実数型遺伝子を組込んだ交配個体選択 GA の解法特性に関する基礎的考察

九州共立大学工学部　学生員　新 垣　俊
九州共立大学大学院　正会員　三 原 徹 治
九州共立大学大学院　学生員　相 良 栄 作
第　一　復　建 ㈱　正会員　千々岩浩巳

１．はじめに

遺伝的アルゴリズム GA は, 組合せ最適化問題などの離散的最適化問題の解法として開発されたものである. 生物の進化過程を最適化過程と見做し, 主に 2 進数線列を遺伝子として世代交代を繰返すという比較的簡単なアルゴリズムであるため GA の最適化ツールとしての適用性は高い．著者らも交配個体選択 GA(scsGA)と名付けた独自の交配オペレーションを有する GA を提案し, その最適解探索能力の高さを検証してきた [1]. 一方, GA の枠組みをそのまま連続的最適化問題の解法として利用したいという観点から，遺伝子に 2 進数線列ではなく実数線列を採用した GA が提案されている [2,3].

本研究では，大林らが提案している実数型遺伝子 [3] を著者らが開発した scsGA に組込んだ場合の解法特性について検討することを目的とする.

２．大林らが提案している実数型遺伝子の概要

(1) コード化＝遺伝子の構成：設計変数を実数型データのまま扱う．1 つの実変数値を 2 つの Part（A part と B part）に分割する．つまり，実変数 Xn の値を Rn, α を実数遺伝子の分割比率とすると，A part の値＝αRn, B part の値＝(1-α)Rn. 実数型設計変数が N 個の場合には遺伝子サイズ＝2N（表-1 参照）.

表-1　α＝0.65 における実変数と遺伝子の関係

実変数	X1		X2		･･･	XN	
遺伝子数列	X1A	X1B	X2A	X2B		XNA	XNB
変数の値	2.0		1.6		･･･	-1.0	
遺伝子の値	1.30	0.70	1.04	0.56	･･･	-0.65	-0.35

(2) 交叉の方法：交叉対象 2 個体の遺伝子数列間で，B part の遺伝子（XnB）をすべて交換．ただし，交叉後の実変数 Xn の値 Rn がその上限値（下限値）より大きい（小さい）場合には Rn＝上限値（下限値）とする．

表-2 2 変数問題，α＝0.65：親 Parent を P1, P2，子 Offspring を O1,O2 とする交叉例

P1：(2.00, 1.60) ⇒ [1.30, 0.70, 1.04, 0.56]	=交叉⇒	O1：[1.30,-0.35, 1.04, 0.28] ⇒ (0.95, 1.32)
P2：(-1.00, 0.80) ⇒ [-0.65,-0.35, 0.52, 0.28]		O2：[-0.65, 0.70, 0.52, 0.56] ⇒ (0.05, 1.08)

(3) 突然変異の方法：最適化ツールとして scsGA を用いる本研究では，被交配個体群の個体を対象として突然変異発生確率 Pm により各個体の突然変異発生を判定し，突然変異発生個体のあるひとつの実変数 Xn をランダムに選択し，その値 Rn に一様乱数[-1,1]βWn を加算．ここに，Wn は実変数 Xn の（定義された）値域幅，β は値域幅変動係数である．ただし，突然変異後の実変数 Xn の値 Rn がその上限値（下限値）より大きい（小さい）場合には，交叉オペレーションと同様に Rn＝上限値（下限値）とする.

３．ベンチマーク問題

実数型遺伝子を組込んだ scsGA の解法特性を検討するためのベンチマーク問題として，次式に示す 2 変数最大化問題 [4] を採用する.

$$f(x,y)=e^{-2\log(2)\left(\frac{x-0.1}{0.8}\right)^2}\cdot\sin(5\pi x)+e^{-2\log(2)\left(\frac{y-0.1}{0.8}\right)^2}\cdot\sin(5\pi y) \quad (1)$$

実変数 x, y の定義域を 0.0≦ x ≦1.0, 0.0≦ y ≦1.0 とすると，式(1)は表-3 に示す 9 つのピーク値をもつ．峰①が全域的最適解であるが，その近傍に 8 つの局所解が存在する多峰性問題であり，「騙し問題」と呼ばれる問題のひとつである.

表-3 式(1)のピーク値

峰番号	x	y	$f(x,y)$
①	0.1	0.1	2.000
②	0.5	0.1	1.861
③	0.1	0.5	1.861
④	0.5	0.5	1.721
⑤	0.1	0.9	1.548
⑥	0.9	0.1	1.548
⑦	0.9	0.5	1.408
⑧	0.5	0.9	1.408
⑨	0.9	0.9	1.095

４．ベンチマーク問題に対する解法特性の分析

(1) 値域幅変動係数 β に関する検討：まず，突然変異オペレーションに影響する値域幅変動係数 β に関して，以下の計算パラメータを用いて検討を行った．

固定したパラメータ：総個体数 N_P＝20，進化世代数 N_G＝50，実数遺伝子の分割比率 α ＝0.65.

変動させたパラメータ：交配個体数 N_S＝2,3,4（N_P の 10～20%），突然変異発生確率 P_m＝0.1,0.2,0.3,0.4,
値域幅変動係数 β ＝0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6

数値計算結果を整理した表-4 から次のようなことが観察される．

- $\beta \leqq 0.3$ では最適解①を指向する解は皆無で，β ＝0.4 でも峰①を指向する解は半数しかないが，β ＝0.5,0.6 で良好な結果が得られている．特に突然変異発生確率 $P_m \geqq 0.2$ での β ＝0.5 では解が安定している．
- なお「峰②～⑨を指向している解」として表記されているケースでも，そのほとんどの解は局所的最適解に収束しており，実数型遺伝子が scsGA による最適化計算でも機能を果たしていることが確認できる．
- 値域幅変動係数 β の推奨値＝0.5.

(2) 実数遺伝子の分割比率 α に関する検討：次に，交叉オペレーションに影響する実数遺伝子の分割比率 α に関する検討を行った．値域幅変動係数 β ＝0.5 に固定し，実数遺伝子の分割比率 α を 0.05 刻みで 0.6 から 0.9 に変化させた．その他の GA パラメータは値域幅変動係数 β に関する検討と同じである．

数値計算結果を整理した表-5 から，いずれの α 値でも突然変異発生確率 $P_m \geqq 0.2$ では安定的な解が得られていることがわかる．ただし，実数遺伝子の分割比率 α の推奨値を限定することは難しく，ある程度の幅を持たせることが必要と判断される．つまり，突然変異発生確率 P_m を大きめに設定することを条件として実数遺伝子の分割比率 α の推奨値＝0.75～0.9.

(3) 以上の検討から，大林らが提案している実数型遺伝子 [3] を組込んだ scsGA が連続的最適化問題の解法としてある程度機能することが確認された．今後は，ブレンド交叉 [2]などの交叉オペレーションについても検討するとともに，さらに一般的なベンチマークテストが必要と考えられる．

表-4 値域幅変動係数 β の検討結果

P_m	N_S	β					
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.1	2	④	④	④	③	34	△
	3	③	⑦	④	④	③	△
	4	⑥	⑥	④	③	②	49
0.2	2	⑦	④	④	39	35	39
	3	⑦	⑥	⑦	50	34	38
	4	⑥	⑥	⑥	47	49	③
0.3	2	⑦	④	④	41	36	26
	3	⑥	⑦	⑦	④	50	30
	4	⑥	④	⑥	②	36	34
0.4	2	⑦	④	④	36	29	35
	3	⑦	⑦	⑥	③	46	32
	4	⑦	⑥	⑥	47	40	40

表-5 分割比率 α の検討結果

P_m	N_S	α						
		0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9
0.1	2	△	34	38	③	③	46	③
	3	③	③	39	33	27	28	45
	4	△	②	37	48	36	○	45
0.2	2	41	35	26	27	35	34	44
	3	31	34	47	47	49	50	47
	4	49	49	42	27	34	37	43
0.3	2	②	36	38	36	34	32	32
	3	50	50	39	35	31	29	30
	4	50	36	△	40	24	32	44
0.4	2	45	29	30	42	22	35	48
	3	46	46	45	43	38	30	19
	4	32	45	34	41	29	42	36

～ 凡例 ～　数字：最適解 $F \geqq 1.99$ が得られた世代数，　○：準最適解 $1.98 \leqq F < 1.99$
△：最適解を指向しているが最適解に程遠い解
②～⑨：峰②～⑨を指向している解

参考文献　1) T. Mihara, H. Chijiiwa et.al. On the Efficiency of GA with Selecting the Crossing Strings for the Discrete Optimal Problems, Proceedings of the International Symposium on Optimization and Innovative Design, #105, 1997. 2)平井聡ほか:実数値遺伝的アルゴリズムとは,ISDL Report No.20050706007,2005. 3)大林茂ほか:進化アルゴリズムによる空力最適化 I，数値流体力学,6(2), pp.59-73, 1998. 4)中村秀明ほか Particle Swarm Optimization による多峰性関数の最大値探索,第 9 回設計工学に関するシンポジウム講演論文集,pp.159-162,2005.