

消失ビットの復活によるGAの性能向上について

北海学園大学 正 員 杉本博之
 室蘭工業大学 学生員 鹿 汴麗
 北海学園大学 学生員 片桐章憲

1. まえがき

遺伝的アルゴリズム(以下、GAと略する)は、組合わせ最適化問題あるいはスケジューリング問題に適した手法として、一般的な設計のみならず、逆解析、制御等の様々な分野での応用例も広がってきている。その中で、GAの性能・信頼性の向上は重要な課題と考えられる。

従来、最適設計の研究は、連続変数、連続関数、および非分離型の設計空間から構成される問題をもっぱら対象としてきた。しかし、実際の設計問題は、離散的な変数、非連続な関数、分離型の設計空間を扱う事も多く、また離散的な変数も、設計量の並びに意味がある場合(順序型変数)と、色、材料等、その並びに意味がない場合(非順序型変数)がある。筆者らは、離散的な要因を持つ骨組み構造物の設計にGAを応用する時、ローカル則を利用する「成長」オペレータを提案し¹⁾、顕著な効果を得た。しかし、問題によっては有効なローカル則を発見できない場合もあり得る。そこで、本研究は、順序型の離散変数、連続/非連続関数、非分離型設計空間から構成される設計問題において、消失ビットの復活によるGAの性能・信頼性向上を試み、その有効性を確認できたので発表するものである。

2. 消失ビットとその復活²⁾

消失ビットは、すべての線列において、特定のビットの位置に、0あるいは1が失われることと定義される。これは、GAでは突然変異によってのみ解消されるが、一般に突然変異の確率は低く設定されるので、この消失ビットが解消されることは少なく、設計空間を不自然に限定するという意味で好ましくない現象と考えられる。4変数、人口サイズが5、各設計変数が5ビットの2進数からなる場合の消失ビットのいくつかの例を図-1に示した。

図において、ビット位置は各設計変数毎に左が上位桁、右が下位桁となる。図の下に示した「*」は、値が固定されていないことを意味する記号である。図には、設計変数2、3のように、上位桁から消失ビットが現れる例(図で、左に*がない消失ビット)と、設計変数1、4のように、下位桁に消失ビットが現れる例(図で、左に*がある消失ビット)をあげている。

設計変数 ビット	I ₁ ①②③④⑤	I ₂ ①②③④⑤	I ₃ ①②③④⑤	I ₄ ①②③④⑤
線列 1	0 1 1 1 1	0 1 0 1 1	0 0 1 1 1	1 1 1 0 1
2	1 1 0 1 1	0 1 0 1 1	0 0 0 1 1	1 1 0 0 1
3	0 1 0 0 0	0 1 0 0 1	0 0 0 0 0	1 1 0 0 0
4	0 1 1 1 0	0 1 1 1 0	0 0 1 1 0	1 1 1 0 0
5	1 1 1 0 1	0 1 1 0 1	0 0 1 0 1	1 1 1 0 1
	↑	↑↑	↑↑	↑↑ ↑
	* 1 * * *	0 1 * * *	0 0 * * *	1 1 * 0 *

図-1 消失ビットの説明

上位桁から消失ビットが現れる設計変数2、3の場合は、それぞれが取り得る値の範囲を、8~15、0~7と限定することを意味する。これは、GAのプロセスの過程で、最適解が存在する領域を絞り込んできた結果と考えることができる。一方、下位桁に消失ビットが現れる設計変数1、4の場合は、それぞれ8~15あるいは24~31、および24~25あるいは28~29と限定することを意味する。この限定は一つの情報と考えることも可能であるが、本研究で対象としている順序型離散変数、および非分離型設計空間を持つ設計問題では、不自然な限定であり、特に初期の世代に出た場合は、以降をずっと拘束するので好ましくない消失ビットと考えられる。

ローカル則を発見できない設計問題では、単純GAを用いざるを得ないが、良く言われるように単純GAが安定的に良好な解を出すケースは極めて限られている。その一つの原因としてこの消失ビットの発生(特に早期の)があると考え、これを解消(消失ビットの復活)しながらプロセスを進めることを検討した。

本研究の消失ビット復活の基本的な考え方は、下位桁の消失ビットは、好ましくないとして高い確率で復

活し、上位桁の消失ビットは、有効な情報を持っているとし、復活しないか、低い確率で復活するというものである。消失ビットの復活方法は、下記の3種類を検討し、単純GAの結果と比較した。

- （1）下位桁復活：下位桁の消失ビットを毎回復活する方法である。復活の確率は、下位に行くほど高く設定している。本研究では、0.1～0.5の値を、ビットの位置に応じて比例配分して与えている。
- （2）下上異毎世代：上記の下位桁復活においては、上位桁の消失ビットは復活しなかったが、これは下位桁と共に上位桁の消失ビットも毎回復活する方法である。但し、下位桁の復活確率は上と同じであるが、上位桁の復活確率は、0.01～0.1の値をビットの位置に応じて比例配分して用いている。
- （3）下上異5世代：上記の下上異毎世代の復活方法を5世代毎にする方法である。

3. 計算例

数値計算例として、図-2に示す22部材、12変数トラスの最小重量設計の結果を示す。

断面は、JISG3444に定められている鋼管であり、制約条件は応力のみである。

ランダムシーズは20種類与え、それぞれに対する目的関数の最小値、および終了するまでに要した構造解析回数の平均値を計算しそれらを図-3、4に示した。GAの交叉確率は60%、突然変異確率は0.5%としている。復活の確率は、世代の進行に従って小さくなるように設定している。

図-3、4に示すように、構造解析の回数の平均値は、消失ビットの復活により増加している。これは、消失ビットの復活により集団の多様性が増し、その結果終了が遅くなったためである。しかし、目的関数の平均値は1割程度減少している。他の計算例でも同様の結果が得られており、消失ビットの復活により、同程度の効率であれば、信頼性は上昇したと考えることができる。

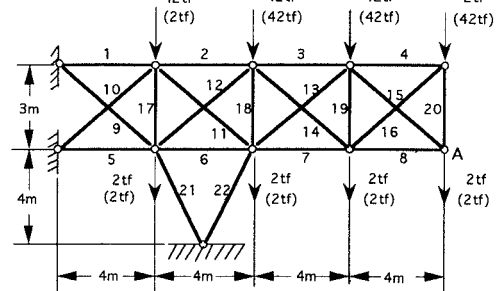


図-2 22部材12変数トラス

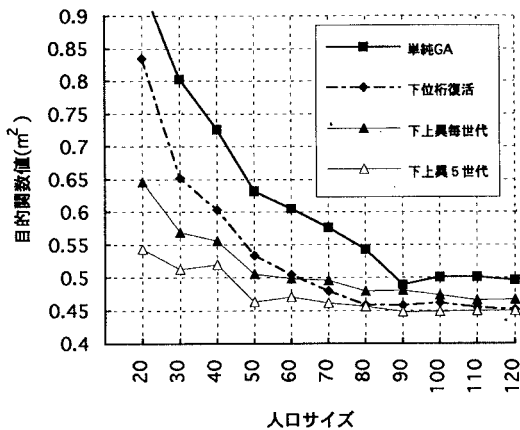


図-3 目的関数の平均値の比較

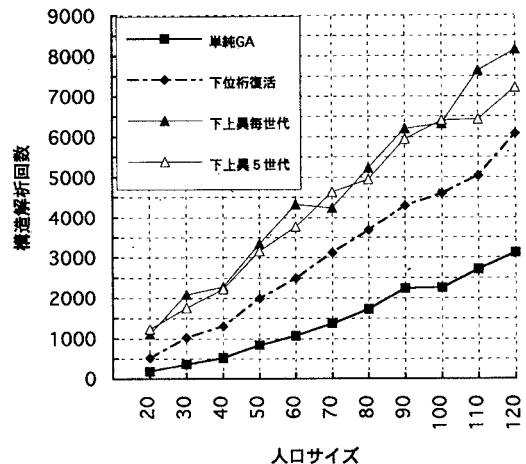


図-4 構造解析回数の比較

4. あとがき

ローカル則が発見できない設計問題にGAを応用する時、その信頼性を上げる試みの一つとして消失ビットを復活する方法を示した。今後、制約条件の無い場合、また、非順序型の変数に対しても、消失ビットの発生、およびその解消によってどのような効果が現れるか、検討したいと考えている。

参考文献 1) 杉本・鹿・山本：離散的構造最適設計のためのGAの信頼性向上に関する研究、土木学会論文集、No.471/ I-24、pp.67-76、1993。 2) 鹿・杉本：消失ビットの復活による構造設計のためのGAの改良について、土木学会北海道支部論文報告集、第51号(A)、pp.318-323、1995。