Ⅰ-251 性淘汰を導入したＧＡによる離散的最適設計法に関する一考察

第一復建㈱ 正員○千々岩浩巳
九州共立大学工学部 正員 三原徹治
九州共立大学工学部 正員 木村貴之

１．緒言

離散的最適設計問題は、数学的には組合せ最適化問題の一種と位置づけられる。組合せ最適化問題の有力な解法として近年注目されている遺伝的アルゴリズム（ＧＡ）は、本質的に集団全体の進化を意図する手法であり、必ずしも「最良の個体」が進化した集団に存在する保証はない。特に、単純ＧＡを離散的最適構造設計問題へ適用する場合、いくつかの問題点が指摘されているが原因を特定することは困難な状況にある。このため成長オペレータ[1]など新たなオペレータの導入による解決策も検討されているが、同時にＧＡの最大の特徴、すなわち、親世代の形質を子世代へ遺伝する生殖システムを核とした単純明解なアルゴリズムを保持するため、繁殖・淘汰戦略および交配システムに関する検討も必要と考えられる。その一方法として、本研究ではまず性淘汰[2]をモデル化した生殖システムを用いたＧＡ（性淘汰ＧＡ）を開発し、「最良の個体＝最適な設計」探索能力や効率性に関する数値実験結果を報告する。

２．性淘汰を導入したＧＡ

離散的最適設計問題では各個体に性別がないので性淘汰が作用する生殖システムを導入するためには、個体性質に性別を設けるか、何らかの方法により性別らしき観念を与えるかのいずれかの対策をとる必要がある。ここでは、後者の考え方により最適性順位が比較的高い個体群とそれ以外の個体群にそれぞれ交配個体および被交配個体（交配個体と別性）の区分を与えた。その具体的手順を次に示す。①総人口N_P個の集団から最適性順位が高い順にN_S個の互いに異なる交配個体を抽出（被交配個体数は(N_P-N_S)個）．②ルーレット戦略により各交配個体の交配確率を算定．③ルーレット戦略により各被交配個体の交配確率を算定．④各１個の交配個体と被交配個体をそれぞれの交配確率により選択し、それらの一点交叉による確実な交配により次世代個体を発生（次世代個体数が(N_P-N_S)個になるまで）．⑤N_S個の交配個体はそのまま次世代個体に組込む（突然変異は被交配個体のみを対象とする）．単純ＧＡと性淘汰ＧＡの流れを簡単に図－１に示す。

３．数値実験

図－２に示す10部材トラス（P＝20.0tf，L＝100cm）の応力制約下の最小重量設計を行う（応力度の設計上での限界値を$\sigma^U=1{,}700\mathrm{kgf/cm^2}$，$\sigma^L=-1{,}412\mathrm{kgf/cm^2}$に固定した）。設計変数は断面積でJIS G 3444から$X_{1\sim3}$には22.72～58.91cm²の16種類，$X_{4\sim6}$には30.01～58.91cm²の10種類を用いた。このとき組合せ総数は4,096,000（$16^3\times10^3$）となり、最適解を列挙法で求めることは事実上不可能と判断される。

まず、本法における人口数の影響を調べるため、突然変異確率$P_m=0.1$，人

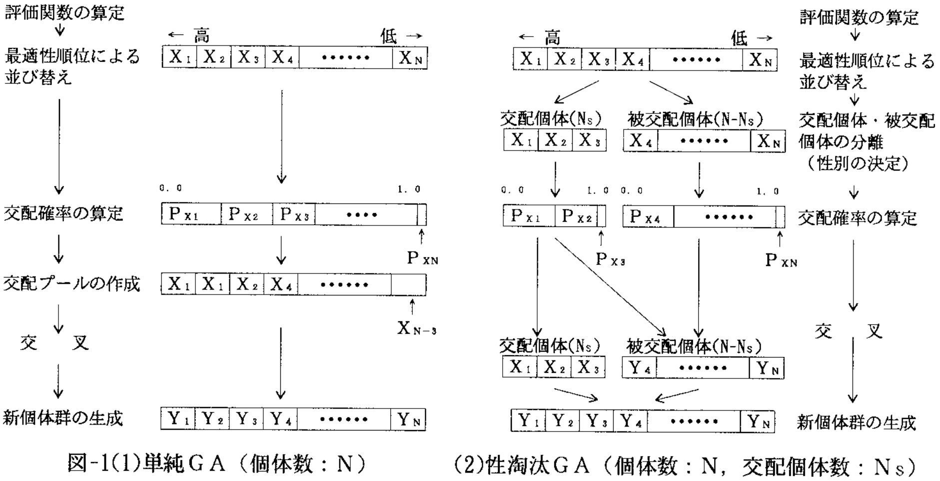
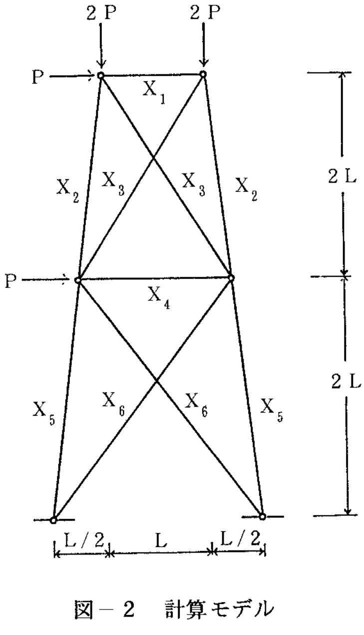


図-1(1)単純ＧＡ（個体数：Ｎ） (2)性淘汰ＧＡ（個体数：Ｎ，交配個体数：Ｎs）

口数N_P＝20, 50, 100, 150, 200、交配個体数N_S＝1～20による最良離散解を表－１に示す。計算条件を統一するため、全計算回数が同じになるよう計算世代数N_G（（）内の数字）を設定した。[1]は最適解が得られた場合を示し、そのときの世代数を併記する。[1]を除く[]数字は108位まで別途求めた最適性順位であり、[×]は108位以上を示す。また、ＳＧＡは単純ＧＡによる最良離散解の最適性順位([]数字)とそれが得られた世代数を示す。表より人口数が20程度の時は最適解にほど遠い解しか得られていないが、人口数が100程度以上になると半分以上の割合で最適解が得られ、そうでない場合にも単純ＧＡによる解と同等かより良い解が得られていることがわかる。

本手法は性による淘汰圧を用いて設計変数値を強制的に進化させていることから比較的スムーズに最適解近傍まで近づいていくが、同時に局所解へ収束しやすくなるおそれもあり、これを回避する方法の一つとして突然変異確率P_mを比較的大きくとることが考えられる。そこで、人口数N_P＝100、計算世代数N_G＝60と固定してP_m＝0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20と５種類に変化させた場合の結果を表－２に示す。表より、P_m＝0.01, 0.05の場合には最適解に収束しにくい傾向を示しているが、P_m＝0.10以上であれば半数以上が最適解に収束しており、比較的大きな突然変異確率を設定することが局所解への落ち込みを防ぐ役目を果たしていることがわかる。なお、表－１，２より交配個体数が10程度以上であれば比較的良い解に収束する傾向が認められ、交配個体数は総人口数の１割程度が望ましいと思われる。



図－２　計算モデル

表－１　計算結果(人口数の影響)

N_s	$N_P(N_G)$ 20(300)	50(120)	100(60)	150(40)	200(30)
1	87062.3[×]	72621.8[×]	70228.2[×]	70747.3[×]	71285.2[×]
2	73471.8[×]	84618.2[×]	[1]←48	71999.0[×]	69251.6[23]
3	77464.5[×]	70489.6[×]	76539.6[×]	70741.3[×]	69984.2[103]
4	78086.8[×]	68931.1[11]	75539.0[×]	70019.8[×]	[1]←9
5	71773.7[×]	68616.1[6]	77690.6[×]	[1]←21	[1]←7
6		78057.5[×]	[1]←23	[1]←8	69007.6[16]
7		69652.6[60]	72884.8[×]	[1]←40	69007.6[16]
8		68624.7[5]	[1]←22	[1]←22	69318.0[31]
9		69930.8[94]	[1]←22	[1]←25	[1]←12
10		[1]←56	[1]←50	69007.6[16]	[1]←14
11		69437.1[40]	68530.1[2]	[1]←13	[1]←21
12		70020.0[×]	69844.6[88]	[1]←26	[1]←10
13		69007.6[16]	68624.7[5]	[1]←12	69465.4[41]
14		[1]←49	[1]←26	68530.1[2]	[1]←15
15		69251.6[23]	[1]←9	[1]←33	[1]←14
16		69797.1[81]	[1]←27	[1]←36	68530.1[2]
17		[1]←87	[1]←25	[1]←32	[1]←11
18		69437.1[40]	68530.1[2]	[1]←19	[1]←15
19		[1]←60	[1]←17	[1]←16	[1]←29
20		68530.1[2]	69346.2[35]	[1]←5	[1]←12
SGA	-	-	[6]←52	-	[6]←46

P_m＝0.10, SGAはP_m＝0.01

表－２　計算結果(突然変異発生確率の影響)

N_s	P_m＝0.01	P_m＝0.05	P_m＝0.10	P_m＝0.15	P_m＝0.20
1	69834.7[87]	72900.8[×]	70228.2[×]	78597.7[×]	78237.7[×]
2	78576.4[×]	78576.4[×]	[1]←48	69346.2[35]	68624.7[5]
3	69191.2[19]	79447.7[×]	76539.6[×]	78237.7[×]	[1]←40
4	70157.2[×]	78237.7[×]	75539.0[×]	68530.1[2]	[1]←33
5	[1]←58	74360.1[×]	77690.6[×]	[1]←26	[1]←9
6	70228.2[×]	69437.1[40]	[1]←23	[1]←17	[1]←27
7	69437.1[40]	72363.7[×]	72884.8[×]	69465.4[41]	[1]←50
8	[1]←49	[1]←52	[1]←22	69681.1[67]	[1]←46
9	69437.1[40]	70629.2[×]	[1]←22	[1]←12	[1]←11
10	69437.1[40]	69984.2[103]	[1]←50	[1]←20	[1]←17
11	68530.1[2]	68530.1[2]	68530.1[2]	68596.5[4]	[1]←26
12	[1]←18	69437.1[40]	69844.6[88]	[1]←31	[1]←27
13	[1]←16	[1]←13	68624.7[5]	[1]←9	[1]←11
14	68947.2[12]	69437.1[40]	[1]←26	[1]←10	[1]←18
15	[1]←27	[1]←18	[1]←9	68596.5[4]	[1]←25
16	[1]←34	70098.2[×]	[1]←27	[1]←33	[1]←15
17	69007.6[16]	69437.1[40]	[1]←25	[1]←13	[1]←55
18	68596.5[4]	68874.7[10]	68530.1[2]	[1]←32	68530.1[2]
19	68646.1[6]	[1]←19	[1]←17	[1]←14	[1]←22
20	69437.1[40]	[1]←14	69346.2[35]	[1]←40	[1]←23

N_P＝100, N_G＝60

謝　辞　本研究の数値計算には九州共立大学工学部土木工学科卒研生 林茂博，三木功君の援助を受けた。記して謝意を表する。

参考文献 1)杉本博之ら：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-24，1993. 7.
2)T. H. Goldsmith(渡植貞一郎訳)：進化からみたヒトの行動，講談社，1994. 6.