

最適設計問題における遺伝的操作パラメータに関する基礎的研究

山口大学大学院 学生会員○田中知可 山口大学大学院 学生会員 江本久雄
山口大学工学部 正会員 河村 圭・中村秀明・宮本文穂

1. はじめに

一般に種々の設計問題に対しては、従来から分枝限定法や勾配法などが適用されてきた。しかし、これらの手法では、多数の制約条件を考慮することが困難であることや、膨大な計算時間を要するなどの問題が指摘されている。そこで、一般に上述の2つの問題点を比較的克服しているとされている遺伝的アルゴリズム（以下 GA）が提案されている。例えば、耐衝撃性に優れた鉄筋コンクリート（以下 RC）版の設計支援システムの構築¹⁾が挙げられる。しかしながら、GA には設定すべき数多くのパラメータが存在し、このパラメータ設定が GA を利用する際に障害となっている。

そこで、連続値を扱う関数最適化問題と離散値を扱うナップザック問題において、GA のパラメータをパラメトリックに変更し、検証を行い、その検証結果をもとに設計問題に最適な GA パラメータの提案を行う。

2. 遺伝的操作の詳細

図1の処理フローに従い遺伝的操作を行う。GA パラメータについて以下に示す。

2.1 交叉に関するパラメータ

- ① 1点交叉：ランダムに1つの交叉点を決めて、その点を境目に染色体を交換する。
- ② 2点交叉：ランダムに2つの交叉点を決め、その間にある染色体を交換する。
- ③ 一様交叉：ランダムに生成したマスクパターンに従って交叉点を作成する。
- ④ 交叉率：交叉が生じる確率。

2.2 突然変異に関するパラメータ

- ① 突然変異：通常の突然変異とも呼ばれ、各個体の遺伝子に相当する各ビットを突然変異率に従い、0を1、あるいは1を0に変更する。
- ② 単一遺伝子座突然変異：各個体において、突然変異をする遺伝子座を1つと定め、

突然変異率に従い、0を1、あるいは1を0に変更する。

- ③ 突然変異率：突然変異が生じる確率。

2.3 選択・淘汰に関するパラメータ

- ① ルーレット選択：適応度の総計に対する各個体の適応度の割合を選択確率として個体を選択する。
- ② エリート保存戦略：個体群の中で最も適応度の高い個体は無条件でそのまま次世代に残す。
- ③ 淘汰圧：個体集団を適応度の高い順に並べ、適応度の低い個体を淘汰圧の割合で淘汰する。

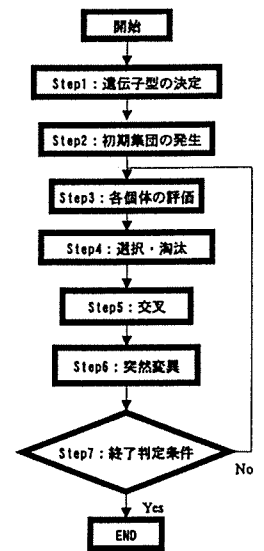


図1 GAの処理フロー

3. 遺伝的操作の種々の検証

3.1 対象とするテスト関数

<関数最適化問題>

以下に示す玉置、喜多らが用いた DeJong のテスト関数²⁾を用いる。

目的関数: $objective \quad f = 100(x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2 \rightarrow \max$

制約条件: $subject \quad to \quad -2.048 \leq x_i \leq 2.048 \quad (i = 1, 2)$

最適解は $(x_1, x_2) = (-2.048, -2.048)$ のときで、最適値は 3905.9262 となる。

表1 GAの基本パラメータ

GAパラメータ	手法もしくはパラメータ値
世代数	300
個体数	40
遺伝子長	DeJong関数:20 ナップザック問題:50
選択・淘汰方法	ルーレット選択+エリート保存戦略
交叉手法	1点交叉
交叉率	1.0
突然変異手法	突然変異
突然変異率	0.01

<ナップザック問題>

袋の許容重量内で価値を最大にする荷物を選ぶ組み合わせ問題である。

$$\begin{aligned} \text{subject to } & \sum_{i=1}^N a_i x_i \leq b & x_i \in \{0,1\} \ (i=1,\dots,N) & a_i: \text{重量} \\ & & & c_i: \text{価値} \\ \text{objective } & \sum_{i=1}^N c_i x_i \rightarrow \max & & b: \text{許容重量} \end{aligned}$$

本検証においては、荷物数を 50 とし検証を行った。最適値は 772 となる。

3.2 検証項目

GA の各遺伝的操作に着目して検証項目を分類した。終了条件として世代交代回数があらかじめ設定した回数を超えたときとしている。また、試行回数は各検証とも 10 回とする。GA の基本パラメータを表 1 に示す。

3.2.1 交叉パラメータに関する検証

個体数は DeJong 関数については 20, ナップザック問題については 60 と設定した。交叉手法については 3 つの手法で、交叉率については 0.0~1.0 まで 0.1 刻みで検証を行った。交叉手法に基づく最大適応度の平均の推移を図 2 に、交叉率に基づく最大適応度の平均の推移を図 3 に示す。2 点交叉および一様交叉で、同じ適応度でもより早い世代で求まっている。交叉率に関しては、0.5 以上であれば比較的良好な解が得られた。

3.2.3 突然変異パラメータに関する検証

個体数は 3.2.1 項と同じ設定である。突然変異手法については 2 つの手法で、突然変異率については 0.0~0.05 まで 0.01 刻みで検証を行った。突然変異手法に基づく最大適応度の平均の推移を図 4 に、突然変異率に基づく多様度の平均の推移を図 5 に示す。突然変異手法は、ナップザック問題で通常の突然変異で良好な解が得られた。突然変異率については、一概に決定はできないが上げ過ぎるとランダムサーチと近くなるので、問題によって考慮する必要がある。

3.2.4 選択・淘汰パラメータに関する検証

個体数は 3.2.1 項と同じ設定である。選択・淘汰方法に基づく最大適応度の平均の推移を図 6 に示す。エリート保存戦略と淘汰圧を組合せることで良い解が得られた。

4. まとめ

- ①交叉手法は、2 点交叉および一様交叉が比較的早い世代で良い解を得ることができる。交叉率は、0.5 以上であれば比較的良好な解が得られる。
- ②突然変異手法は、解空間が広ければ、通常の突然変異が良い解が得られやすい。突然変異率は、解の多様性を考慮して設定する必要がある。
- ③選択・淘汰方法は、エリート保存戦略および淘汰圧を組合せたほうが早く、良い解が得られる。但し、淘汰圧に関しては、上げ過ぎると初期収束が起きやすくなるため、注意する必要がある。

参考文献

1) 江本久雄, 中村秀明, 宮本文穂: GA による RC 版耐衝撃設計支援システムの開発に関する研究, 構造工学論文集 Vol. 45A pp. 453-464, 1999.
 2) 玉置久, 喜多一: 遺伝アルゴリズム-II-GA による最適化計算 1, システム/制御/情報 Vol. 39 No. 8 pp. 400-407, 1995.

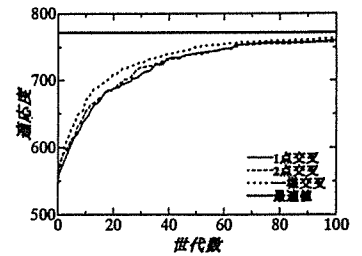


図 2 ナップザック問題での適応度の推移(交叉手法の比較)

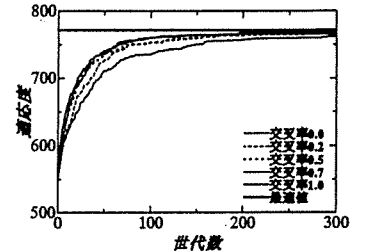


図 3 ナップザック問題での適応度の推移(交叉率の比較)

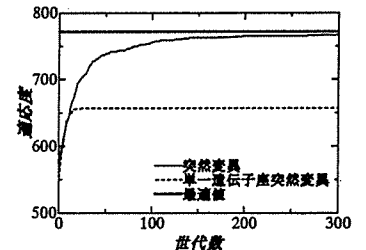


図 4 ナップザック問題での適応度の推移(突然変異手法の比較)

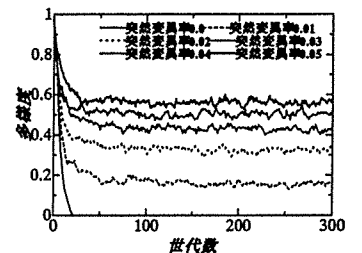


図 5 ナップザック問題での多様度の推移(突然変異率の比較)

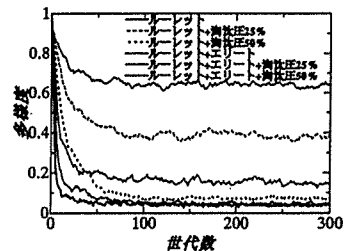


図 6 ナップザック問題での多様度の推移(選択・淘汰方法の比較)