

scsGAを用いた代替設計探索のコンセプトについて

九州共立大学工学部 正会員 三原 徹 治
 第一復建(株) 正会員 千々岩浩巳
 第一復建(株) 正会員 兼松建男

1. 緒 言

著者らはこれまで種々の最適構造設計法の開発に関する研究を行ってきた^{1~3)}。ここに最適構造設計とは、構造物の設計において意思決定すべき複数の設計諸元を設計変数とし、非常に多くの(時には無限の)安全性を満足する設計変数の組合せの中から、経済性を示す評価指標の最大化(もしくは最小化)を目的関数とするような最適化問題を定式化し、適切な手法によってその最適化問題の解、すなわち最適解を求め、それを最も適切な設計とする手続き全般を意味することが一般的である。そこで問題とされるのは、構造設計が必ずしも最適化問題として適切に定式化できるのか、特にその最適性を判断する目的関数をどのように設定するのかということである。そのような意味では最適化問題の定式化において構造設計の複雑なプロセスを解けるように単純化しているとも言える。

一方、実務レベルでの構造設計においては、説明責任を果たす意味でも、ただひとつの設計案を提示することは許されず、それぞれに特徴を有する複数の設計案、すなわち代替案を提示する必要がある。このとき、複数の設計案を比較する評価関数は厳密なものである必要はなく、先述の定式化における問題点は自然に解消されてしまう。ただし、代替案を提示する一般的手法は確立されていない。

そこで本研究では、交配個体選択GA (scsGA)¹⁾を用いて代替設計案を探索する手法のコンセプトについて言及する。

2. 遺伝的アルゴリズム(GA)と免疫アルゴリズム(IA)のターゲットについて

設計変数が離散変数である組合せ最適化問題に威力を発揮する遺伝的アルゴリズム(GA)は、従来の最適化手法と同様に最適化問題の最適解を得ることをターゲットとしている。著者らが開発したscsGAも高い最適解探索能力を有するが例外ではない。図-1(a)にそのターゲットを●で模式的に示す。横軸は何かの方法で得られた設計タイプの指標(1設計変数問題ではその設計変数値)であり、縦軸は設計案を評価する評価関数値である。ここに評価関数は大きいものほど「良い」と評価されるものとしている。また設計タイプの指標に対して連続的に設計案が存在する形式で示しているが、これが離散的であっても以後の議論に支障はない。なお、図中のI~Vは設計タイプの区分を示す。図-1(a)に示すようにGAのターゲットは最も高い評価関数値を有する設計点(設計タイプ区分=Vの●で、グローバルな最適解)である。もちろん周知のようにこれはあくまでもターゲットであって、GAによって必ずこの設計点が得られるわけではない。その代わりGAの最適化計算過程における情報として、図-1(a)のよう

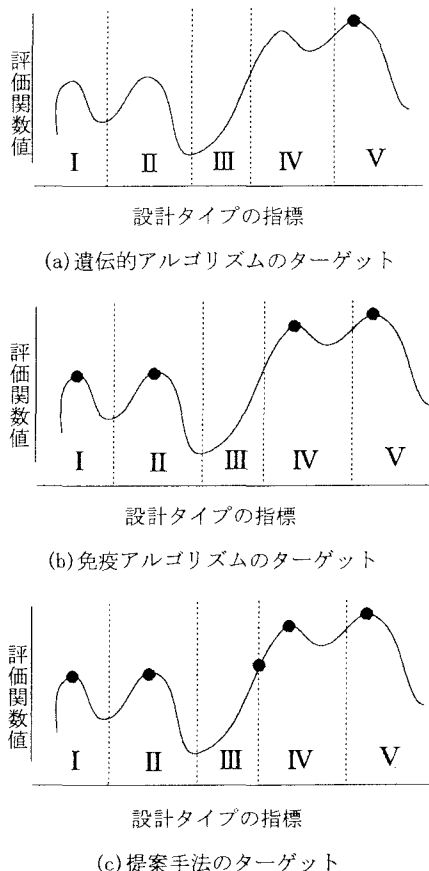


図-1 各手法のターゲットの比較(模式図)

な場合では主に設計区分タイプ＝Ⅳ，Ⅴを中心とした種々の可能設計点が得られる．これらから代替案を模索することができ，従来の数理計画法を基礎とする手法に比較するとかなり有用と評価できるが，結果的に代替案提示が可能であるだけであり，それを意図したものではないことは明白である．

G Aと異なり代替案提示を意識した手法として免疫アルゴリズム（I A）がある．抗原，抗体などの比較的複雑な概念をアルゴリズム化したI Aのターゲットは図-1(b)に示すようにローカルな最適解すべてであり，模式図ではG Aのターゲットを含み4つの設計点（設計区分タイプ＝Ⅰ，Ⅱ，ⅣおよびⅤの●）である．これらを典型的な設計案とする手法であるが，ローカルな最適解がないため設計区分タイプ＝Ⅲに属する設計案を探索できないという欠点が指摘される．

3. scsG Aを活用する手法のコンセプト

著者らが開発したscsG Aは最適解探索能力の向上のため，通常のG Aでは1つしかない交配ルーレットを2つ準備し，少数の比較的良好な個体群（＝交配個体群）用とそれ以外の個体群（＝被交配個体群）用とすることにより進化世代が進んでも集団多様性が保持され，結果的に従来のG Aに比較して効果的に最適解を探索することを可能とした手法である．比較的良好な個体が選抜される交配個体には，同じ線列（＝同じ設計点）の重複を許さないというルールも最良解の改良速度を上げることに寄与している．このscsG Aを活用して代替設計探索アルゴリズムを以下のように構築した．

①設計案Bが設計案Aの代替案となり得るための必要条件の設定：

- 1)比較的高い評価関数値を有すること：設計案の良否の指標である評価関数値が設計案Bと設計案Aとで極端に異なることが必要である．この点に関しては，scsG Aにおける交配個体の選抜方法がそのまま援用できる．
- 2)互いに類似していないこと：設計案Bは設計案Aと明らかに異なる傾向を有する設計である必要がある．その判断には設計案AとBの類似の度合いが判定できなければならない．類似度の判定には，離散値データとして与えられる各設計変数値のランクを用いる方法や線列同士の類似度を表すハミング距離の利用などが考えられるが，以下ではハミング距離によって類似度を判定する方法について述べる．

②代替案の必要数 N_d と類似度の限界値 L_h の設定：

本手法では交配個体群で代表的な設計案を更新していく仕組みとすることから交配個体の数 N_s の設定のためにも必要な代替案の数 N_d が重要なファクターとなる．この交配個体群には，交配個体に選ばれた個体と類似の個体は選抜されないようにしなければならない．このため類似度の限界値 L_h をパラメトリックに設定することにする．ここでは L_h にハミング距離を使用して，2つの個体の線列のハミング距離が L_h 値以下であるとき，それらは類似と判断する．なお， $L_h = 0$ とくと従来のscsG Aと同じ意味となる．

③G Aパラメータの設定：

代替案の必要数 N_d に対して交配個体数 N_s は2倍程度必要と思われる．また人口数 N_P は N_s の5～10倍程度必要である．これらの条件を満足するように代替案の必要数 N_d をベースとしてG Aパラメータ値を設定する．なお突然変異発生確率およびランダムシーズの初期値は一定値とする．

④scsG Aを援用した代替案探索計算：

以上のことを実現するために必要なscsG Aプログラムの修正は，交配個体を選択するルーチンを手直しするだけですみ，極めてわずかな修正であることが予想される．

⑤結果の評価：

得られた結果に対して，代替案として適切と判断される複数の設計案を提示する．

参考文献 1)千々岩，三原，太田：離散的最適構造設計への交配個体選択G Aの適用に関する一考察，構造工学論文集，1996. 3. 2)千々岩，三原，太田：G Aによる鋼管杭基礎構造の最適配置決定法に関する研究，土木学会論文集，1996. 10. 3)荒尾，三原，楠田：マンホール損失を考慮した雨水管路網設計の最適化に関する一研究，土木学会論文集，1999. 2.