

遺伝的アルゴリズムによるサトリ群の行動生成について

北海道工業大学 ○佐賀 勇哉, 川上 敬, 中川 嘉宏, 木下 正博

要旨

本研究では、エージェントアプローチによる雌雄結合とサトリ変異体による集団形成のための方法論について考察する。サトリは、雄と雌が遺伝的要因によって変化する突然変異であるが、この遺伝因子を遺伝的アルゴリズムに組み込む。

1. はじめに

政治の世界では、政党と呼ばれる集団が形成されている。近年では、その構成員が集団を離れたり、他の集団へ移動する現象が見られる。このように、何かの要因によって集団形成の枠組みが変化する現象が存在する。

一方、最近遺伝子の解明により、新たな知見が発表されており、その一つに生物の性を決定づけるフルートレス遺伝子がある。この遺伝子は、正常な場合雄は雌にだけ求愛行動を行うが、遺伝子に何らかの突然変異が起きた場合雄は雌だけでなく雄にも、もしくは雄にのみ求愛行動を行うといったものである。このような突然変異など何かの要因によってそれまでは正常だった行動が変異することがある。

本研究では、エージェントに雌雄を付与し、フルートレスを発生させることでエージェントがどのようなふるまいをするのか遺伝的アルゴリズムを用いて実験・考察を行う。

2. 行動のDNA

すべての行動は(遺伝と環境)両方の所産である。遺伝の寄与をはっきり捕まえるには、環境を一定にして遺伝子の側を変える必要がある。これをヒト相手では、結果を得るのに何世代も待たなければならず遺伝学での実験は不可能である。そこで行動研究にはより単純なモデル動物が必要となったが、単純な生物になればなるほど、ヒトと対比できるような行動パターンを示さなくなる傾向が増します。ところが、複雑な生物を使えば、解析が難しいという問題があった。そんな中、ショウジョウバエは、(単純なものと複雑なものとの)ちょうど中間に位置している。大腸菌の行動反応を1個のニューロンとした場合、ヒトのニューロンは 10^{12} 個、ショウジョウバエは 10^5 個なので、対数軸でもまた中間点に位置することになる。同じように世代時間についてみると、ショウジョウバエは大腸菌の約1000倍、ヒトの1000分の1となる。つまり、このモデル動物を使って得られる(遺伝や発生における遺伝子の役割について)知見は、ほとんどそのままヒトの遺伝に外挿できるものである。

3. フルートレス遺伝子

フルートレスとは、雄にしか存在しない遺伝子であり、生物の性別を決定するものである。元々、雄の性行動を劇的に変化させる「フルーティー」と呼ばれていたものが改称されたものである。このフルーティーは、雌だけでなく雄にも求愛行動を示すが、雌との交尾を行わない不妊であった。

キイロショウジョウバエの性行動を作り上げる遺伝子を解明するため、性行動に変化を引き起こす突然変異体を実験的に誘発する実験が行われた。その結果大変元気で見たところ他と変わらない系統ながら、雄は雌に関心を示さず、

まるで求愛の様子を見せないという変わった突然変異系統が発見された。この系統の雄は性欲を失ったものと思い「サトリ」(悟り)と名付けられた。その後の研究から、サトリ変異体は雄にだけ求愛を行う同性愛者であることが分かった。また、サトリとフルートレスは同じ遺伝子の違う場所に突然変異が起きているものであることから現在では先取権があると考え、フルートレスと呼ぶことになった。

4. 同性愛 - 異性愛を決める遺伝子

フルートレス遺伝子は雄と雌で違った働きをする。雄の場合、特定のたんぱく質を生成するのに対して、雌の場合は何も生み出さない。このことから、フルートレス遺伝子を複製し、本来は持たないフルートレスのたんぱく質を雌に人工的に生成させてみたところ、神経系は雄の特徴を示すようになった。つまり、フルートレスたんぱく質を持つ細胞は雄の特徴を発達させ、それを持たない細胞は雌の特徴を発達させると考えられるのである。その後、2005年に発表された研究では、ハエの遺伝子を改造し雌であってもフルートレスたんぱく質を生成することに成功した。

雌でありながら、フルートレスたんぱく質を雄と同じ場所に持つことで、雄とまったく同じように他の雌を追いかけ、求愛行動をとったのである。この実験によって、フルートレスたんぱく質が脳にできさえすれば、行動を雌から雄に転換できることが示された。

5. 問題設定

ここでは群エージェントシステムの一つの例として、多数の自律移動エージェントを右下の初期配置から左上ゴール座標まで向かう穴抜け問題を対象問題とする。

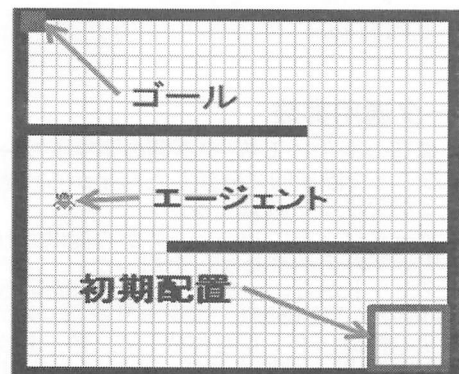


図1. 問題設定

図中の画像が自律移動エージェントで単位時間に上下左右の4方向に1マス移動する。空間は30*30のグリッドとなっているが、空間上の黒線が壁となっており、接触している場合はその方向へは進めなくなっている。また、エージェントは初期配置の15×9のマス内にランダムで20個体配置されるが、その際にエージェント同士で重なることは

できない。

また、各エージェントには雄雌を付与し、行動開始後雌雄のエージェントが接触した場合結合する。結合後は、二つのエージェントは同じ行動を取る。そして、この時結合したエージェント同士で交叉を行うことで新たな子孫を生成する。エージェントは現在位置および壁や他のエージェントとの衝突は知覚可能であるが、ゴール位置などの情報は持っていない。

6. 遺伝的アルゴリズムの適用

遺伝的アルゴリズムとは 1975 年にジョン・ホランドによって提案された近似解を探索するアルゴリズムである。データを遺伝子で表現し、選択、交叉、突然変異などの操作を繰り返しながら解を探索していくというものである。これはダーウィンの進化論を元に構築されており、選択は自然淘汰、交叉は子孫を残すこと、変異は突然変異をそれぞれモデル化したものである。本研究ではそれらのアルゴリズムの中でも単純なエリート選択、一点交叉、突然変異を適用して最適解を探索するものとする。

6.1 エリート選択

エリート選択とは適応度が最も高い個体を一定数残すものであり、これにより解が悪い方向に向かわないことを保証することができる。本研究では特に適応度として、目的地までの距離と到着に要したステップ数の少ない順にソートし、上位 5 個体を保存することとする。

6.2 一点交叉

一点交叉とはある一点を境に遺伝子の入れ替えを行う手法であり、交叉の中でもっとも単純なものである。交叉する点は、各個体のステップ数の平均値の半分の値をとるようにし、常に変動させるものとする。これは進化の過程でステップ数が短くなっていくために定数よりも変数のほうが対応しやすいと考えたためである。

6.3 突然変異

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。ここではより早く学習を進めるために、最も優秀な個体を変異させることにする。また、障害物にぶつかりそこから抜けられなくなったときには交叉を利用して脱出しやすくするために 1 個体だけ完全に新しい個体を一つ用意することとした。

6.4 結合

本研究では、各エージェントに雌雄を付与し雌雄同士が接触した際に結合するようにしている。この結合は、自然界での雄雌の性行動を表し、結合したエージェント同士を交叉させることで、ランダムではなく指定した親の行動を継承する子供を生成することとした。また、突然変異としてフルートレス変異体を用意し、同性同士の結合の場合は行動を継承せず新しい個体を用意することとする。



図 2. 結合・交叉

7. サトリ群による行動生成

ここでの設定は 1000 ステップを 10 回繰り返すことで 1 世代を終了するものとし、1000 世代の間繰り返し学習を行うものとする。流れは以下に示す。

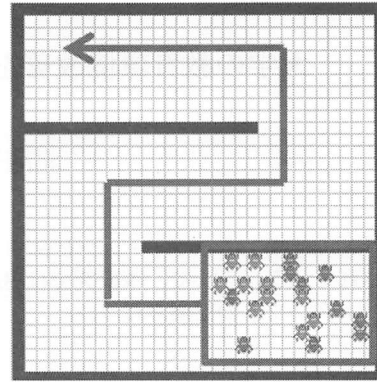


図 3. 初期配置

- ① 個体を雄 10 個体、雌 10 個体用意し、行動を開始する。また、接触の際は結合する。
- ② 進化はエリート選択、突然変異、一点交叉にて行う。
- ③ 適応度はゴール時はステップ数、しなかった場合はゴール地点までの距離によって評価。
- ④ 突然変異は 2 個体に対して行い、1 個体はまったくの新しい個体とし、もう 1 個体を 1% の確率で遺伝子座を変異させる。また、個体の初期生成時にフルートレス変異体をランダムに生成する。
- ⑤ 1000 世代終了まで 2~4 を繰り返す。

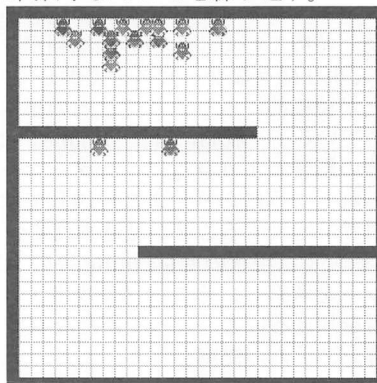


図 4. 行動生成

8. 実験と考察

今回の実験では、エージェント同士の結合を行うことで各エージェントのゴール到達までのステップ数がより早く最適化される。また、結合エージェント同士の交叉により優秀な遺伝子なほど次世代へと残すことが可能である。しかし、これは 1 点交叉であるからこそ可能であると言える。今後の課題として 2 点、3 点交叉への設定変更。また、フィールドのグリッド数とエージェントを増やすことでより複雑な環境設定での学習方法の検証が必要である。

9. おわりに

今回の実験では穴抜け問題に対して遺伝的アルゴリズム手法を用いて個体の結合・交叉などの問題を設定しアプローチを行った。そして、空間に対して適切な個体数が存在するという結果を導き出した。

参考文献

- [1] 森 直樹 : Java で学ぶ遺伝的アルゴリズム
- [2] 北野宏明 : 遺伝的アルゴリズム①
- [3] 山元大輔 : 行動はどこまで遺伝するか