（Ⅰ－６）　GAによる離散的最適構造設計の信頼性の向上に関する一考察

東洋大学　工学部　土木工学科　学生員　○有光　郷司
東洋大学　工学部　環境建設学科　教授　正員　新延　泰生
高知工業高等専門学校　土木工学科　講師　正員　山崎　利文

１．はじめに

構造最適設計法は、現在さまざまな分野において活発に利用され、成果を上げている。その中にあって、近年離散的構造設計の最適化問題に遺伝的アルゴリズム（GA:Genetic Algorithm）を利用する試みが活発に行われている。

本報告では、この注目される GA を離散変数を持つトラス構造の最適化に利用し、その信頼性の向上に関する研究報告を行う。

２．離散変数から構成される最適化問題

本論文では、離散変数最適化問題を次のように定式化する。

・目的関数
$O(\{I\}) \rightarrow$ Minimum ・・・・・・(1)
・制約条件
$g_i(\{I\}) \leqq 0$　(j=1〜m)　・・・・(2)
・設計変数
$\{I\}=\{I_1, I_2, I_3, \cdots I_n\}$　・・・・(3)

ここでOは、設計の工学的価値を定量化する関数である。g_i(j=1〜m)は、設計が満足すべき制約条件であり、トラス構造の最適化においては、部材の許容応力、変位などがこれにあたる。{I}は設計変数であり、nはその個数を示す。本研究においてはこの設計変数が離散量を持つ部材断面であり、それらの断面を最適化し、トラス重量を最小化するためにGAを利用する。

３．GAの最適化問題への適用

GA は、生物が進化してきたような遺伝的な法則を工学的にモデル化し、シミュレーションによって、最適化に利用しようとするものである。このような考え方に基づくアルゴリズムは、すべて GA と考えられ、多くの手法が存在する。この中で、本研究に用いたのは、もっとも初期の段階から存在する基本的な手法、単純遺伝的アルゴリズム(Simple Genetic Algorithm)を用いている。Fig.1 に今回のシミュレーションに使用したトラスおよび、荷重条件をを示す。

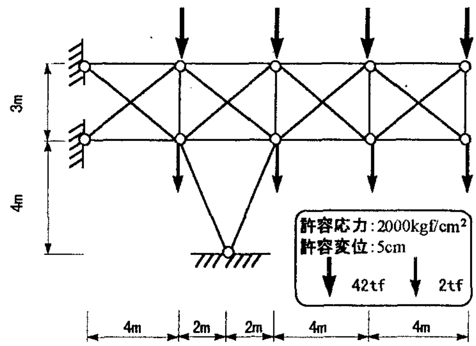

Fig.1 22部材トラス

GAにおいて最適化問題を取り扱うための手順は、次に示すようになる。

(1)モデル化

GAを適応したい問題を数理的にモデル化する。既存の研究によるとパラメータをバイナリ表示したものが多く見受けられるが、本研究においては自然数によってモデル化した。たとえば、７つの設計変数を持つ設計問題において

{I}={2, 3, 5, 4, 6, 10, 1}　・・・・・(4)

という組み合わせは、GAにおいても

2・3・5・4・6・10・1　・・・・・(5)

と表記される。

(2)集団の発生

(1)によってモデル化された条件によって任意に集団を発生する。集団の大きさによって、収束状況に変化が生じるので、適用する問題によって集団の大きさを考慮する必要がある。

(3)各個体の評価

適応関数とよばれる関数によって、各個体の評価を決定する。この適応関数の評価が高いほど、目的関数をより高い水準で満足し得る。本研究においては、Goldberg[1)]の提案する線形スケーリングアルゴリズムを採用している。

(4)淘汰

(3)で計算された評価値の結果に基づき、集団中で適応能力の劣る個体を淘汰する。現在のところ淘汰基準に関する一般的な指針はなく、経験的に導かれる。

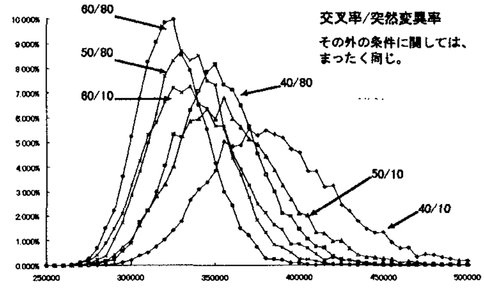

Fig. 2 交叉率・突然変異率を変化させた場合の収束状況（1点交叉法）

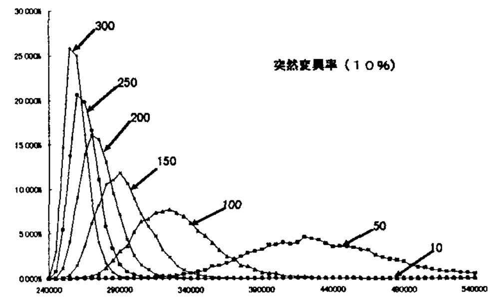

Fig. 3 一様交叉法の収束状況

(5) 再生

(4) によって淘汰されただけでは、集団数が一定に保たれないので、残された個体を元の集団数まで増殖させる。

(6) 交叉

個体同士を交叉させる。交叉の方法については、1点交叉や、多点交叉、一様交叉などいくつかの方法がある。本研究においては1点交叉法を採用し、シミュレーションを繰り返す中で、一様交叉法も導入した。

(7) 突然変異

設定された突然変異の確率によって、新しい特徴を持つ個体を発生させる。初期の集団の影響を押さえ、大域的な解の検索を行うために導入する。

基本的にはGAは以上７つの手順で行える。実際には(3)～(7)を繰り返し、より優秀な集団を形成する。

4．シミュレーションの結果

3. に示す方法によってシミュレーションした結果についてFig. 2に示す。グラフの横軸は収束した最適解を示し、縦軸はシミュレーション回数に占める、横軸の値への収束割合をパーセントで表している。これによると、交叉率を高めるとより最適解に近いところに、ばらつきも小さく収束していることがわかる。また、突然変異率をあげることによっても同様の効果があることがいえる。このことから、遺伝子の組み替え作業の多いパターンが好ましい解を導く可能性が高いと仮定し、同じ交叉率でも個体間の遺伝子の組み替え動作が多い、一様交叉法を使用しシミュレーションを行った。その結果についてはFig. 3に示す。グラフの軸に関してはFig. 2と同様であるが、その収束値には大きな改善が見られていることが容易に観察できる。

これまでのシミュレーション結果によると、交叉率や突然変異率をあげると、計算時間が大幅に伸びるが、一様交叉法は、同様の条件における1点交叉法とほぼ変わりない時間で計算することができる。

5．結論

これまでGAの応用では、アルゴリズムの改善や新たなオペレータの導入に着目した多くの研究が発表され、多くの成果を残し、GAに対する評価を確実に高めてきた。離散変数、および非連続関数から構成される問題の最適化は、実際の工学設計には欠かせないものであり、安定した解を求められるアルゴリズムの誕生の要請は強く、GAに対する期待も大きい。

本研究では、確率的近似手法というGAの持つ大きな特徴を考えつつ、多くのシミュレーションによってより安定的な解を導く手法について新たな方向性の1つを提案した。モデル化の手法を工夫すればいかなる構造物の最適化にも応用できるであろう。本論文により得られた事項を箇条書きにすると以下のようになる。

(1) 交叉率の変化によって収束状況が大きく変化する。1点交叉法を用いた場合のシミュレーションによって、交叉率を高めた方が、解の安定性を高めることが見いだされ、一様交叉を用いることによってさらに安定性を高めることに成功した。

(2) これまで、局所解への収束をさける意味で補助的にしか利用されていなかった突然変異が、解全体の収束に対し大きな影響を持っていることがわかった。

(3) かなり安定した解を導くことのできるGAは、離散的構造最適設計のための効果的な手法であるといえる。

参考文献

1)D.E.Goldberg:Genetic Algorithms in Serch,Optimization,and, Machine Learning,Addison Wesley(1989)

2) 杉本博之，近似の概念を利用したトラス構造物の離散的最適設計法に関する研究，土木学会論文集No. 432 I-16, 1991. 7

3) 杉本博之ほか，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

4) 坂和正敏ほか，遺伝的アルゴリズム，朝倉書店