

(38) GAにおけるコーディング効果に関する一考察

STUDY ON EFFECT OF ARRANGEMENT METHOD OF PREASSIGNED VALUES IN GENETIC ALGORITHM

杉本博之* 鹿汴麗**

Hiroyuki SUGIMOTO, LU Bianli

*工博 北海学園大学教授 工学部土木工学科 (〒064 札幌市中央区南26西11丁目)

**工博 例シー・イー・サービス 構造設計課 (〒062 札幌市豊平区西岡2条8丁目5-27)

In GA, the value of design variable is chosen from the preassigned values. The purpose of this study is to investigate the effect of the arrangement method of the preassigned values numerically. Generally the preassigned values are arranged by their size (this method is called as normal arrangement). But sometimes one may not want to arrange them by size, but want to arrange at random (is called as random arrangement). Does the random arrangement give us the worse solution than the normal arrangement? This is the basic question of this study. Two truss structures and one framed structures are designed by GA as the numerical examples. One normal arrangement and two random arrangements are applied to the designs for both of binary code and gray code. The results are shown numerically and it is concluded that there is no remarkable difference between the results by normal arrangement and random arrangement.

Key Words: GA, arrangement of preassigned, structural design, coding

1. まえがき

GA (遺伝的アルゴリズム) において、設計変数の値は、あらかじめ用意された数値のリスト (離散値データリスト) の中から選ばれる。離散値データは、構造設計の部材断面積のように値に大小関係がある場合は、値の少ない順に並べるのが一般的である。これは、GAの論理で、値の近いものどうしを交叉させても、新しく生まれる変数はかなり離れた2つを生成することがあるにしても、世代後期の局所探索的な段階に移った時は、値の大小に従って並べておく方が、探索のランダム性が幾分緩和され、好影響があるだろうとの推測によるものと思われる。特に、グレイコードを用いた場合は、2進数どうしの距離が近いので、対応するデータは値の大小関係で並べる方が良いだろうとの推測は正しいように思われた。

しかし、三原、千々岩¹⁾は、離散値データリストの並べ方は、GAの結果に関係ないという報告を発表した。ここでは、交叉法あるいはコーディング法は、独自の方法を用いており、設計変数の数 (10程度) に対して人口サイズがかなり多い (300) という比較的特殊といえる数値計算上の環境下での結論であった。

しかし、発表された結論は、今後GAを応用していく上でも重要な事であるので、三原、千々岩¹⁾の追試

的な数値実験として、いくつかの計算を試みたので、結果を発表するものである。

構造設計を例題として検討を加えたが、構造はトラス構造物2種類、平面骨組み構造物1種類の計3種類、それぞれバイナリコードとグレイコードの両方でコーディングし結果を検討している。GAは、筆者らによる汎用GAプログラム²⁾を、設定されている標準的なパラメータ値の下で用いて計算した。離散値データリストは、部材断面積の大きさの順に小さい方から並べた場合と、2種類のランダムシードによりまったくランダムに配列した2つの離散値データリストの3種類に対して計算を行い結果を比較検討した。

2. 構造設計問題と計算手順

本研究では、以下に定義される構造最適設計問題を計算例とした。

$$\text{○目的関数: } V = \sum_{i=1}^{NM} \ell_i A_i \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\text{○制約条件: } g_j(\{A\}) = \sigma_{jk}(\{A\}) - \sigma_k(A_i) \leq 0 \quad (i=1-NM, j=1-NLC) \quad (2)$$

$$\text{○設計変数: } \{A\} = \{A_1 A_2 \cdots A_n\} \quad (3)$$

ここで、Vは鋼材総容積、 ℓ_i 、 A_i はi部材の部材長

および部材断面積、 σ_{ik} は i 部材の k 荷重条件における応力度、 $\sigma_a(A_i)$ は i 部材の部材断面積 A_i に対する許容応力度、NM、NLC はそれぞれ部材と荷重条件の数である。

断面は、既製型钢から選ばれるとしているので、設計変数は離散量となる。

GA は、著者らによる汎用 GA プログラム²⁾を用いて計算した。GA には設定すべき幾つかのパラメータがあるが、それらの内ランダムシード以外はあらかじめプログラム中に標準値として設定されている値を用いた。つまり、交叉確率 60%、突然変異確率 0.5% である。人口サイズは、設計変数の数に応じて 40~140 あるいは 160 の値を用いたが、各人口サイズ毎にランダムシードは 10 種類与え、それらに対する目的関数の平均値、最良値、対応する構造解析の回数などを整理して考察を加えた。許容解が得られない場合は、平均値の計算に入れていない。コーディングは、バイナリコードとグレイコードの両方で計算している。

離散値データリストは、部材断面積の小さい方から順に並べる場合と、2 種類のランダムシードより作成した 2 種類のランダムな並びの計 3 種類の配列による計算をしている。

構造は、図-1~3 に示す 3 種類の構造で検討を加えた。各構造毎に若干の説明を加える。

(1) 平面骨組み構造物 ;

図-1 に示す 35 部材の平面骨組み構造物である。部材のリンクの関係を表-3 に示しているように、設計変数の数は 20 となる。鋼材は、SS400 である。断面は、JIS G 3192 に定められている³⁾ 断面の中から表-4 に示す 24 種類を用いることにした。ただし、柱部材と梁部材はその本来の機能を考慮して分けることにし、図-1 の部材 1~20 は表-2 の柱部材から、図-1 の部材 21~35 は表-2 の梁部材から選ぶことにした。離散値データリストの 2 つのランダム配列は表-1 のようになった。

(2) トラス構造物-1、2 ;

図-2、3 に示す 22 部材と 35 部材のトラス構造物である。部材のリンクの関係を表-3 に示しているように、設計変数の数は、トラス-1 で 12、トラス-2 で 21 であ

る。鋼材は、SM490 である。断面は、JIS G 3444 に定められている³⁾ 断面の中から 29 種類⁴⁾ を選び用いることにした。離散値データリストの 2 つのランダム配列は表-2 のようになった。使用断面は 29 種類であるが、GA に用いる関係で、32 種類に拡張し、30~32 は 29 番目の断面を当てている。

3. 数値計算結果

数値計算結果の内、各構造毎に離散値データリストの配列、バイナリとグレイ、各人口サイズにおける、目的関数の最良値、平均値、及び構造解析数を表-5 に示した。

また、離散値データリストをパラメータとして、最良値、平均値と世代数の関係を各構造、各コーディング法毎に図-4~9 に示した。

更に、最良値、平均値と構造解析数との関係の散布図を、各構造毎に図-10~12 に示した。この散布図では、2 つのランダム配列の結果は「不順」として一つにまとめて示している。

図中、不順 1 がランダム配列 1、不順 2 がランダム配列 2 を意味する。

図-4~9 より目的関数の値を見ると、バイナリコードのいくつかのケースの少ない世代数で、大きさの順に並べた離散値データリスト（以降、順データリストと略する）を用いる方が若干良い結果を示しているが、これも全体的な傾向ではなく、すべての結果において、構造に関係なく平均値、最良値とも、順データリストの優位性は見られない。特に、図-5、7、および 9 に示されるように、グレイコードを用いても、まったくデータリストの並びに関係ない結果が得られている点が注目される。

目的関数の値では関係なくても、効率の一つの指標である構造解析数に影響がでる可能性はあるが、図-10~12 の散布図を見ても、構造解析数の平均値、最良値の両方とも、順データリストを用いることによる差は出ていない。

以上より、組合せ最適化問題に GA を用いる時、離散値データの順は、結果に影響しないと考えられる。

表-1 平面骨組み構造物のランダム配列

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ランダム配列 1	7	3	1	5	8	6	2	4	22	16	13	24	10	23	9	12	21	17	14	18	11	20	15	19
ランダム配列 2	1	8	6	7	2	3	4	5	24	16	14	23	11	21	15	20	19	12	9	10	22	18	13	17

表-2 トラス構造物のランダム配列

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
ランダム配列 1	26	10	5	29	19	8	18	15	21	11	27	22	3	14	1	6	31	9	13	2	7	30	16	24	28	20	32	17	4	12	25	23
ランダム配列 2	3	1	28	2	9	19	26	21	23	12	10	13	5	14	24	6	15	8	32	27	31	25	17	22	16	4	18	30	20	7	11	29

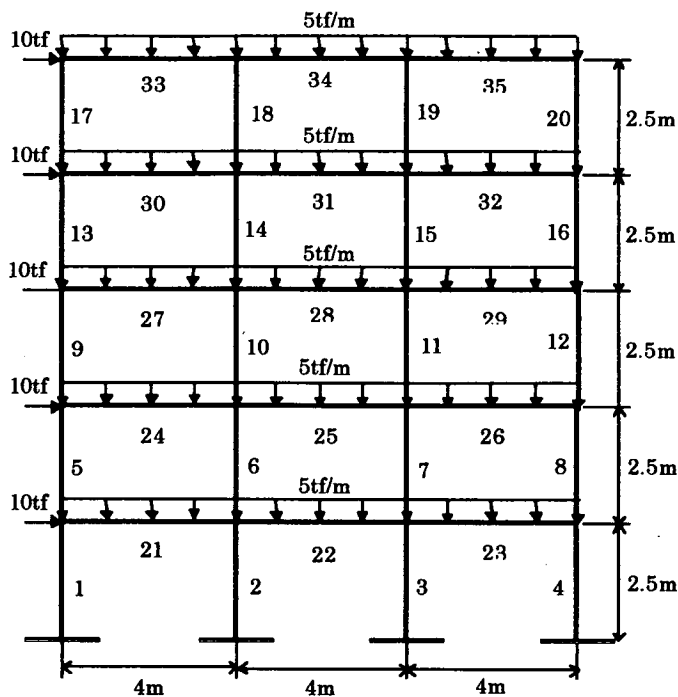


図-1 平面骨組み構造物

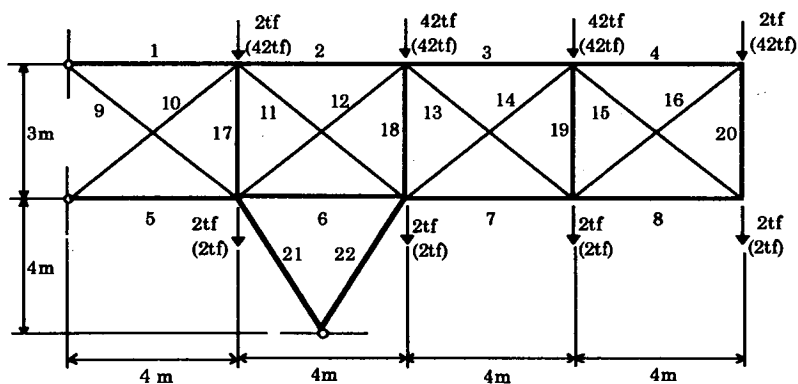


図-2 トラス構造物-1

表-3 各構造物の設計変数と部材リンク

設計 変数	リンク 部 材		
	平面骨組	トラス-1	トラス-2
1	1 4	1 4	1 2
2	2 3	2 3	3 4
3	5 8	5 8	5 6
4	6 7	6 7	7 8
5	9 12	9	9 10
6	10 11	10 12 13 15	11 12
7	13 16	11 16	13 14
8	14 15	14	15 16
9	17 20	17 19 20	17 18
10	18 19	18	19 20
11	21 23	21	21 22
12	24 26	22	23 24
13	27 29		25 26
14	30 32		27 28
15	33 35		29
16	22		30
17	25		31
18	28		32
19	31		33
20	34		34
21			35

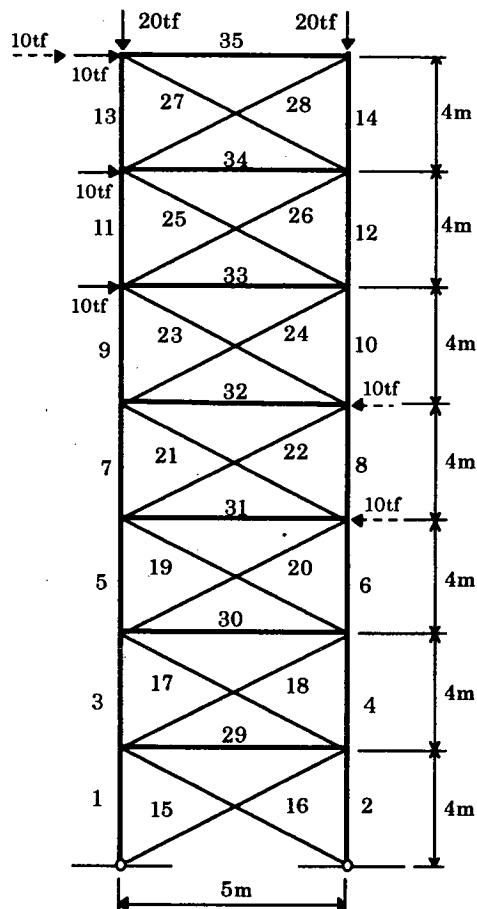


図-3 トラス構造物-2

表-4 H型鋼のデータリスト

部 材	ラン ク	H (cm)	B (cm)	t _w (cm)	t _f (cm)	A (cm ²)
柱	1	25.0	25.0	0.9	1.4	91.43
	2	30.3	30.0	1.0	1.5	118.4
	3	35.0	35.0	1.2	1.9	171.9
	4	40.0	40.0	1.3	2.1	218.7
	5	41.4	40.5	1.8	2.8	295.4
	6	42.8	40.7	2.0	3.5	360.7
	7	45.8	41.7	3.0	5.0	528.6
	8	49.8	43.2	4.5	7.0	770.1
梁	9	29.4	20.0	0.8	1.2	71.05
	10	40.0	20.0	0.8	1.3	83.37
	11	45.0	20.0	0.9	1.4	95.53
	12	34.0	25.0	0.9	1.4	99.53
	13	50.0	20.0	1.0	1.6	112.2
	14	60.0	20.0	1.1	1.7	131.7
	15	39.0	30.0	1.0	1.6	133.2
	16	44.0	30.0	1.1	1.8	153.9
	17	48.8	30.0	1.1	1.8	159.2
	18	58.8	30.0	1.2	2.0	187.2
	19	70.0	30.0	1.3	2.4	231.5
	20	80.0	30.0	1.4	2.6	263.5
	21	89.0	29.9	1.5	2.3	266.9
	22	90.0	30.0	1.6	2.8	305.8
	23	91.2	30.2	1.8	3.4	360.1
	24	91.8	30.3	1.9	3.7	387.4

表-5 目的関数(上段)析数(下段)のまとめ

構造	人口 サイズ	順配列				ランダム配列1				ランダム配列2			
		バイナリ		グレイ		バイナリ		グレイ		バイナリ		グレイ	
		最良値	平均値	最良値	平均値	最良値	平均値	最良値	平均値	最良値	平均値	最良値	平均値
平面骨組み構造物	40	1.5499	1.7976	1.7006	1.7967	1.6270	1.7723	1.7609	1.8417	1.6977	1.8977	1.6612	1.7830
		6433	938	1237	1012	1012	998	828	832	1296	853	1476	1075
	60	1.4934	1.6414	1.6221	1.6864	1.4883	1.6796	1.5687	1.6998	1.5806	1.7177	1.5929	1.6540
		2795	2150	2303	1925	2076	1832	1892	2087	2209	1717	1794	1783
	80	1.5125	1.5890	1.5168	1.5704	1.5176	1.6043	1.4780	1.5695	1.4620	1.5474	1.5201	1.6148
		3149	2816	3133	6433	3400	3151	4186	3516	3652	3110	2472	2827
	100	1.4871	1.5487	1.5232	1.5737	1.5316	1.5668	1.5148	1.5722	1.4635	1.5150	1.4861	1.5694
		4709	4844	5201	4301	3693	4070	4713	4416	4343	4162	5622	4271
	120	1.4674	1.5184	1.4835	1.5233	1.4787	1.5401	1.4739	1.5362	1.4713	1.5214	1.4416	1.5309
		5991	5705	5426	5067	7194	5523	5265	5639	6461	5570	5716	5607
	140	1.4652	1.5249	1.4544	1.5249	1.4381	1.4760	1.4439	1.5420	1.4641	1.4903	1.4751	1.5124
		8033	7027	6906	7027	8394	6940	7061	6433	8520	7213	6864	6504
トラス構造物-1	40	0.5894	0.7446	0.6045	0.7443	0.6118	0.8287	0.5989	0.7709	0.6276	0.7544	0.5623	0.7603
		1055	727	1306	931	1752	850	1277	846	832	859	1148	838
	60	0.5105	0.5777	0.5197	0.6379	0.5889	0.6713	0.5136	0.5863	0.5934	0.6681	0.5316	0.6630
		2478	2014	2296	2034	1545	1606	1791	2090	2224	1725	1986	1812
	80	0.4478	0.5541	0.5078	0.6038	0.4987	0.5759	0.5052	0.5625	0.4612	0.5491	0.5086	0.5830
		2637	2877	2592	2889	2808	2875	3376	3046	3877	3002	2381	2635
	100	0.4591	0.4941	0.5011	0.5591	0.5027	0.5723	0.5126	0.5358	0.4467	0.5343	0.4903	0.5499
		3872	3795	3494	3767	4582	3718	4829	4049	4154	4148	4835	4052
	120	0.4555	0.4913	0.4537	0.4932	0.4813	0.5218	0.4817	0.5225	0.4527	0.5225	0.4968	0.5370
		4116	4855	5827	4881	5708	5519	6526	5464	4566	5241	5592	5165
	140	0.4528	0.4797	0.4495	0.4806	0.4728	0.5135	0.4627	0.4936	0.4460	0.5010	0.4666	0.5240
		7008	6741	7310	6697	8023	5848	5636	6348	6258	5952	6496	5786
トラス構造物-2	40	1.1309	1.5943	1.4431	1.7380	1.1688	1.5713	1.1901	1.5029	1.1727	1.6186	1.3122	1.5302
		2885	2198	2595	1838	2527	1928	2652	2499	3546	2046	2679	2203
	60	0.9975	1.2137	1.0565	1.3429	1.0140	1.3213	1.0762	1.3508	0.9599	1.3532	0.9903	1.3920
		5618	4900	5447	4487	4815	4436	4493	4250	5351	4060	4259	3988
	80	0.9773	1.0982	0.9653	1.1624	0.8322	1.0525	0.8620	1.1489	0.8550	1.1733	0.9996	1.1858
		5205	7025	6491	7813	7282	7315	9519	7525	9499	7258	8919	6964
	100	0.8969	0.9853	0.9004	1.0888	0.9806	1.0243	0.8865	1.0113	0.9433	1.0648	0.8477	1.0552
		9028	9801	9485	10098	9547	9609	11657	10677	13123	10741	11721	10207
	120	0.8553	0.9302	0.8733	1.0869	0.8393	0.9372	0.7882	0.9630	0.8956	0.9789	0.8588	0.9775
		9169	13549	12403	12490	13391	12992	12243	12865	12398	13028	13033	13037
	140	0.6969	0.8854	0.7809	0.9141	0.8375	0.9386	0.7677	0.8797	0.8204	0.9566	0.7989	0.9763
		20795	16789	12709	16745	20215	15618	20611	16876	15349	16144	12334	14857
	160	0.7204	0.7973	0.6915	0.8728	0.7176	0.8622	0.7603	0.8661	0.8074	0.9248	0.8658	0.9209
		20491	19113	22494	19907	21815	17775	24297	19043	24599	19412	19479	19218

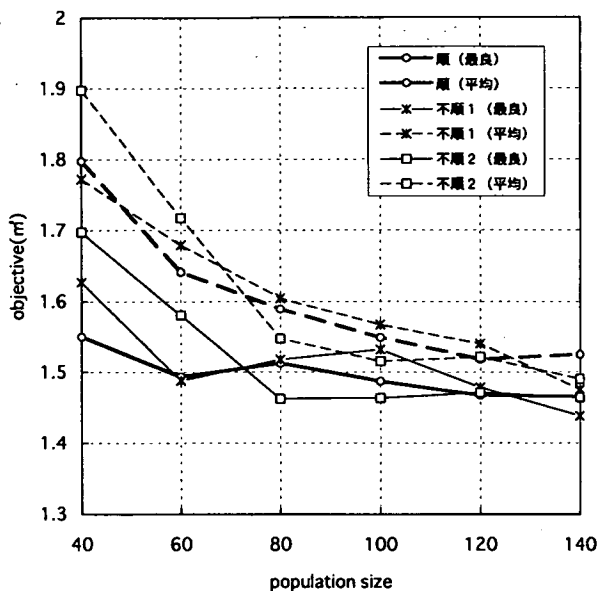


図-4 目的関数-世代数 (平面骨組・パイナ)

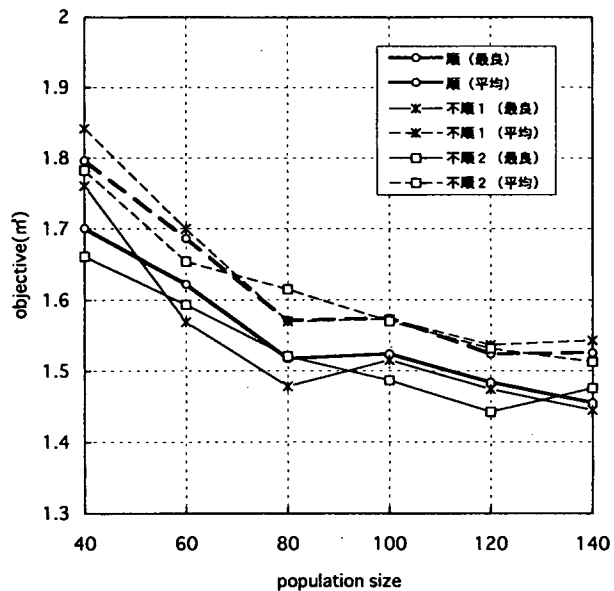


図-5 目的関数-世代数 (平面骨組・ブレイ)

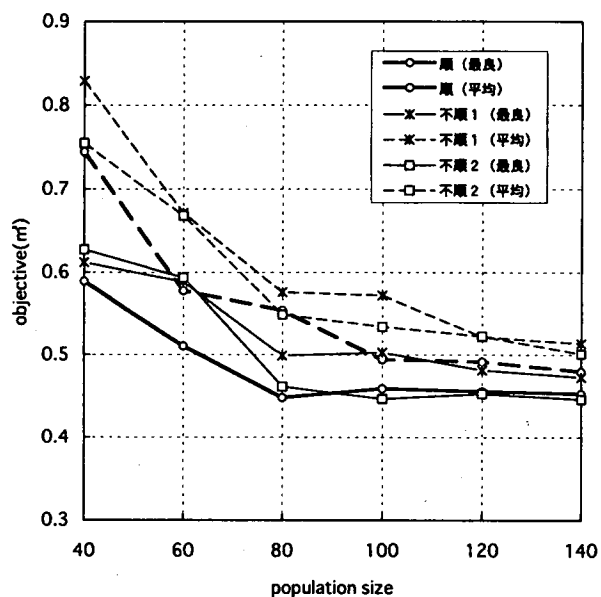


図-6 目的関数-世代数 (トラス-1・パイナ)

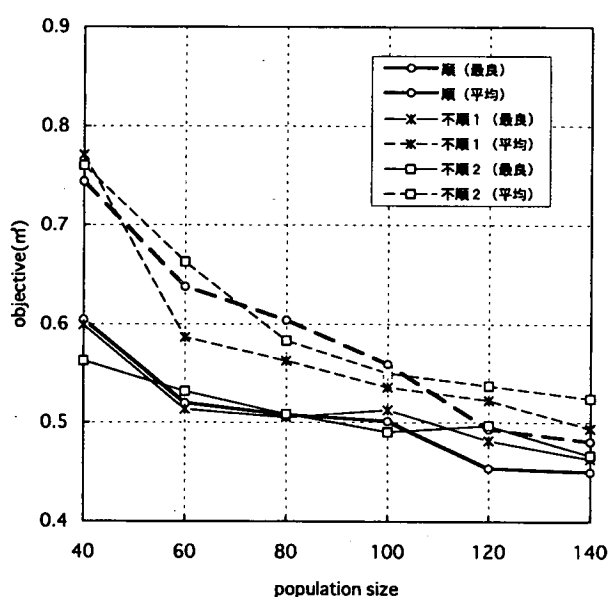


図-7 目的関数-世代数 (トラス-1・ブレイ)

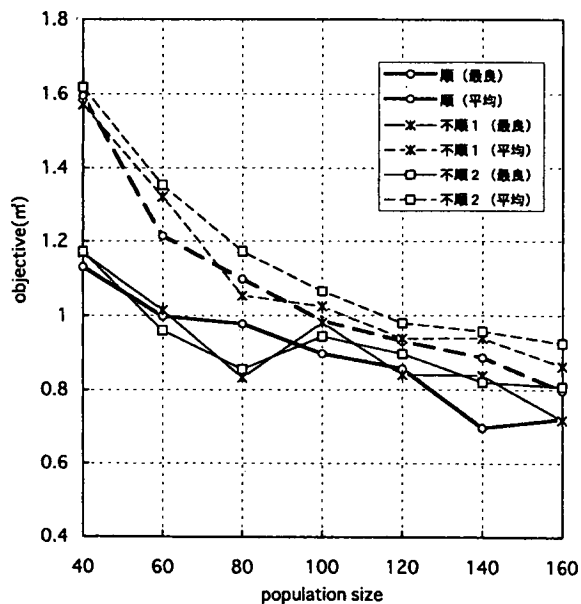


図-8 目的関数-世代数 (トラス-2・パイナ)

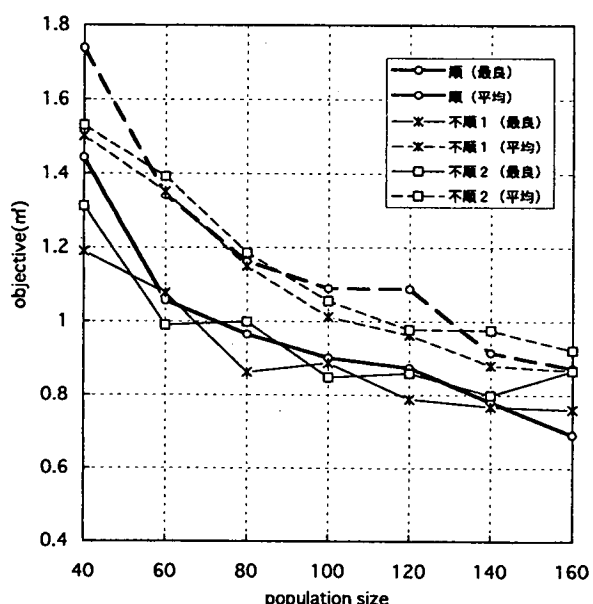


図-9 目的関数-世代数 (トラス-2・ブレイ)

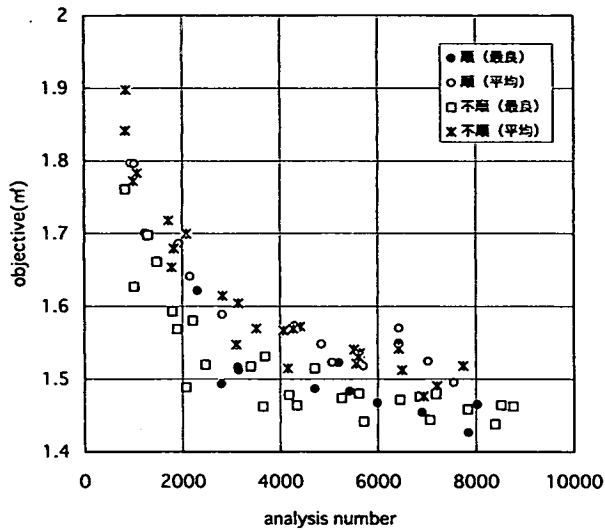


図-10 平面骨組み構造物の散布図

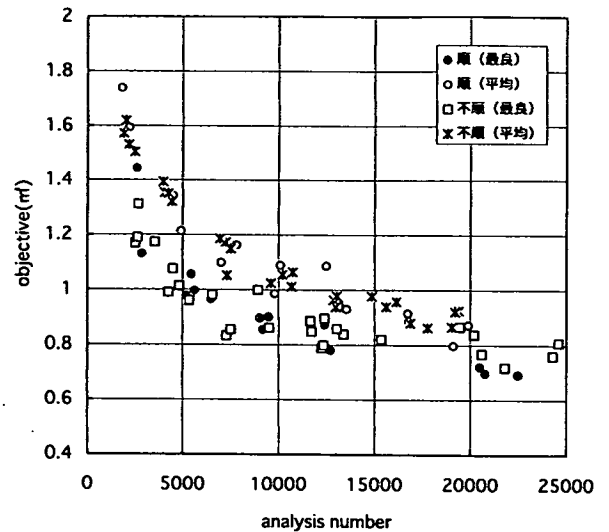


図-12 トラス構造物-2の散布図

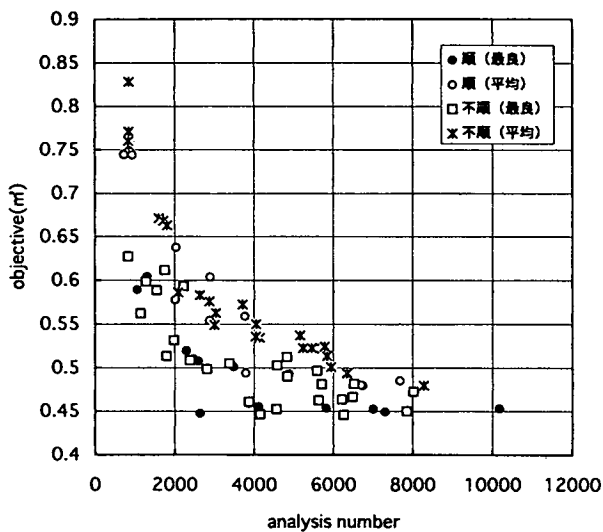


図-11 トラス構造物-1の散布図

4. あとがき

今回の計算結果からは、離散値データリストの順番は結果に影響しないという結論が出た。本研究で扱った問題では、データリストの並びに苦労することはないが、問題によっては、その順番が気になることがある。そのような場合でも、三原・千々等の研究、及び本研究の結果より、ある程度適当に並べて良いということになる。

ただし、今回は単純GAによる計算であり、生長⁵⁾等

の拡張GA⁶⁾に属するオペレータを用いる場合には、ランダム配列はプログラム上混乱を招くこともあり、文献1)のような必要性がある場合以外に、あえてランダムな配列を用いる必要性がないことは論を待たないであろう。

参考文献

- 1) 三原・千々岩：GAによる最適化における離散値データリストの影響について、第17回最適設計研究会（沖縄）資料、1997。
- 2) 鹿・杉本：組合わせ問題のための汎用GAシステムの構築に関する基礎的研究、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 I-A、pp.928-929、1996。
- 3) '97 Design Data Book、(社)日本橋梁建設協会、1997。
- 4) 杉本・鹿：非連続目的関数を有する構造設計へのGAの応用について、第3回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集、pp.105-110、1993。
- 5) 杉本・鹿・山本：離散的構造設計のための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。
- 6) 古田・杉本：遺伝的アルゴリズムの構造工学への応用、森北出版、1997。