I -216

材料・断面同時選択問題へのＧＡの応用に関する基礎的研究

室蘭工業大学　学生員　鹿　汴麗　北海学園大学　正　員　杉本博之

１．まえがき　各種の構造に用いられる材料の物性値が連続的に変化する事はまれであり、一般的には離散的な量として与えられる。従って、構造の材料選択問題は組合せ最適化問題となり、ＧＡは一つの解法として用い得る。筆者らは、複合弾性体を対象として、その材料選択問題にＧＡを応用する事を試みた[1)]。

一方、材料と同時に断面を選択する問題は、異なる性質のかつお互いに相関する変数を同時に扱うことになり、ＧＡにとっては必ずしも解き易い問題とはならない。本研究では、従来の自動リンク等のオペレータの他に交叉法も検討し、材料・断面同時選択問題へのＧＡの応用の可能性について検討を加えた。

本研究においては、目的関数は連続体の概念を延長して用いているが、構造解析は、便宜上トラスの解析で置き換えている。

２．材料・断面同時選択問題の定式化　本研究においては、上記のように構造解析はトラスで解析し、設計変数は各トラス部材の材料と断面積（離散量）としている。目的関数は、連続体の概念を延長して構成している。つまり、製造コストは、使用材料コストと部材の加工コスト、及び部材間の接着コストから構成されると考える。ここで、部材というのは、仮想した有限要素モデルにおいて、隣り合う要素の材料かつ断面が同じであり、同一性能を有するブロックのことである。実際の加工・施工等の面から考えると、構造に用いられるこのような部材の数が少ないこともコストタウンの要因になる。接着コストを部材の加工コストに含めて考えた場合、本研究の材料・断面同時選択問題は以下のように定式化される。

目的関数：　$O=\sum_{i=1}^{NE}\alpha_i\cdot A_i\cdot d+\beta\cdot N$　(1)

制約条件：　$g_j\ (\{Z,\ A\})\leqq 0\ (j=1,m)$　(2)

設計変数：　$\{Z,\ A\}=\{Z_1\ A_1\cdots\ Z_n\ A_n\}$　(3)

ここで、Z_i は設計変数ｉの材料、α_i は Z_i に対応する材料コスト（単位／cm^3）、A_i は設計変数ｉの断面積（cm^2)、ｄは構造の厚さ(cm)、NEは要素の数、ｎはリンク後に異なる設計変数を有する要素の数、従って、２ｎは設計変数の数、ｍは制約条件の数、Ｎは部材の数である。βは部材の加工費（単位／部材）で部材の大きさに関係なく一定値とする。βを０にすると、問題は材料コストのみを最小化することになる。

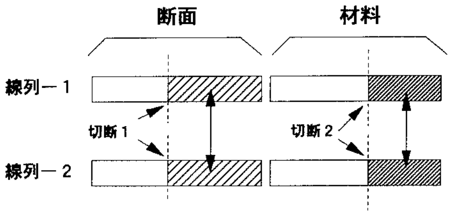
本研究で使用される材料と断面はそれぞれ８種類とし、それらの種類と図化のための模様を表－１に示した。

表－１　使用材料と断面積

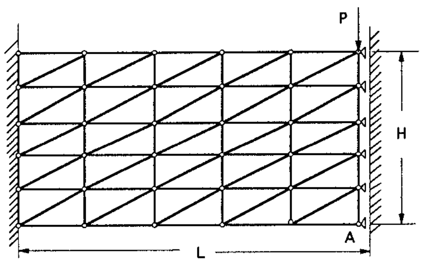
ランク	材料		模様	断面積 cm^2
	弾性係数 kgf/cm^2	コスト unit/cm^3		
1	0.4×10^6	2.75×10^{-3}		67.55
2	0.5×10^6	3.00×10^{-3}		100.90
3	0.7×10^6	3.45×10^{-3}		163.90
4	1.1×10^6	5.20×10^{-3}		209.40
5	1.4×10^6	6.00×10^{-3}		259.40
6	1.7×10^6	4.50×10^{-3}		343.80
7	2.1×10^6	7.10×10^{-3}		451.60
8	3.0×10^6	10.0×10^{-3}		502.70

３．ＧＡと自動リンク　多数の設計変数、膨大な設計空間を有する問題において、単純ＧＡが安定的に良好な解を与える事は困難である。また、本研究の目的関数の最小化は、各要素の材料コストを考慮すると共に、構造に用いられる部材の数も製造コストタウンの一つの大きな要因になるため、揃ってきた材料と断面を交叉によって分断してしまうのが望ましくないことである。そこで、進化によって集団の中に明らかに生成してきた良い形質を保護し、再び交叉によって分断されないように、『自動リンク』の導入を試みた[1)]。

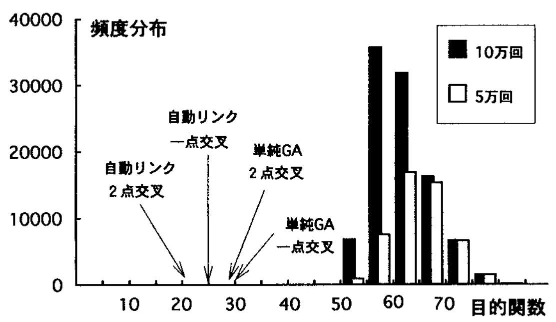
一方、交叉はＧＡの中で最も重要なオペレータである。本研究では、要素の断面もその材料と共に設計変数にしたため、線列の前半は要素の断面に、後半は要素の材料に対応させるようにコーディングした（図－１）。従来、組合せ最適化問題においては、１点交叉が主に用いられるが、このような問題に対して、一点交叉は線列に十分な交叉チャンスを与えないで早期収束に陥りやすいと考えられる。そこで、線列の前半と後半にそれぞれランダムに１箇所ずつ切断し、要素の断面と材料を同時に交叉させながら、それらの良い組



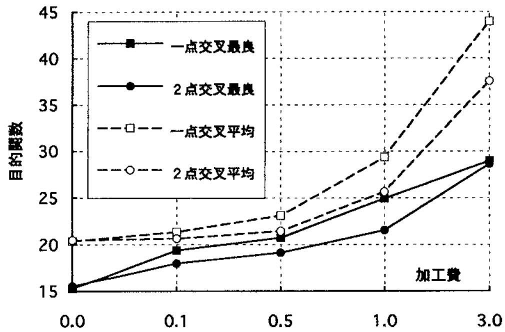
図－１　２点交叉の概念図



図－２　２５要素の構造モデル



図－３　ＧＡとモンテカロル法の比較



図－４　交叉法の比較

み合わせを作り出すという２点交叉を用いることにした。２点交叉の概念を図－１に示した。

４．数値計算例とモンテカロル法との比較　図－２に示すのは、左右対称構造の左側半分を示した２５要素（５×５、長方形要素）、５０変数問題である。荷重Ｐは７５００kgf 、Ｌは１ｍ、Ｈは０．５ｍに設定した。制約条件はＡ点の垂直変位を条件としており、０．５ｍｍ以内である。交叉の確率は６０％、突然変異の確率は５％、最大繰り返し世代数は１５０とする。計算は、５つのランダムシーズを用いて行われ、それらの平均値をもって図に示している。

この問題では、設計変数の数は５０あるので、組み合わせの総数は8^{50}に上る。列挙法等の手段では無理で、計算結果はモンテカロル法の結果と比較した。式（１）に定義された目的関数の中の部材の加工費βを１．０にした場合の比較を図－３に示した。図は、縦軸に頻度を、横軸に目的関数値を取っている。モンテカロル法は、５万回の操作後、最良の結果を与えた設計の各変数値の上下２ランクに範囲を絞って、更に５万回の計算を行い結果を比較した。図から、ＧＡはモンテカロル法の結果よりかなり良い結果が得られ、更に自動リンクの導入によって、結果が大幅に改善されたことが分かる。図には、この場合の一点交叉と２点交叉の結果も示しているが、単純ＧＡも自動リンクの場合も２点交叉の方が良い結果を与えている。

目的関数の中に定義された加工費βの値を０．０から３．０までの５種類に設定し、一点交叉と２点交叉の結果の比較を図－４に示された。図は、縦軸に目的関数値を、横軸にβの値を取っている。実線で表す最良値は、単純ＧＡに自動リンク、大変異、人口サイズ縮小[1)]を加えた結果の中の最良値で、破線で表すのはそれらの平均値である。図に示したように、２点交叉は一点交叉より良好な結果が得られたことがわかる。

５．あとがき　性質が異なりお互いに相関する変数を同時に選択する、材料・断面同時選択問題を定式化し、それにＧＡを応用することを試み、多種・多数の設計変数を有する問題へのＧＡの応用の可能性を検討した。従来から応用している自動リンクの他に、２点交叉法も検討し、比較的良好な結果を得た。今後、連続体の形状も含めて、より複雑で大規模な構造へのＧＡの応用を検討したい。

参考文献：　１）鹿汴麗・久保洋・杉本博之：複合弾性体のＧＡによる最適材料選択に関する基礎的研究、機論、（９５年４月号に掲載予定）