

要旨

行動の最適化を考えた場合、生物の遺伝子の仕組みをモデル化した遺伝的アルゴリズムを適用することが考えられる。探索空間内に天敵を組み込んだ時に、環境の適応とともに捕食されないように探索する適応度を考える必要がある。本研究では、ある探索空間において捕食者を避けつつ、経路を最適化する適応度の表現方法について提案する。

1. はじめに

自然界の生物の進化において、他の種から完全に孤立した進化の例は少ない。相利共生状態の寄生種と宿主、捕食種と被食種の関係など、ある種の進化は他の様々な種との関係で発生し、他の種もさらに様々な種に影響を受ける。これをふまえて、生物の挙動を模倣した進化的計算での探索において、環境以外の要素を採り入れたとき、探索効率などに影響してくるものと考えられる。本研究では、遺伝的アルゴリズムを用いて探索する空間に、探索する個体にとっての天敵（捕食者）を配置し、その天敵による探索への影響および被食を回避するための適応度の表現方法について研究する。

2. 遺伝的アルゴリズムを用いた経路計画問題

特定の空間において、最適解の探索を考える。総当たりで解を求めようとすると、探索時間が空間の規模に比例する。確実に解を探索できるが、空間の規模によっては現実的な時間以内に解を求めることが非常に困難であり、実際の問題に対して実用的ではない。

これに、ヒューリスティックの概念を用いることで探索時間を短縮することを考える。最適解を発見できる保証はないが、比較的短時間に、最適解に至らずとも近似解までを期待することができる。求める解が最適解に近いもの、あるいは問題に対して十分実用に耐えるものであるなら、効率の面でヒューリスティックによる探索が有用であることが多い。

様々な問題に適用できる汎用のヒューリスティック（メタヒューリスティック）である遺伝的アルゴリズムでは、遺伝子の表現や、環境に対する適応を設定する。探索に必要な設定は、探索する個体の挙動・環境への適応度などである。遺伝的アルゴリズムではそれだけで探索を開始することができるので、問題に対する知識を有していなくとも適応させることができるメリットがある。経路計画問題においては経路の情報がなくとも、目的地に近づくための適応度さえ適切であれば、探索が可能である。

3. 遺伝子・適応度の表現について

遺伝的アルゴリズムを用いる際、遺伝子の表現と遺伝的操作、適応度の設定が重要になる。この要素は個体が環境に適応し進化するために用いられるため、これの設定が個体の探索に影響することがある。しかし、交叉や突然変異などの遺伝的操作に関する研究はなされているものの、遺伝子表現及び適応度の設定については一定の方法論がほぼ存在していない。探索に必要な設定に自由度があるが、探索がこの設定に依存するため、問題によっては工夫が必要となる。しかし、先述のとおりこの設定に対するノウハウが少なく、アルゴリズムの構築者に委ねられるところが強い。

本研究では、この自由度のある遺伝子・適応度表現について、捕食者という概念を用いて個体の探索、進化への影響を調査し、それに伴う適応度表現の見直しを行い、最適

化を行うための表現方法を提案する。また、他の種の介入による進化への影響を採り上げるが、共進化の観点では触れず、捕食者の進化は考えないものとする。

4. 探索の概要

探索には前述のとおり遺伝的アルゴリズムを用いる。探索は以下の空間内で行う。

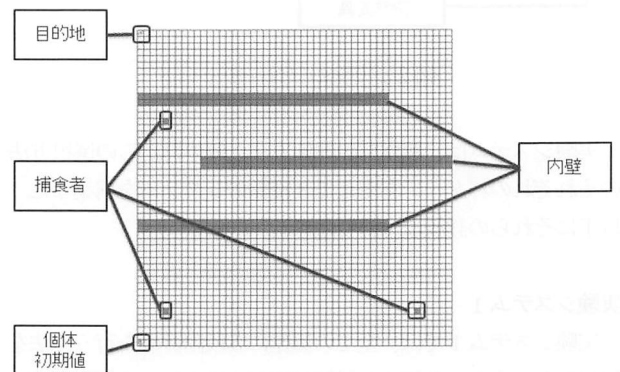


Fig.1 探索空間の概要図

50×50 グリッドの2次元空間上で1エピソード1000ステップ以内に内壁を避け目的地へ向かう問題を与える。個体は1ステップごとに上下左右のいずれかに移動する。これを10000エピソード繰り返し、目的地に到達する個体が現れるか実験する。

この環境に対する適応度を単純に個体から目的地までの距離とすると、三つの内壁が大きな障害となる。ここに捕食者を配置し、個体の生存時間を適応度として追加する。この被食者を回避する行動が探索にどう影響するかを見る。この適応度は以下の式で表すことができる。

$$\text{fitness1} = \frac{1}{\sqrt{(g_x - l_x)^2 + (g_y - l_y)^2}} \quad (1)$$

$$\text{fitness2} = \frac{1}{\text{step} - l} \quad (2)$$

g : 目的地の座標 l : 個体の座標

l : 個体が捕食者に接触した時点でのステップ数

(1) 式は1000ステップ経過した時点での個体の現在座標と目的地までの距離の逆数をとったものである。(2) 式は最大ステップ数から捕食者に接触した時点でのステップ数を引いたものの逆数である。fitness1は、個体が最大ステップまで探索できたことが前提の評価であるため、fitness2が適用された個体はすべてfitness1が適用された個体に劣る。

この環境の中で探索した際に、個体の探索が滞ると予想できる場所がある。単純に距離を適応度とするため、左から突起している内壁が探索を滞らせると予想できる。特に上の内壁は、この単純な適応度のみでは回避が困難であると思われる。そこで、上の内壁付近に捕食者を何体か配置する。これにより、被食を避ける行動が、局所解の回避につながることを期待し実験する。その他にも複数の捕食者を用意し、探索空間内に配置する。

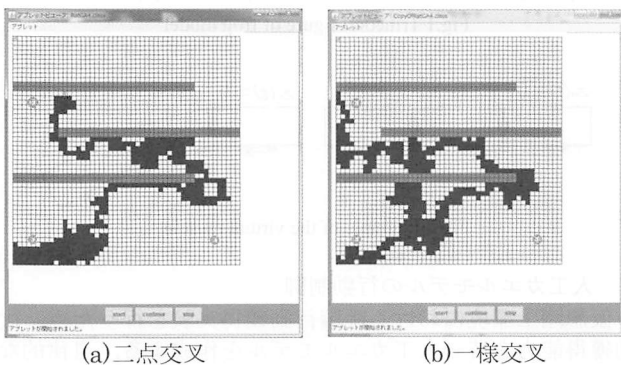
遺伝子は、移動方向の情報を染色体とし、移動可能な最大ステップ数を遺伝子長とする。遺伝的操作は、選択方式はエリート戦略を用いる。交叉は、遺伝子長が長めであるため、一点交叉では効率が悪いと考えられる。二点交叉と一様交叉でそれぞれ行い、それぞれの探索効率を比較しながら、問題に適したものに適宜更新することとする。

5. 実験・考察

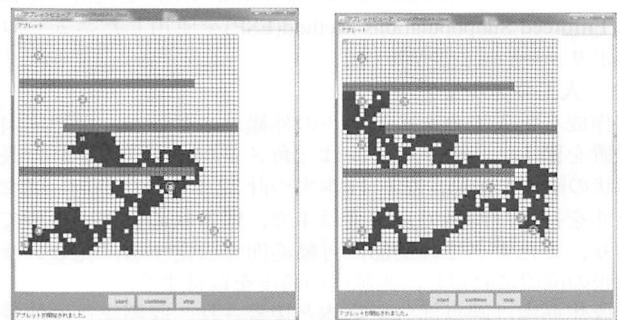
以上をふまえ、実験を行う。概要を簡単にまとめると

- ① 1000 回行動するまでに目的地へ到達する
 - ② 個体は 4 方向に移動可能
 - ③ 捕食者と接触するとその個体は死亡
 - ④ 個体は目的地との距離や生存時間で評価の内容で探索を 10000 エピソード行う
- 前述のとおり捕食者の移動は考えないこととする

設置する捕食者の数 3 体と 10 体の環境の二つに分けて探索を行った。



(a)二点交叉 (b)一様交叉
Fig.2 捕食者を配置した環境での探索

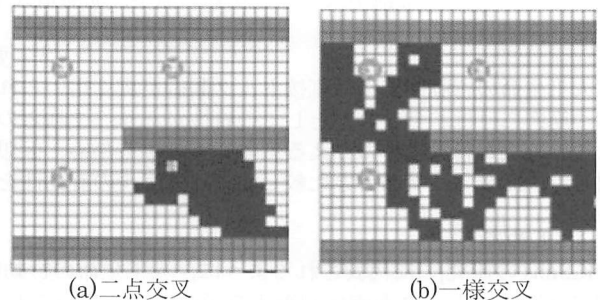


(a)二点交叉 (b)一様交叉
Fig.3 捕食者を増やした環境での探索

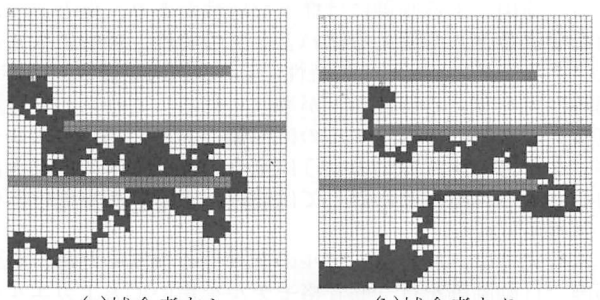
以上の条件で探索した結果が Fig.2、Fig.3 である。丸で示しているものは捕食者である。Fig.4 は Fig.3 の一部を抜粋し拡大したものである。

Fig.2、Fig.3 の結果から、捕食者の配置によって個体の挙動に影響を与えていると思われる。しかし、第一目的の被食を免れるという目的は達成できているが、第二目的の目的地への到達までには至っていない。適応度は、生存時

間、目的地までの距離と非常に単純な関数を用いて算出している。この関数を用いて複雑な空間を探索した場合、捕食者を配置しただけでは探索に大きな変化が見られるような影響は与えられないことがわかる。



(a)二点交叉 (b)一様交叉
Fig.4 捕食者付近の個体の軌跡



(a)捕食者なし (b)捕食者あり
Fig.5 通常の探索と捕食者を交えた探索の比較

また、捕食者を配置した空間において、遺伝子操作の違いによって探索結果に差異が見られた。Fig.4 は、狭い通路に捕食者を複数配置したときの個体の挙動である。左の二点交叉による進化を適用した個体と、右の一様交叉による進化を適用した個体とはそれぞれ別の挙動を見せている。二点交叉で進化した個体は配置された捕食者への接近を避けており探索が滞っている。Fig.2 では捕食者を避けることにより、結果的に内壁を避けるにはいたらなかったが、右方向に行動が大きく逸れている。対して一様交叉で進化した個体は、捕食者の近くを頻繁に通過している。結果として、二点交叉を用いた探索では、捕食者による影響が見受けられ、一様交叉を用いた探索では、捕食者による影響は少ないと思われる。捕食者による個体の探索の精度への影響を調査するために、今後の実験では二点交叉を用いることとする。

以上の遺伝子操作と捕食者の関係は、適応度との関連とともに今後の研究の課題とする。

6. おわりに

今回の研究では、捕食者の配置がある程度個体の挙動に影響することがわかった。しかし、探索結果に大きな変化をもたらすほどの影響は見られなかった。また、遺伝子操作の差異により、捕食者による影響の与え方が変化することが分かった。捕食者の移動や、遺伝子操作の手法ごとの探索への影響など、捕食者の配置による適応度との関連や関数の表現などとともに、今後の研究の課題とする。

参考文献

- 北野宏明：「遺伝的アルゴリズム」 産業図書
平野廣美：「応用事例でわかる遺伝的アルゴリズムプログラミング」 パーソナルメディア