

GA におけるビルディング・ブロックの進化評価と 遺伝的操作の役割

3H-9

謝 孟春 小高 知宏 小倉 久和

福井大学

1 はじめに

GA がランダムな確率的探索と区別されるのは、操作論的には交叉や突然変異といった遺伝的操作と、理論的には染色体の優秀な断片の結合と成長が進化の主役であるとするビルディング・ブロック仮説である。しかし、GA の数学的基礎はまだほとんど確立していないため、ビルディング・ブロックそのものをどのように表現するか、その形成と成長が世代とともにどのように進化していくのか、よくわかっていないのが現状である。本研究では、ナップザック問題を対象に、世代を通じて伝えられる遺伝情報がどのように存在するか、また遺伝的操作が進化の過程においてどんな役割を果たしているかを検討する。

2 ビルディング・ブロックの定義と進化評価

ナップザック問題は荷物の詰め方を見つける組み合わせ最適化問題であるが、この問題における厳密解とは、価値の合計が最大になる詰め方である。遺伝子を n ビット (n は荷物の総数) で表し、1 を荷物をナップザックに入れる時、0 を入れない時に対応させる。

厳密解を表す染色体の遺伝子を遺伝子型データの比較基準として、遺伝子プール中に、各個体を表す染色体の遺伝子とこの基準となる染色体との一致する部分をビルディング・ブロックと定義し、ビルディング・ブロックの成長過程を観察する。これによって、適応度からのみ評価するよりも、より細かな部分の進化が見えると期待される。

ビルディング・ブロックの進化を評価するために、以下の二つの定義をあげる。

- ある個体において、厳密解と一致している各遺伝子要素の総数を、この個体のビルディング・ブロックの長さ (length) とする。

- ある個体において、厳密解と一致している各遺伝子要素の価値の和を、この個体のビルディング・ブロックの評価値 (value) とする。

ビルディング・ブロックの長さが数量の側面で遺伝情報の変化を表わし、ビルディング・ブロックの伸びる過程も表現できる。ビルディング・ブロックの評価値が質の側面で遺伝情報を表わす。つまり、ビルディング・ブロックの成長過程での適応度を変化させる遺伝情報の変化の様子が表現できる。

荷物数 $n=25$ 、遺伝子プールのサイズを 50 とし、一様交叉、交換式突然変異、順序選択という遺伝的操作ならびにエリート保存戦略を用いて、エリート個体の適応度とそのビルディング・ブロックの長さ及び評価値、世代経過に伴う変化の様子の例を図 1 に示す。図 1 の横軸は世代数で、縦軸はビルディング・ブロックの長さ及び評価値及びエリートの適応度の厳密解に対する相対値である。

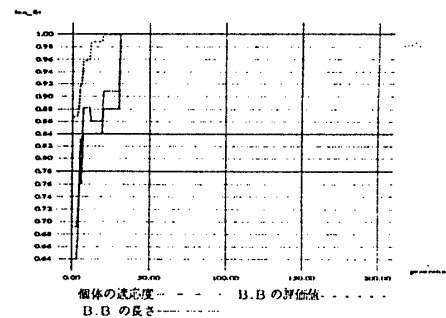


図 1: エリート個体のビルディング・ブロックの進化

図 1 より、エリート個体のビルディング・ブロックの成長は、世代を経るにつれ、長さが伸び、評価値が増える。つまり、エリート個体中の優秀な遺伝子断片が進化につれて、お互いにつながって、厳密解と同じ部分をもつ染色体になってくる。しかし、ビルディング・ブロックの成長はいつも長くなって評価値が増えるわけではない。それらの成長過程である段階は、ビルディング・ブロックの長さが変化しないにもかかわらず、評価値が減る場合がある。それは二つの価値が異なるビルディング・ブロックが交換されるためであると思われる。

3 遺伝的操作の進化過程への影響

遺伝的操作により古い個体から新しい個体が生成される。遺伝的操作の方法は進化過程および結果に大きな影響を与える。ビルディング・ブロックの評価指標によって、異なる遺伝的操作を用いた場合の遺伝子集団中でのビルディング・ブロックの進化を考察する。

シミュレーションでのビルディング・ブロック評価値の変化を、横軸に世代、縦軸に評価値として、プール内の適応度の高い上位三分の一の個体群の平均値を表わした例を図2、図3に示す。

(1) 選択法の進化過程に対する影響

各個体の適応度によって、親から子供へ遺伝情報を伝達する時、順序選択法は強い指向性があるので、初期の世代では、すべて適応度が高い個体を残すとともに、より多いビルディング・ブロックが保存され、そのビルディング・ブロックの評価値も急上昇する。進化が安定状態になると、ビルディング・ブロックの評価値の変動が低い(図2の実線)。それは上位の三分の一の個体のビルディング・ブロックの構造には大きな変化がないからであると思われる。

ルーレット選択法は確率的に選択するので、ビルディング・ブロックの評価値の変化が順序選択法より激しい(図2の破線)。

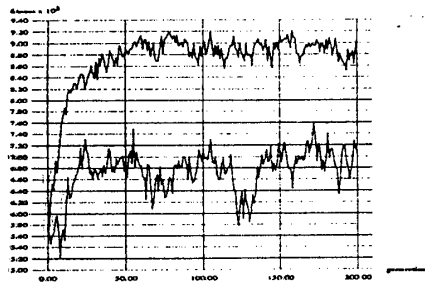


図2: 二つの選択法のビルディング・ブロック

(2) 交叉法の進化過程に対する影響

交叉では、遺伝情報の交換により新しいビルディング・ブロックの組み合わせを生成する。理論的には、一点交叉と一様交叉では、染色体を組み換えるパターン数が大きく異なる。順序選択と交換式突然変異を用いて、二つの交叉法のシミュレーションでの結果から見ると、進化過程に伴う、ビルディング・ブロックの評価値がほぼ同じである(図3)。その時、初期世代から終了世代までのビルディング・ブロックの長さの種類と数の分布を図4に示す。一様交叉(実線)でのビルディング・ブロックの長さ分布の中

央値が一点交叉(破線)より大きく、ビルディング・ブロックの種類も多い。

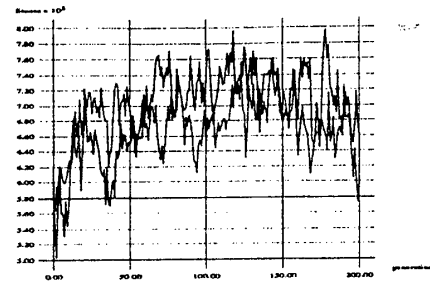


図3: 二つの交叉法のビルディング・ブロック

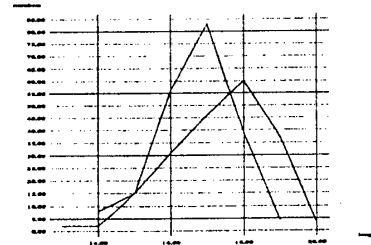


図4: 交叉法のビルディング・ブロックの長さ分布

(3) 突然変異法の進化過程に対する影響

一般に、突然変異が起るとビルディング・ブロックが変化し表現型が変わるが、ビルディング・ブロックの長さの変化が常に評価値の変化に結びつくとは限らない。また異なるビルディング・ブロックの突然変異が同じ形質の変化を示すこともある。

4 今後の課題

本研究では、ナップザック問題を例として、ビルディング・ブロックの成長を観測する方法を試みた。ビルディング・ブロックを定義し、ビルディング・ブロックの長さと評価値の二つの側面で進化過程を評価し、異なる遺伝的操作の進化過程への影響も考察した。今後の課題として、遺伝的操作が多様な染色体からよい解のビルディング・ブロックをどのように保存するかを検討する。また致死遺伝子を用いたGAモデルでのビルディング・ブロックの進化評価をどのように行うかを試みる。

参考文献

- [1] 謝 孟春、小高 知宏、小倉 久和:“ナップザック問題へのGAの適用における遺伝的操作の検討”、情報処理学会第48回全国大会講演論文集(2)、pp.243-244(1994)