

階層的突然変異による GA の MCKP への応用における収束の改善

5L-7

馬 火玄* 謝 孟春** 西野 順二* 小高 知宏* 小倉 久和*

*福井大学工学部 **福井工業高等専門学校

1 はじめに

遺伝的アルゴリズム (GA) は、生物進化から着想をえた確率的探索手法である。GA は、一般に大域的探索には優れているが、局所的な探索が弱いと言われている。とりわけ、問題の解空間が広くなるとともに一定の進化世代で得られた最適解が局所解に陥る可能性が増える。そのため、本研究では実際問題の多重選択ナップザック問題 (MCKP) を対象として、GA の階層突然変異の手法を提案する。その手法の有効性を実験的に示す。

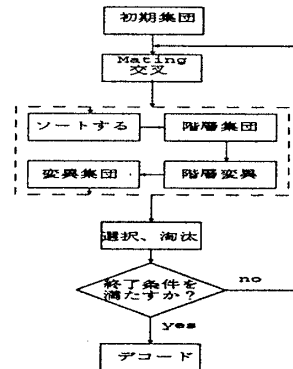


図 1: 階層的突然変異を用いた GA

2 階層的突然変異法

GA では突然変異は重要な役割がある。突然変異率が小さすぎると、個体間の差異が小さくなり、個体集団の一樣性が強くなる。GA の探索空間の広さは個体集団の多様性に依存するので、一樣性が強くなると GA の探索範囲が狭くなる。しかし、突然変異率が大きすぎると、多様性が極度に強くなり、GA のランダム性が強く発揮されるようになる。そうすると、前世代の継承特質が破壊され、探索能力が低下する。一般に最適な突然変異率を理論的に導くことは困難であり、経験的に決定する必要がある。

本研究では GA の探索能力の向上のために、遺伝子集団の階層特性を利用して階層的突然変異法を提案する。

(1) 階層的突然変異を用いた GA

階層的突然変異手法の主眼は GA の大域的探索と局所的探索の両方の能力が強くなるようにすることである。局所的探索のためには小さな変異率を、大域的探索のためには大きな変異率を用いて突然変異させる。遺伝子集団の階層化は、個体を高い適応度から整列させ、順にいくつかの部分に分けて階層遺伝子集団とする。これを階層的突然変異を用いた GA と呼び、図 1 に示す。

(2) マルチクラスナップザック問題 (MCKP)

MCKP は、次のように定式化される。品物を m 個のクラスに分け、各クラスには n 個の品物がある。各クラスから一つの品物を取りだして 1 つのナップザックに詰める。 k 番目のクラスの品物の数を $N(k)$ とし、 k 番目のクラスの j 番目の品物の重量を w_{kj} 、価値を c_{kj} とと

する。その品物の状態を表わす変数 x_{kj} は、それがナップザックに詰め込まれたとき 1、詰め込まれなかったとき 0 である。重量 W と価値 C は、

$$W = \sum_{k=1}^m \sum_{j \in N(k)} w_{kj} x_{kj} \quad (1)$$

$$C = \sum_{k=1}^m \sum_{j \in N(k)} c_{kj} x_{kj} \quad (2)$$

として、

$$\sum_{j \in N(k)} x_{kj} = 1 \quad (k = 1, \dots, m) \quad (3)$$

$$W \leq W_L \quad (4)$$

の条件下で、価値 C を最大にする x_{kj} の組合せを求める。

(3) 適応度により遺伝子集団の階層化

MCKP に対して $m=5$, $n=30$, GA パラメタは突然変異率 $P_m = 0.05$, 集団サイズは 30, 200 世代回数とし、遺伝子集団を階層化する。1 番上の階層を層 1 とし、以下順に層 2, 層 3, 層 4, 層 5 とする。図 2 の (a) に示すように、各層の遺伝子集団の中で、高い適応度をもつ個体間の類似性が比較的強く、低い適応度をもつ個体間の類似性が低いことがわかる。図 2 の (b) は各世代における各階層の個体の平均適応度である。

(4) 階層的突然変異

階層遺伝子集団の階層特性に応じて、異なる階層の個体に階層的突然変異をおこなう。

3 実験結果の比較

実験の比較は、単純 GA との比較を行なう。パラメタは集団サイズ 30, 単純 GA における突然変異率は 0.05, 階

Improvement of the convergence of GA applied to MCKP by the method of hierarchical mutation
Xuan Ma* Mengchun Xie** Junji Nishino* Tomohiro Odaka* Hisakazu Ogura*
*Faculty of Engineering, Fukui University
**Fukui Nation College of Technology

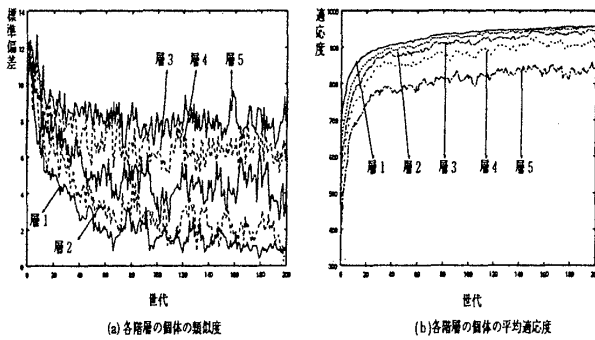


図 2: 階層遺伝子集団の階層特性

層的 GA における突然変異率は {0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 0.8} とし, 20 回ずつの試行を行なった. 一様交叉とルーレット選択戦略を用いた.

(1) エリート世代進化の改善

図 3 に示すように, 各世代のエリートの進化が大きく改善することがわかる.

K=5, 200 世代回数の場合

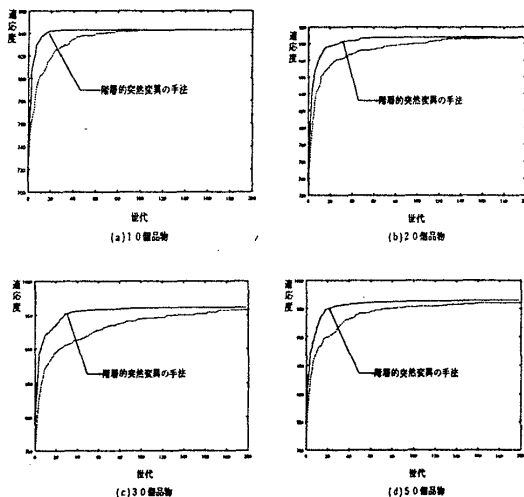


図 3: 異なるクラスのエリートの世代変化

K=10, 200 世代回数の場合

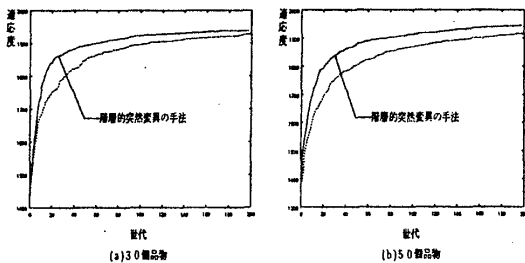


図 4: 異なるクラスのエリートの世代変化

(2) 厳密解の出現率

表 1 と表 2 に示すように, 荷物数の異なる問題に対して, 問題サイズが大きくなるにしたがって, 20 回の実行

によって, 本手法による厳密解の出現率が単純 GA より向上していることがわかる.

表 1: 単純 GA の手法での厳密解の出現率

荷物の数	厳密解	厳密解の回数	平均値
10	843	20	843
20	908	17	906.75
30	961	7	957.70
50	965	2	960.05

表 2: 階層突然変異の手法での厳密解の出現率

荷物の数	厳密解	厳密解の回数	平均値
10	843	20	843
20	908	20	908
30	961	20	961
50	965	17	964.7

(3) 最適解の出現世代

表 3 に示すように, 最適解の平均出現世代では, 階層的突然変異の手法が単純 GA の手法より優れていた.

表 3: 最適解の平均解出世代

荷物の数	10	20	30	50
単純 GA の手法	46	109	133	186
階層突然変異の手法	36	40	61	103

図 3, 図 4 と表 1 ~ 表 3 により, 階層的突然変異を用いて局所探索解の収束は大きく改善することがわかる.

4 まとめ

本研究では対象の MCKP に対して GA の収束を改善するために, 階層的突然変異の手法を提案した. 遺伝子集団を階層化することで個体の階層特性が現れる. それによって階層的突然変異を行なった. 階層的突然変異の手法は単純 GA の手法と比較して厳密解の出現率と最適解の出現世代が大きく向上した.

参考文献

[1] 馬 火玄, 謝孟春, 西野 順二, 小高 知宏, 小倉 久和 “ナップザック問題への適用における遺伝的アルゴリズムの特徴の分析” 福井大学 工学部 研究紀要 Vol.46, No.2, 1998

[2] P.Sinha and A.A.Zoltners, “The Multiple-Choice Knapsack Problem”, Operations Research, Vol.27, No.3, May-June 1979, pp.503-614.

[3] 北野宏明 “遺伝的アルゴリズム”, 産業図書, 1993