

情報エントロピーに着目した交配個体選択 G A の改良

九州共立大学工学部 正 会 員 三 原 徹 治
第 一 復 建 (株) 正 会 員 千々岩 浩巳

1. 緒 言

遺伝的アルゴリズムによる最適構造設計手法の能力向上を目標として、著者らは過去に、交配個体選択 G A (scs G A) と名付けた手法の解法特性や適用性に関する研究^{1, 2)}を行ってきた。その結果、scs G A 特有の G A のパラメータである交配個体数 N_s は人口数 N_P の 1 ~ 2 割程度のとき良好な解が得られやすいことが確認されているが、 N_s と得られる最良解との間には明確な連関が薄いことも判明している。したがって集団の多様性を確保するために人口数 N_P を大きくすると、必要な計算ケースも自ずと増大することになる。この弱点を補うため、進化環境初期化を導入することによって良好な解を探索する能力の向上について検討してきた³⁾。

本稿では、従来の研究において比較的有望と判断された「情報エントロピーが増加傾向に転じる」を進化環境の初期化条件とする改良アルゴリズムについて、その解探索挙動をエントロピーに着目して数値実験によって検討した結果を報告する。なお、数値実験には著者らが過去の研究で取扱ってきた 10 部材トラス構造の応力制約下の最小重量設計問題¹⁾を用いる。

2. 情報エントロピーに着目した scs G A のアルゴリズム変更

(1) 多様性の尺度としての情報エントロピー

本研究では Shannon のエントロピー関数⁴⁾ をエントロピーと呼び、多様性の尺度とする。すなわち、人口数 N_P を設定した G A による最適化過程で、ある世代における設計変数 X_i に関するエントロピー $H(X_i)$ は式(1)で算定する。

$$H(X_i) = - \sum_{j=1}^{J_i} p_{ij} \log p_{ij}, \quad p_{ij} = K_{ij} / N_P \quad \text{--- (1)}$$

ここに、 J_i = 設計変数 X_i の解候補 (= 離散値データ) の総数、 K_{ij} = X_i の j 番目の離散値データの出現度数であり、 $p_{ij} = 0$ のとき $0 \cdot \log 0 = 0$ と解釈する。

(2) scs G A のアルゴリズム変更

scs G A に進化環境の初期化の概念を導入した改良アルゴリズムを図 - 1 に示す。図の破線で囲まれた部分が従来の手法を示しており、網掛けを付した「判断・分岐」と「被交配個体の初期化」が付加されている。

本研究での「判断・分岐」には「エントロピーが増加傾向に転じる条件」を用いており、具体的には式(1)で算定される個々の設計変数 X_i に関するエントロピー $H(X_i)$ の総和 $\sum H(X_i)$ が 2 世代連続して増加した場合に進化環境の初期化を行うものである。

(3) アルゴリズム変更の効果

変更したアルゴリズムの効果を検討するため、従来の scs G A と改良アルゴリズムによって、突然変異発生確率を 0.1 に固定し、人口数 $N_P = 50, 40, 30$ 、交配個体数 $N_s = (0.1 \sim 0.2) N_P$ 、計算世代数 $N_G = 300 / N_P$ と設定した 15 ケースについて最適化計算を行った。表 - 1 にそれ

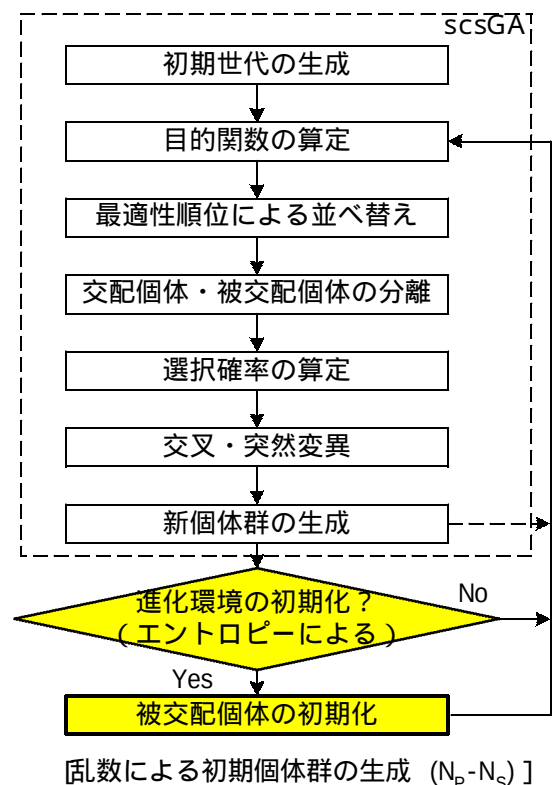


図 - 1 scs G A のフローチャート

キーワード：交配個体選択 G A，情報エントロピー，アルゴリズム改良

〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8 Tel.093-693-3230 Fax.093-693-3225

それぞれのケースにおける最良解の値と最良解が得られた世代数を示す．最良解の値において，網掛けは「良好とは判断できない解」を，太字は「最適解」を，それぞれ示している．

表より，改良アルゴリズムでは「良好とは判断できない解」がまったくなく，15ケース中8ケースで最適解が得られていることがわかる．中でも従来法では最適解が得られていない $N_P = 40, 30$ でも最適解を探索していることが注目される．

また，いずれのケースにおいても最良解が得られた世代数は改良法の方が大きく，早期停滞現象を回避していることが伺え，アルゴリズム変更の効果が認められる．

3. 改良アルゴリズムの解探索挙動の観察

そこで，改良アルゴリズムの解探索挙動をエントロピーに焦点を絞って観察するため， $N_P = 50$ ， $N_S = 5$ および7の場合の進化環境が初期化されるまでの世代数，交配個体の罰金関数値の最大値と最小値および設計変数のエントロピーの総和 $\sum H(X_i)$ ，目的関数(OF)と罰金関数(PF)のエントロピー，および設計変数ごとのエントロピー $H(X_i)$ を，それぞれ図 - 2，3 のようにグラフ化した．なお，目的関数および罰金関数のエントロピーの算出では，各関数の算出値をそのまま用いるのではなく，各関数に対してあらかじめ設定した値にランク分けをした結果を用いてエントロピーの算出を行った．ここに， $N_S = 5$ は最適解が得られたケースであり， $N_S = 7$ は最適解にいたらなかったケースである．

設計変数ごとのエントロピー $H(X_i)$ に着目すると，進化環境の初期化によってエントロピーは初期の状態とほぼ同じ値まで増加し，それ以後は急激に減少する傾向を示している．また，設計変数のエントロピーの総和 $\sum H(X_i)$ に関しても両ケースとも類似の傾向を示しており，エントロピーの大きな状態から急激に減少し，進化環境の初期化が行われている．ただし， $N_S = 5$ では初期集団の改良が10世代以上続いているのに対し， $N_S = 7$ ではわずか6世代で進化環境の初期化が起きている．この現象が，最終的に最適解に至るか否かに決定的な意味を持っている可能性も否定できない．数値実験対象や対象ケースを増やすことによってさらに詳細な観察を行い，可能な範囲で信頼性・適応性の高い手法への進化を目指していくことが，今後の課題である．

表 - 1 最良解の比較

N_P (N_G)	N_S	scs G A		改良アルゴリズム	
		最良解	世代数	最良解	世代数
30 (100)	3	7.66175	25	6.82861	53
	4	7.15328	16	6.94371	52
	5	7.16732	29	6.82861	100
	6	7.21910	77	6.97366	77
40 (75)	4	7.09237	44	6.92516	63
	5	6.99842	25	6.82861	56
	6	7.70951	19	6.96687	30
	7	6.98254	55	6.94654	75
50 (60)	8	6.89472	35	6.82861	59
	5	6.86461	50	6.82861	46
	6	7.80575	14	6.82861	38
	7	7.00821	34	6.99701	32
	8	7.00197	54	6.91972	48
	9	7.08251	52	6.82861	37
	10	6.82861	55	6.82861	48

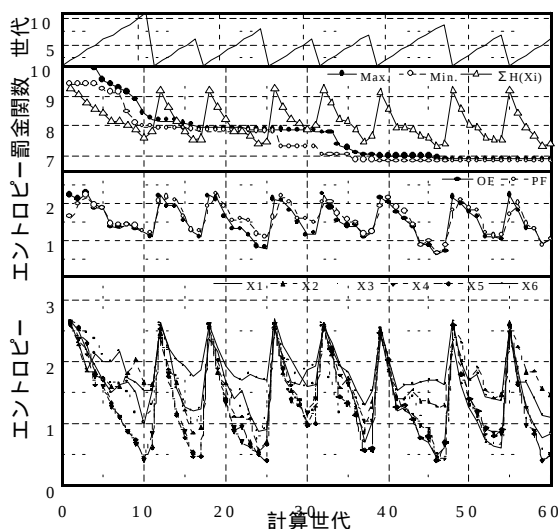


図 - 2 $N_S = 5$ の計算世代～挙動関係

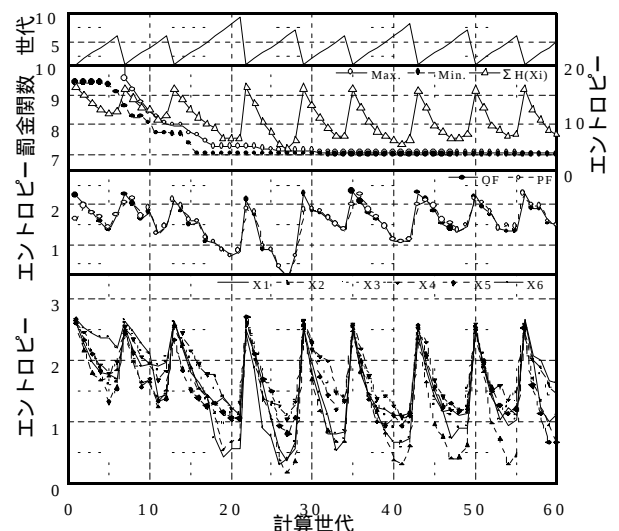


図 - 3 $N_S = 7$ の計算世代～挙動関係

参考文献 1) 千々岩, 三原, 太田: 離散的最適構造設計への交配個体選択 G A の適用に関する一考察, 構造工学論文集, Vol. 42A, 1996. 3. 2) 千々岩, 三原, 太田: G A による鋼管杭基礎構造の最適配置決定法に関する研究, 土木学会論文集, No. 549/ -37, 1996. 10. 3) 千々岩, 三原, 太田: 進化環境初期化を導入した交配個体選択 G A の改良に関する一考察, 第54回土木学会年次学術講演会講演概要集, 1999. 9. 4) 有本: 確率・情報・エントロピー, 森北出版, 1980. 11.