

埼玉県土木部 正会員 有光 郷司
 東洋大学工学部教授 正会員 新延 泰生
 東洋大学工学部 学生員 山岡 真理子
 高知工業高等専門学校講師 正会員 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。その中で、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。これまでの研究によって、その有効性は証明されていると考えられるが、パラメータの設定など、経験的な要素に支配される面もあり、その計算効率は、それらの設定によって大きく異なる。

本報告では、トラス構造の最適化にGAを利用し、パラメータの設定、特に交叉率と突然変異率に着目し、これらの設定が計算効率に与える影響について考察している。

2. 離散変数から構成される最適化問題

本報告では、離散変数最適化問題を次のように定式化する。

・目的関数

$$O(\{I\}) \rightarrow \text{Minimum}$$

・制約条件

$$g_j(\{I\}) \geq 0 \quad (j=1 \sim m)$$

・設計変数

$$\{I\} = \{I_1, I_2, I_3, \dots, I_n\}$$

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_j ($j=1 \sim m$)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、許容変異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。本報告においては、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. 最適化問題へのGA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。そのため、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、実際いくつかの手法が存在する。本報告で用いているのは、

(1)モデル化 → (2)集団の発生 →

(3)各個体の評価 → (4)淘汰 →

(5)再生 → (6)交叉 → (7)突然変異

というオペレーションを行い、(3)～(7)の繰り返しによって、最適解を探索する単純なアルゴリズムを用いている。

4. 数値計算

これまでの理論をトラス構造の最適化に利用した結果について示す。最適化の対象としたのは、Fig. 1の22部材トラス構造である。また最適化に使用した断面は、Table. 1に示した。

まず、GAのパラメータの設定が計算時間にどのように影響しているかに着目し、シミュレーションを行った。この際モデルには制約条件を設定せず、純粋にアルゴリズム

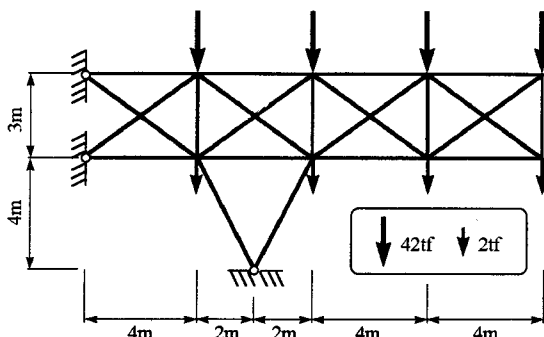


Fig.1 22部材トラス

ランク	断面積 (cm ²)	ランク	断面積 (cm ²)	ランク	断面積 (cm ²)
1	22.72	11	138.80	21	259.40
2	29.94	12	148.80	22	278.70
3	38.36	13	163.90	23	301.20
4	54.08	14	167.10	24	319.20
5	67.55	15	179.10	25	343.80
6	70.21	16	195.40	26	349.40
7	80.42	17	209.40	27	400.50
8	90.64	18	217.90	28	451.60
9	100.90	19	221.70	29	502.70
10	133.60	20	238.20		

Table.1 使用断面積

が必要とする時間を集計した。この結果をグラフ化したものが、Fig. 2である。グラフの縦軸は、交叉率を10%、突然変異率を2%に設定したものを1.0として比較した数値である。この結果から、交叉率を高く設定すれば、計算時間が大幅に増加するといえる。また、同じ交叉率であれば、突然変異率の変化には、計算時間に対してはそれほど影響を与えていないこともわかる。

Fig. 3は収束値について着目しグラフ化したものである。グラフの軸は縦軸に、シミュレーションによって収束した断面ランクの平均、横軸は交叉率となっている。この場合においても、先ほどのFig. 2のシミュレーションと同じく制約条件を設定せずに行った。よって、最適解はすべての断面が最小のランク1を使用した構造が最適解となる。グラフからもわかるように交叉率が高くなるにつれ、平均使用断面積のランクが1に収束しつつある。また、交叉率が低い段階においては、突然変異率を高く設定することも解の改善に対して有効であることがいえる。この結果から、交叉率を低く設定した場合には、初期集団の構成に強い影響を受け、GAのもつ進化の過程をシミュレーションしていくというオペレーションが十

キーワード: 最適構造設計、遺伝的アルゴリズム

連絡先 (埼玉県東松山市六軒町5番地・Tel:0493-22-2333・Fax:0493-21-1214)

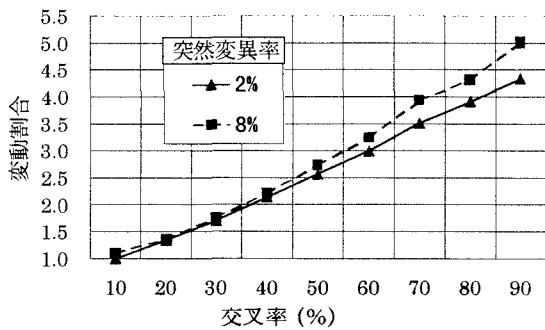


Fig. 2 交叉率と突然変異率の変化による計算時間の変動(制約条件なし)

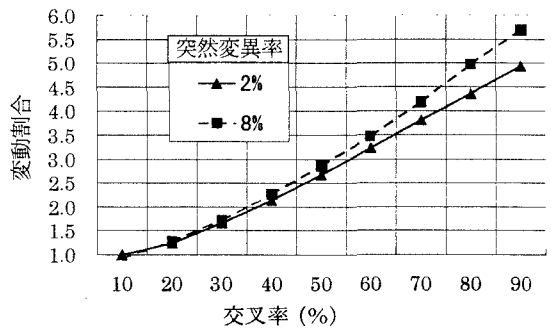


Fig. 4 交叉率と突然変異率の変化による計算時間の変動(制約条件あり)

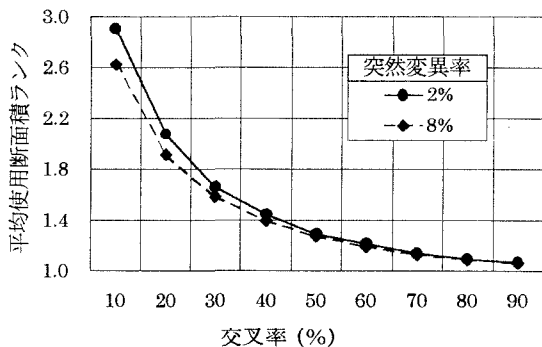


Fig. 3 交叉率と突然変異率の変化による収束断面の変動(制約条件なし)

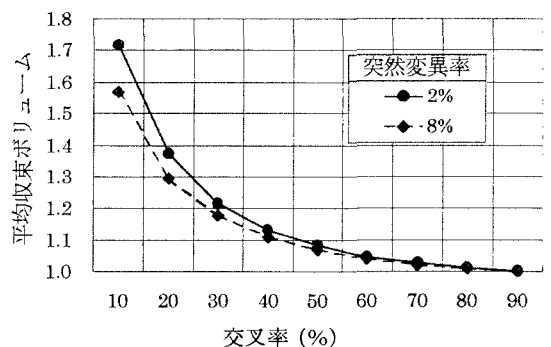


Fig. 5 交叉率と突然変異率の変化による収束断面の変動(制約条件あり)

分生かされていないことがいえる。しかしながら、突然変異率を高めに設定することによって、若干ではあるが解が改善している。これは突然変異によって、初期集団に影響を受けない探索領域が加えられたためであると考えられる。つまり、突然変異が頻繁に行われることによって、ランダム検索的な要素が加えられたものといえるであろう。

Fig. 4、およびFig. 5は先ほどと同じモデルを利用し、制約条件(応力制約:3000kg/cm²、変位制約:5cm)を設定してシミュレーションした結果をグラフ化したものである。計算時間の変動については、交叉率を10%、突然変異率を2%に設定した場合を1.0とし、収束ボリュームについては、交叉率を90%、突然変異率を8%に設定した場合を1.0として比較している。この結果をみると、数値はやや異なるものの、グラフの概形としては、先ほどの制約条件を設定していない場合のグラフと、ほぼ同様となった。この結果によれば、このモデルの場合、制約条件を設定しても、またはしなくともパラメータの設定については影響を受けないといえるものである。制約条件を設定していない場合、計算時間が非常に短縮されるので、制約条件を設定せずにシミュレーションを行い、得られた条件をもとに制約条件を設定して、シミュレーションを行えば、ある程度効率的なシミュレーションが可能になると考えられる。

5. 結論

本報告では、これまで経験的に設定されてきた各種のパラメータに対しての検討を加え、GAの持つ経験的な要素を排除することによって、より安定した解を効率的に探索する手法として、GAを効果的に利用するための考察を行った。それによって、交叉率、突然変異率の設定方法に関し

ては、一定の成果が得られたのではないかとと思われる。交叉率は、解の収束に対しても、また計算時間に対しても大きな影響がある。しかしながら、突然変異率は、交叉率の低い段階においては有効に作用するが、交叉率が高くなると解の改善に対しては、大きな影響はないことがいえる。これは、GAにおいては、突然変異は補助的なオペレーションとされており、探索範囲の多方向性を確保するための手段とされているから、当然の結果ともいえるかもしれないが、本報告においても、計算時間、解の収束とともに実際のシミュレーションからもそのような結果が得られた。このモデルの場合、解の改善状況と計算時間の増加を考慮すると、交叉率を50%から60%に設定すれば、突然変異率の大小に関わらず、工学的に満足できる解が得られるものと考えられる。

今後は、適用するモデル数を増やし、どのようなモデルにおいても同様の結果が得られるのかを検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 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, 1-16, 1991. 7
- 2) 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
- 3) 有光郷司ほか, 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, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 1996. 1