

領域移動探索法における探索制御パラメータの影響に関する一考察

A CONSIDERATION FOR INFLUENCE OF CONTROL PARAMETERS ON SEARCH TECHNIQUE WITH MOVEMENT OF REGION

古田秀博*

Hidehiro FURUTA

* 正会員 工修(株)横河技術情報・課長 CAD・CAEシステム部 (〒273 船橋市山野町27番地)

A new method to search the global optimization of multi-dimensional function is presented in this paper. It is very important to obtain the global minimum or maximum for engineering problems. However, it is generally difficult to get the approximate value of it by utilizing the numerical techniques based on differential coefficient or Monte-Carlo method. Features of the new method are generation of random values just like Monte-Carlo method and reduction of the range which the random values are generated. The efficiency of the new method is proved by solving some numerical experiments with varying control parameters.

Key Words: global optimization, Monte-Carlo method, composite stress

1. はじめに

著者はこれまで、多変数高次関数の大域的最適値を容易に求めることができ、かつ現場の設計者でも比較的簡単に最適値を得ることができる実用性の高い探索法¹⁾²⁾³⁾について提案してきた。また、須藤等は、文献1)の発表より約1年後に、これとほぼ同一の探索法⁴⁾を発表している。

本探索法は、モンテカルロ法⁵⁾と模擬除冷法⁶⁾の両方の特長を取り入れた探索法であり、また、集団山登りのような考え方や確率的探索法を採用している点で、遺伝的アルゴリズム⁷⁾と類似した点が多いように見受けられる。しかし、その基本的操作や考え方において全く異なった探索法である。ここで、その相違点について以下に簡単に触れておく。

遺伝的アルゴリズムは、集団を構成する個体(表現型)を染色体の集合として表し、この個体を多数発生させる。ここで、各染色体は、設計変数に相当し、この個体が各設計変数によってマッピングされた目的関数になる。この個体群に対して交叉(染色体の組み替え)と淘汰を繰り返すことにより、適応度のより高い新しい個体群を生成する。これにより、集団全体の適応度は向上し、最良解に近づいていく。また、集団全体が局所的な解に落ち込むのを避ける

ため、突然変異という操作を行って探索空間の広さを確保する。これに対し本探索法は、”①個体自体が設計変数であり、これがマッピングされて1つの目的関数になる。そして、1つの設計変数に対して複数の個体が生成される。②探索空間を狭めるための操作(交叉に相当)は、領域の直接的な縮小処理で行う。③局所最良解への落ち込み防止のための操作(突然変異に相当)は、探索領域を何回かの計算ごとに初期の探索領域に戻す操作と④探索領域のある比率での拡大処理で対応する。”等の点で異なっていると言える。

本論文では、本探索法の探索能力を実証するため、文献8)にある最大合成応力の算出に関して、上記に説明した遺伝的アルゴリズム(単純GA:SGA)との精度比較を行う。さらに、以降で扱う計算の探索条件の設定も同時に行う。次に、前述の問題に関してパラメトリック計算を行い、本探索法の中で使用されている制御パラメータの探索結果への影響を調べる。そして、このタイプの探索問題を本探索法によって計算する際、探索パラメータの設定に関する指針を与えることができる。なお、各探索制御パラメータの計算結果への効果を評価するため、計算精度と計算量の両方を考慮した計算効率評価パラメータを設定している。

2. 集団山登り法を用いた多次元多峰性関数の探索法^{1) 2) 3)}

本探索法は、図-1のように複数の変数それぞれについて数十個の乱数を発生させ、それらの平均値等の統計値をもとに、これを越える関数値を抽出する。この抽出された関数値に対する変数の上・下限値を次のステップの探索域のとし、次の探索に入る。以後、この作業を繰り返し、全ての種の中で最良な種と種の平均値との差を平均値で割った値が、ある所定の値より小さくなった場合、この計算を終了するものである。この探索法の手順を以下に示す。

①最初に、すなわち、世代 $t=1$ において設定した探索域 $D_{i1}(X_{i1s} \sim X_{i1e}; i=1, 2, \dots, n)$ で、一様乱数を p 個だけそれぞれの変数 $X_{i1k}(i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, p)$ に対して発生させる。ここに、 $i(=1, 2, \dots, n)$ は関数 $F(X_{i1k})$ を構成する変数 X_{i1k} の次元を、 $t(=1, 2, \dots, u)$ は世代(計算回数)を、そして $k(=1, 2, \dots, p)$ は探索域に発生させる乱数の個数を表す。

②発生された乱数 $X_{i1k}(i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, p)$ に対応する関数値 $F(X_{i1k})$ を計算する。

③各変数に対して発生された乱数 X_{i1k} に対応する関数値 $F(X_{i1k})$ の平均値あるいはそれに類する統計値(たとえば、平均値と標準偏差の組み合わせ等)を求め、図-2のようにこれより大きいあるいは小さい値 $F(X_{i1w})(w=1, 2, \dots, r)$ を抽出する。ただし、 r は選択された乱数の個数であり、常に $r \leq p$ が成り立つ。

④選択された関数値を与える乱数 X_{i1w} の下限値 X_{i2s} と上限値 X_{i2e} を図-2のように求め、これらを次のステップの探索域とする。

⑤以上の計算をステップ t まで繰り返すと、乱数 X_{itk} と関数値 $F(X_{itk})$ および X_{it_s} と X_{it_e} が得られる。

⑥ただし、上記の計算を単純に続けていくと、探索すべき関数の条件が良い場合一様に収束するが、そうでない場合、局所的な最小値に陥る可能性が高くなる欠点を有している。これは、本探索法が探索領域を世代が進むに連れて狭めていく計算法であることに起因す

る。そこで、この欠点を改善する目的で、ある反復回数に一回だけ、探索領域 D_{it} を初期の探索域 $D_{i1}(X_{i1s} \sim X_{i1e})$ に戻す操作を加える。この操作をリフレッシュと呼ぶことにする。ただし、これまでに狭められてきた探索領域の最終状態は保存されており、リフレッシュによってこれよりも良好な探索領域が見つかった場合にこれを入れ替える。

さらに、このリフレッシュの際、良好な関数値を見出す確率を高めるため、発生させる種の数を初期の種の発生数の $c(>1.0)$ 倍発生させる。この倍率を増殖倍率と呼ぶ。

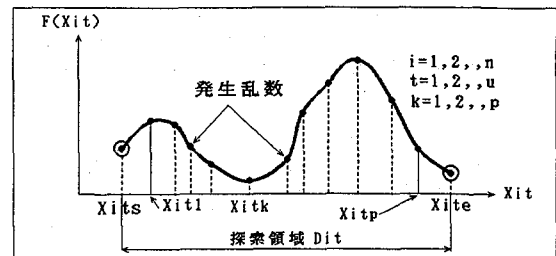


図-1 集団山登り法用いた探索法

⑦上記の探索法のみでも、大域的な最良値が探索域内部にあれば十分にこれを求めることができる。しかし、もしこれが探索域境界上あるいは境界部付近にある場合や局所的な最小値が2つ以上存在する場合、これをうまく求めることが困難である。そこで、各変数の探索域を設定する際、その上限値と下限値に対して図-3にあるように、ある量の補正を行うことにより局所的な解に陥ることを防ぐことができる。この補正量を式(1)に示す。

⑧しかし、この拡大された探索領域 $D_{i1'}$ と $D_{i1''}$ に配置された種は、実際には存在しないものであるため、これらを本来の探索領域に再配置する必要がある。この処理をここでは復元処理と称し、本来の探索領域に配置されていない種をある幅($\delta \cdot D_{it}; 0 \leq \delta < 1$)に再配置する。

⑨計算の停止条件は、関数値の平均値と最小値を計算し、それらの差を平均値で割った相対値がある許容値以下となった場合とする。

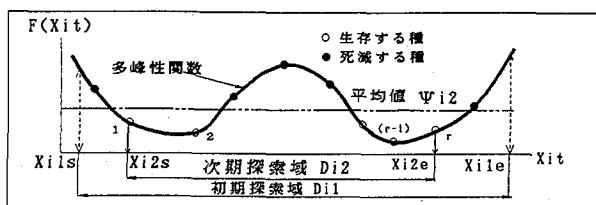


図-2 種の選択と次期探索域の設定

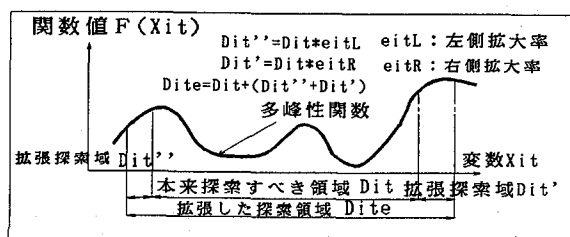


図-3 探索領域の拡張

$$\begin{aligned} D_{it}'' &= D_{it} \cdot e_{itL} \\ D_{it}' &= D_{it} \cdot e_{itR} \\ D_{ite} &= D_{it} + (D_{it}'' + D_{it}') \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、

D_{it} : 世代 t における変数 i の探索領域
 D_{it}'' : 世代 t における変数 i の左側拡大探索領域
 e_{itL} : 左側領域拡大率
 D_{it}' : 世代 t における変数 i の右側拡大探索領域
 e_{itR} : 右側領域拡大率
 D_{ite} : 世代 t における変数 i の全拡大探索領域

3. 合成応力最大時の荷重状態の決定に関する数値計算例⁸⁾

3.1 道路橋示方書・同解説⁹⁾の合成応力評価に関する規定の問題点

鋼道路橋示方書・同解説の合成応力照査に関する具体的な記述⁹⁾は以下のようになる。

8.2.4の規定で、「曲げモーメントおよび曲げに伴うせん断力のみが作用する断面で、垂直応力度および曲げに伴うせん断応力度がともに2.2.1に規定する許容応力度の45%を越える場合は、曲げモーメントおよび曲げに伴うせん断力が最大となる荷重状態について、式(8.2.4)を満足するようにしなければならない。」という合成応力の照査が義務付けられている。この式(8.2.4)とは次式である。

$$(\sigma_b / \sigma_a)^2 + (\tau_b / \tau_a)^2 \leq 1.2 \quad (2)$$

ただし、 σ_b は曲げモーメントによる垂直応力度(kgf/cm²)を、 σ_a は示方書の2.2.1に規定する許容引張応力度(kgf/cm²)を、 τ_b は曲げモーメントによるせん断応力度(kgf/cm²)を、 τ_a は示方書の2.2.1に規定する許容せん断応力度(kgf/cm²)を表す。

ところが、「 σ_b と τ_b の組み合わせは無数にあり、これらをすべて照査することはできないので、曲げモーメントおよび曲げに伴うせん断力がそれぞれ最大となる2つの荷重状態について照査すればよいこととした。」という但し書きが添えられている。

合成応力が最大となる荷重状態を求めるための具体的な方法は、荷重長を逐次変化させながら実強度荷重を様々な位置に載荷し、すべての載荷長と載荷位置の組み合わせの中から合成応力の最大値を見つけ出せばよい。しかし、この問題は組み合わせ爆発を起こすような問題、すなわちNP完全問題の一つであるナフバック問題となるため、特殊な手法(遺伝的アルゴリズムや本探索法のような手法)を用いることによりこの解決を図る必要がある。

なお、本論文では合成応力式(2)を断面力を基本にした式に変換して取り扱うこととし、これを式(3)に示す。

$$X = \{ (M_{bmax} / Z \sigma_a)^2 + (S_{bmax} / A \tau_a)^2 \}^{1/2} = \{ (M_{bmax})^2 + n^2 \cdot (S_{bmax})^2 \}^{1/2} / (Z \sigma_a) \quad (3)$$

ただし、

M_{bmax} : 発生最大曲げモーメント
 τ_a : 許容せん断応力
 S_{bmax} : 発生最大せん断力
 Z : 断面係数
 σ_a : 許容垂直応力
 A : 断面積
 X : 合成応力値
 n^2 : $(Z \sigma_a / A \tau_a)^2$
 X : 合成応力

ここで、このような表現法を用いたのは、桁の剛度を表す無次元パラメータである n^2 が、合成応力の評価のための主たる評価パラメータであり、これを用いることによって、計算内容の一般性を持たせることを目指しているためである。

また、革算結果の把握を容易にするために、断面性能と許容応力度に関するパラメータ($Z\sigma_s$)を1.0と設定する。

3.2 不静定梁を用いたハロマトリックス計算の はじめの探索条件の決定

図-4 示すような脚と桁が剛結され、都市高速道路によから見られるラーメン構造形式の橋梁の一部を切り出したものを革算する。このモデルを左端単純・右端固定支持の不静定梁にモデル化する。なお、中移動荷重として作用させる荷重は集荷重10tfとする。ませ着目位置は左端から $L/6$ の位置とする。

次に、合成応力が最大となる荷重状態を決定する。文献8)では、遺伝的アルゴリズムによりその荷重状態を表現するため、図-5にあるような遺伝子コーディングを行っている。これは、不静定梁の影響値計算モデルの節点31個に1個の遺伝子に対応させ、この遺伝子が0か1かによってその節点の荷重状態を決定する。本探索法においても、荷重・非荷重状態を表す各変数に関してこれと全く同様の定義を行う。しかし、この場合、各変数に対して複数の乱数を0から1の範囲で発生させることにしている。なお、この計算例で遺伝的アルゴリズムによる合成応力 X と M_{max} 時あるいは S_{max} 時の合成応力との差が最も大きくなる位置を特定するため、図-4の不静定梁のモデルで径間長 L が30m、 n^2 が1.1の問題についてその着目位置を変化させて計算しており、その結果を表-1と2に示す。

この結果、 M_{max} 時のせん断を用いた結果と遺伝選アルゴリズムを用いた結果の比(M_{max}/X)は、着目点が両支点近傍でほぼ1.0となり、支間中央近傍($x/L=0.7\sim 0.77$)で1.0より小さい結果となっせ。ませ、 S_{max} 時の曲げを用いた結果と遺伝的アルゴリズムを用いた結果の比(S_{max}/X)は、右側支点到近かなるに従って1.0に近づき、左側支点近傍から支間中央($x/L=0.13\sim 0.33$)にかけて1.0より小さい値となっている。以上から文献3)では、固定端より0.27Lの位置に着目して計算することとしている。

したがって、本探索法の計算に当たっても同一の計算例を採用する。表-2

には、SGAと本探索法を用いた場合の革算結果と計算回数および荷重状態を示す。また同時に、道路橋示方書で規定する方法で計算した結果も示している。この結果本探索法は、SGAと比較して少ない計算回数で十分な精度の解を与えることが確認された。

なお、この計算に用いられたSGAと本探索法の探索用パラメータを表-3に示す。

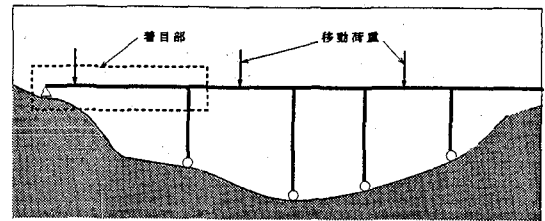


図-4 合成応力の検討解析のための着目部

ここに、 X は $\{(Mb_{max})^2 + n^2(Sb_{max})^2\}^{1/2} / Z\sigma_s$ (遺伝的アルゴリズムによる準最大値)を、 n^2 は $(Z\sigma_s / A\tau_s)^2$ を、 M_{max} 時は曲げモーメント最大時の曲げモーメントとせん断を用いた合成応力 X_{Mmax} を、 S_{max} 時はせん断力最大時の曲げモーメントとせん断力を用いせ合成応力 X_{Smax} を表している。

3.3 探索制御パラメータの計算結果への影響

3.2のところで求められた探索結果を基に、本探索法で用いられている探索制御パラメータ(発生個体数、リフレッシュ間隔、領域拡大率および増殖率)を変化させたときの計算結果への影響について以下に示す。

なお、復元率の効果については、文献2)の結果から、計算効率や精度にほとんど寄与しないことが判明していることから、ここではこのパラメータに関する革算を省略する。また、本探索法の探索精度と革算量(計算回数)に関連する計算効率について検討するため、新たに式(4)に示すような計算効率評価パラメータを定義しせ。

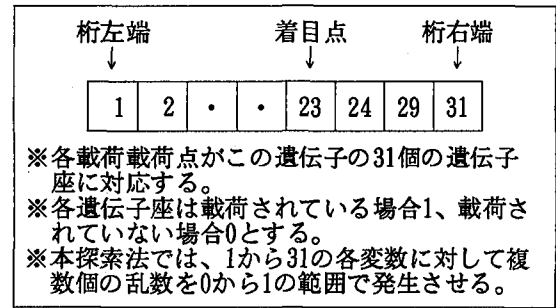


図-5 各荷重点の荷重状態を表す遺伝子コーディング

表-3 単純GAと本探索法で用いる探索用パラメータ

単純GA		本探索法	
発生個体数	40	発生個体数	10
交叉率	0.3	領域拡大率	1.5
増殖率	0.5	復元率	0.1
突然変位率	0.1	リフレッシュ間隔	1/5
		増殖倍率	2

表-1 着目点による合成応力の変化
(単純・固定支持)

$\frac{X}{L}$	$\frac{M_{max}}{X}$	$\frac{S_{max}}{X}$
0.13	1.00	0.88
0.26	1.00	0.71
0.50	1.00	0.53
0.63	1.00	0.61
0.70	0.97	0.69
0.73	0.94	0.94
0.77	0.93	1.00
0.83	1.00	1.00
0.90	1.00	1.00

$G=n^2/L^2$
径間長 $L=30$, M_{max} =
曲げ最大時の曲げ
とせん断力による
合成断面力, S_{max} =
せん断最大時の曲げ
とせん断による合
成断面力, X =最大
合成応力値探索解

表-2 荷重状態例(解析条件: 径間長30m、着目点は
左端より22m、 $n^2=1.5$) (単純・固定支持)

載 荷 状 態		計算回数
G A	荷重状態	011111111111111111111111111110
	合成応力	$X_{max}=137.4$ ($M=55.6, S=102.5$)
本 計 算	荷重状態	011111111111111111111111111110
	合成応力	$X_{max}=137.4$ ($M=55.6, S=102.5$)
曲 げ 最 大	荷重状態	000000000000000111111111111111
	断面力	$M_{max}=117.3$ ($M=117.3, S=45.1$)
	合成応力	$X_{Mmax}=(117.3^2+1.5*45.1^2)^{1/2}=129.7$
せん 断 最 大	荷重状態	11111111111111111111111000000000
	断面力	$S_{max}=105.0$ ($M=13.6, S=105.0$)
	合成応力	$X_{Smax}=(13.6^2+1.5*105.0^2)^{1/2}=129.3$
1:荷重状態 0:非荷重状態 合成応力 $X=(M^2+n^2*S^2)^{1/2}$		

$$E = \left[\sum_{i=1}^{N_f} \{ E_{exact} - (E_{max})_i \} \right. \\ \left. + \{ E_{exact} - (E_{max})_{N_f} \} \right] \cdot (N_c - N_f) \cdot M_o / 100 \quad (4)$$

ここに、
 E : 誤差(計算効率)評価パラメータ
 $(E_{max})_i$: 計算回数(世代) i において見
出された準最大値
 E_{exact} : 正解値として採用した準最大
値(SGAで求めた準最大値)
 $(E_{max})_{N_f}$: 探索が終了した時の準最大値
 N_c : 最初に設定した世代(計算回
数)の制限
 N_f : 探索が終了した時の計算回
(世代)
 M_o : 計算回数1回における発生個
体数(リフレッシュ時の個数は含ま
ない)

式(4)の第1項は、各世代における計
算値の最大値と準最適解との差の累計
を表している。従って、もし、準最大
値を探索できず、最大計算回数の制限
に到達し、かつ、準最大値との差が大
きい場合、この値は大きなものとなる。
一方、第2項は、2. のところで説明
したような本計算法の計算の停止条件
に関連したものである。このような項
を設けた理由は、たとえこの停止条件
で計算を終了したとしても、この時の
値が準最大値に対してある程度の誤差
を有しているはずであり、これを誤差
評価項の中に取り入れる必要があるた
めである。従って、計算量に関する条
件が同一で、さらに同一回数で計算を
終了したとしても、この項による誤差

評価により、正確にその優劣を判定することができる。また、この項は、もし準最大値を探索できずに最大計算回数に到達した場合には、この項の寄与は0となる。

以下、この評価パラメータに基づいて、本探索法で用いる各種パラメータの効果について考察する。

なお、この計算効率評価パラメータの値が小さいほど、計算精度が良く計算量が少ないことになる。

表-4と5は、発生個体数を5個と10個に変化させた時に、他のパラメータの影響がどのように生じるかを総合的に判断するためにまとめたものである。そして、表-6から9は、表-4と5から得られた知見をもとに、探索結果に影響の大きいパラメータについて、より詳細に計算した結果を示す。

表-4と5から以下のことが分かる。

- ① 発生個体数の影響は明かである。5個の場合は、他の計算パラメータがどのような値を取ろうとも、正解値に到達できなかった。しかし、10個の場合は、ある一部の結果を除いて、ほとんどのパラメータで正解値に到達した。
- ② 増殖倍率を2倍と4倍に変化させた場合の誤差評価パラメータに注目すると、個

体数5個の場合は有意な差異が確認できるが、10個の場合は確認できない。

③ リフレッシュ間隔も、誤差評価パラメータからは増殖倍率と同様の状況である。

④ ただ、領域拡大率に関しては、個体数が5と10個の両方について大きく影響することが分かった。特に、個体数が5個で増殖倍率が2倍の場合、リフレッシュ間隔に関係無く誤差評価パラメータの極小値が領域拡大率1.1の時に生じている。これに対し、個体数が5個で増殖倍率が4倍の場合と個体数が10個の場合、誤差評価パラメータは領域拡大率の値が増加するに連れて単調に減少している。

⑤ ここで設定した誤差評価パラメータは、本探索法の計算精度と計算量を同時に評価する計算効率の評価に有効であることが分かった。

次に、発生個体数と領域拡大率の結果への影響をまとめた表-6を見ると以下のことが分かる。ここでは、増殖倍率2.0、リフレッシュ間隔5回に1回、復元率0.1を用いた。

- ① 個体数10個の場合、領域拡大率が1.1の時を除き準最大値に到達している。
- ② 個体数5個の場合、領域拡大率が1.7より大きいと準最大値に到達している。

表-4 発生個体数5個

増殖率	リフレッシュ間隔	領域拡大率	計算結果	計算回数	総個体数	評価パラメータ
2	5	1.0	95.289	2	12	63.14
		1.1	133.836	34	204	7.91
		1.5	121.228	9	54	24.42
	10	1.0	95.289	2	11	126.27
		1.1	136.876	55	303	8.94
		1.5	128.923	17	94	24.47
4	5	1.0	95.289	2	16	63.14
		1.1	116.513	9	72	31.95
		1.5	125.087	8	64	18.77
	10	1.0	95.289	2	13	126.27
		1.1	133.081	33	215	17.35
		1.5	135.842	26	169	7.13
準最大値			137.380			

表-5 発生個体数10個

増殖率	リフレッシュ間隔	領域拡大率	計算結果	計算回数	総個体数	評価 ハ°ラメータ
2	5	1.0	136.526	138	1656	5.41
		1.1	137.083	113	1356	3.94
		1.5	137.380	44	528	1.03
	10	1.0	136.686	143	1573	11.58
		1.1	137.380	124	1364	8.43
		1.5	137.380	47	517	2.11
4	5	1.0	137.251	204	3264	10.01
		1.1	136.948	124	1984	4.07
		1.5	137.380	49	784	0.95
	10	1.0	136.686	148	1924	11.76
		1.1	137.380	108	1404	8.61
		1.5	137.380	43	559	1.99
準最大値			137.380			

表-6 発生個体数と領域拡大率の結果への影響

個体数	領域拡大率	計算結果	計算回数	総個体数	評価パラメータ
5	1.1	133.386	34	204	7.91
	1.2	135.988	37	222	3.77
	1.3	137.380	29	174	1.59
	1.4	121.228	9	54	24.48
	1.5	121.228	9	54	24.42
	1.6	133.179	13	78	6.91
	1.7	137.380	22	132	0.92
	1.8	137.380	19	114	0.79
	1.9	137.380	19	114	0.68
	2.0	137.380	18	108	0.51
10	1.1	137.083	113	135	7.88
	1.2	137.380	69	82	3.28
	1.3	137.380	98	117	5.40
	1.4	137.380	57	68	2.43
	1.5	137.380	44	52	2.06
	1.6	137.380	48	57	1.65
	1.7	137.380	33	39	1.25
	1.8	137.380	28	33	1.25
	1.9	137.380	28	33	0.89
	2.0	137.380	28	33	0.70
増殖倍率:2.0, リフレッシュ間隔:1/5, 復元率:0.1					

表-7 個体数と増殖倍率の結果への影響

個体数	増殖倍率	計算結果	計算回数	総個体数	評価パラメータ
5	1.0	132.425	7	35	7.70
	1.5	137.380	18	99	0.50
	2.0	137.380	18	108	0.51
	2.5	137.380	13	85	0.59
	3.0	137.380	18	126	0.62
	3.5	137.380	17	128	0.73
	4.0	136.637	14	112	1.62
10	1.0	137.231	300	3000	11.7
	1.5	137.380	28	308	0.75
	2.0	137.380	28	336	0.70
	2.5	137.380	32	416	0.72
	3.0	137.380	29	406	0.61
	3.5	137.380	28	420	0.63
	4.0	137.380	23	368	0.60
リフレッシュ間隔:1/5, 復元率:0.1, 領域拡大率:2.0					

表-8 個体数とリフレッシュ間隔の結果への影響
(個体数5個の場合)

個体数	リフレッシュ間隔	計算結果	計算回数	総個体数	評価パラメータ
5	2	131.933	23	173	8.60
	4	132.425	6	38	7.66
	6	137.380	18	105	7.70
	8	132.425	8	45	7.70
	10	132.425	7	39	7.70
	12	132.425	7	38	7.70
増殖倍率:2.0, 復元率:0.1 領域拡大率:2.0					

表-9 個体数とリフレッシュ間隔の結果への影響
(個体数10個の場合)

個体数	リフレッシュ間隔	計算結果	計算回数	総個体数	評価パラメータ
10	2	137.231	300	4500	1.33
	4	137.380	30	375	0.68
	6	137.380	29	338	0.67
	8	137.380	21	236	0.70
	10	137.380	33	363	0.75
	12	137.380	33	358	0.75
増殖倍率:2.0, 復元率:0.1 領域拡大率:2.0					

③ 発生個体数10個の場合、領域拡大率が増加するに連れて誤差評価パラメータが単調に減少している。しかし、個体数が5個の場合、極大・極小値を1個ずつ持つ形となっている。

次に、発生個体数と増殖倍率の結果への影響をまとめた表-7を見ると以下のことが分かる。ここでは、領域拡大率2.0、復元率0.1、リフレッシュ間隔5回に1回を採用した。

- ① 誤差パラメータを見ると、発生個体数の数に関係なく増殖倍率が1.0から1.5の間で大きな段差を示している。
- ② 個体数5個の場合、増殖倍率が大きくなるに連れて（1.5から2.0の範囲）誤差パラメータは一つの極小値を持った形で変化する。しかし、その変動は小さい。
- ③ 個体数10個の場合、増殖倍率が大きくなるに連れて（1.5から2.0の範囲）誤差パラメータは単調に減少する。しかし、その変動は小さい。

次に、発生個体数とリフレッシュ間隔の結果への影響をまとめた表-8と9を見ると以下のことが分かる。ここでは、増殖倍率2.0、復元率0.1、領域拡大率2.0を採用した。

①誤差評価パラメータを見ると、個体数5個と10個の場合ともに、リフレッシュ間隔が2と4で段差が生じている。

②誤差評価パラメータを見ると、リフレッシュ間隔が4より大きい範囲でほとんど変化していない。

4. 結 言

これまで、多数の最適値探索法が提案されてきているが、そのほとんどが解析対象を表現する関数の微係数を用いるものである。しかし、これらの方法では、変域の境界に最適値を持つ関数、多数の極値を持つ多変数高次関数および探索すべき関数形状が不明な場合に、その大域的最適値を求めることが原理的に困難であるという限界が存在する。さらに、領域移動探索法や遺伝的アルゴリズムにおける評価値の計算量が膨大となる点は、最近の急速な計算速度の向上や並列計算処理の採用等によって、徐々に解消されてきている。

以上の点から、領域移動探索法や遺伝的アルゴリズムに類する探索法の用途が、今後急激に増えてくるものと考えられる。

本論文では、領域移動探索法の具体的な計算手順について最初に説明した。そして、文献8)にある合成応力の準最大値の算出問題を取り上げ、領域移動探索法と遺伝的アルゴリズムの探索結果を比較した。その結果、良好な探索解の一致を確認することができた。

次に、この問題を用いて、本探索法の中で使用している各種探索制御パラメータの結果に対する影響を調べたところ、以下に示すような結果となった。

①発生個体数の影響は明かであり、個体数がある個数以上にならないと正解値に到達することが困難である。

②個体数が少ない場合、増殖倍率の効果はある程度現れるものの、あまり大きいとは言えない。

③リフレッシュ間隔についても、増殖倍率の

効果はある程度現れるものの、あまり大きいとは言えない。

④領域拡大率に関しては個体数に関係なく大きく影響する。

⑤増殖倍率が1.0、リフレッシュ間隔が2および領域拡大率1.0近傍では、個体数に関係なく正解値に到達しない特異点になることが想定される。

⑥ここで設定した計算効率評価パラメータは、本探索法の精度と計算量を同時に考慮する計算効率の評価に有効である。

なお、本論文で扱った問題は、一般にはナップサック問題の属するものであり、このタイプの問題の応用例は多数存在する。従って、ここで得られた領域移動探索法の探索パラメータに関する知見が、ナップサック問題に属する多数の問題の解決に貢献できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 古田秀博、新井隆：集団山登り法を用いた多次元多峰性関数の大域最適値の探索，第18回構造工学のための数値解析シンポジウム論文集，Vol. 18，pp. 429-434，1994. 7
- 2) 古田秀博：領域変化探索法のナップサック問題への適用，第19回構造工学のための数値解析シンポジウム論文集，Vol. 19，pp. 273-278，1995. 7
- 3) 古田秀博：大域的最適値探索法の探索過程に関する一考察，横河フリスジ技報，No. 24，pp. 43-52，1996. 1
- 4) 須藤敦史、星谷勝、宮沢和樹：遺伝的要素を考慮したインホータンス・サンプリングによる離散型変数を有するシステムの最適化，土木学会論文報告集，No. 519，pp. 223-231，1995. 7
- 5) 津田孝夫：モンテカルロ法とシミュレーション—電子計算機の確率論的応用—，培風館，pp. 144-161，1993
- 6) 甘利俊一：神経回路網モデルとコネクショニズム，東大出版会，pp. 99-112，1989
- 7) 北野宏明：遺伝的アルゴリズム，産業図書，pp. 61-88，1993
- 8) 古田秀博、草間晴幸、江場田直：遺伝的アルゴリズムを用いた合成応力に関する検証と簡易計算法の提案，第20回土木情報システム論文集，pp. 83-90，1995. 10
- 9) 日本道路協会：鋼道路橋設計示方書・同解説

(1994年9月18日受付)