。今後より良い優良解を求めするには、今回実装した交叉・突然変異ではまだ不十分であり、すべてのルートが生成可能にすることで可能になるだろう。

また、図6に現れていたが、最大値が減ってしまう場合が見られた。これは、まだ選択の定義について工夫が足りないためだと考えられる。本稿では交叉後に親と子を比べ良い個体を残すという操作は行なっているが、全体で比較して良い個体を増やし、悪い個体を淘汰するといった操作は行なわなかった。そのため、もし良い結果が得られた値でも突然変異を行い、結果的に値が減ってしまったのだろう。今後、選択に関して改良していけばより良い優良解を求める事ができるだろう。

6. 今後の展望

今後の展望としては、選択、交叉、突然変異の改良・実装を考えていきたい。今回実装したシステムでは、考察で述べたとおり、すべてのルートを生成可能ではないため、まずすべてのルート生成可能にすることを第一に考え実装していきたい。これが実装されれば、初期世代に関係なくどんな個体でも最適な解を得る可能性が出てくるからである。第二全体に対する選択を定義したい。これについてはいろいろと考えられるので、複数の選択を実装し、比較していい方法を見つけたいと考えている。

本稿ではGAを用いて計算迷路の解法を考えたが、今後他の手法も実装し、性能の比較を行いたいと考えている。

7. おわりに

本稿では、GAを利用した計算迷路パズルの解法を考案した。実験の結果、ある程度の優良解を求める事ができたが、人間のベストスコアにはまだ届いていなかった。計算迷路パズルは多くの道を通れば通るほど得点が増える可能性が高いので、突然変異を用いることで得点が増えることが期待できる。後は、計算の順番を考えればよいことになり、有効な交叉の方法を実装することにより、人間のベストスコアに近づけ、超えることを目指したい。

8. 参考文献

- [1] 「ペーパーチャレラン」
 〈<http://www4.ocn.ne.jp/%7Epachalle/>〉(2006年7月23日現在)
- [2] 坂和正敏, 田中雅博(1995)『遺伝的アルゴリズム』(ソフトコンピューティングシリーズ1) 朝倉書店