

I - 252

GAを用いたケーブルの構造解析について

熊本大学工学部 学生員 ○東 高德
同 上 正 員 小林 一郎
同 上 正 員 三池 亮次
大分県立佐伯鶴岡高校 正 員 佐藤 啓治

1. はじめに 筆者らはケーブルの構造解析への最適化手法の適用に関する研究を行い、増分形基礎式を直接解くよりも、最小2乗法(改訂マルカート法)を用い、式の両辺の残差平方和 f の最小化を図る方が計算効率が良い場合のあることを示した¹⁾。ただし、上記の目的関数 f は最適化問題としてみると、数個の局所解を持つ多峰性の関数となっているため、全域解の近傍に設計変数である増分変位 Δd の初期値を設定した場合には容易に最適解を求められるが、初期値の選択を誤ると局所解に到達する。本研究ではGAを適用し、多峰性関数の合理的な初期値の探索を試みる。

2. 有限変位解析の基礎式²⁾ トラス構造の有限変形の中間状態において、節点に作用する外力が $\mathbf{p}'$ 変位が $\mathbf{d}'$ であり、変形後の状態において、外力ベクトル $\mathbf{p}' + \Delta \mathbf{p}$ を受け、変位増分が $\Delta \mathbf{d}$ であるものとする。このときトラスの増分形基礎式は次式となる。

$$\Delta \mathbf{p} = \mathbf{K} \Delta \mathbf{d} + \mathbf{b} \quad (1)$$

ただし、 $\mathbf{K}$ は部材の剛性マトリックス、 $\mathbf{b}$ は伸びの付加項である。

上式の両辺の数値解析残差を

$$\mathbf{v} = \Delta \mathbf{p} - (\mathbf{K} \Delta \mathbf{d} + \mathbf{b}) \quad (2)$$

とし、 $\mathbf{v}$ の平方和を目的関数とする最適設計問題を設定する。

[最適設計問題]

設計変数: 増分変位 $\Delta \mathbf{d}$

目的関数: $f = \mathbf{v}^T \mathbf{v} \rightarrow \min.$ (3)

3. GAの概要 GAとは、生物の進化の過程を数理モデル化したものである。オペレータには、線列のコーディング、淘汰、交叉、突然変異があり、このオペレータを繰り返して最適化を確率的に解く。GAの特長は、評価関数値で最適化を行うため離散値の最適解を探索するのに有効である。また、多峰性の関数にも有効である。本研究で用いたGAの手法はまず第一に線列のコーディングの場合には増分変位を設計変数とし、変位する節点を中心とする局座標系を格子状に取りその点の番号を2進コードに

変換を行う。次に評価関数は最悪値から最良値を引くこと $\phi = f_{max} - f_{min}$ この式を用いた。次に淘汰処理にはルーレット戦略を用いた。次に交叉処理には一点交叉を用いた。最後に突然変異には置換法を用いた。

4. 数値計算例 図-1に示す1部材モデルに本法を適用する。初期形状に増分荷重が載荷された時の、最終形状は点線のようになる。この時、図-2のように式(3)の f の等高線はA、Bの2点が全域解であり、C、D、Eの3点が局所解となる。このため、最小2乗法を用いる場合、初期値の選択を誤るとB点を解とする場合もありえる。ここでは、設計変数の離散値として、表-1のような線列のコーディングを行い、GAの最適化を試みた。ただし、部材には圧縮が働かないという制約条件を付加した。図-3は、この時の各世代に対する目的関数値の推移を表している。この図より、目的関数値は世代が進むにつれて小さくなって行き、最終的にはほぼ目的関数値が0に近似していることがわかる。これより確実に線列の集団が最小値の探索がおこなって行っている事がわかる。

次に図-4の3部材ケーブルモデルに本法を適用する。表-2は、解析にあたって使用したパラメータの値を示している。表-3では解析結果を示している。また、解析結果を図化したのが図-5である。これよりほぼ最適値に近似している事がわかる。図-6は、各世代による目的関数値の推移である。この図より早期に線列の集団が目的関数値の小さい設計変数を見出し、その後徐々に最適値に向かっている事が言える。しかし、1部材モデルに比べると平均値と最小値の収束が悪い。これは、1部材モデルが2変数なのに対し3部材モデルは、設計変数が4変数となるよって変数が倍になったために設計変数の組合わせが増大するためである。また、このようなケーブル構造の解析では一つの変数が最適解にあるとしても目的関数値が小さくなるとは限らない。これは、一つの変数が他の変数に対して従属の関係にあるためである。つまり、一つの変数が他の変数に大きな影響を与える。このために収束が悪いと考えられる。また、格子間隔によっては最適値に格子点がない場合最適値近傍の点を選ばない場合もでてく

る。これは今後の課題となる。

以上よりケーブルの構造解析にGAを用いる場合には3部材ケーブルモデルまで最小2乗法の初期値としては良い結果が得られた。

参考文献 1) 小林、三池：ケーブル構造の大変形解析への最適化手法の適用、土木構造・材料論文集、第5号、1990。 2) Miike, Kobayashi, Virtual Large Displacement Theorem for Framed Structures, EM Division, ASCE, 1990

表-1 1部材ケーブルの線列のコーディング

線列	X(cm)	Y(cm)
0...00	-15.000	-15.000
0...01	-15.001	-15.001
⋮	⋮	⋮
1...11	15.000	15.000

表-2 3部材ケーブルモデルの各パラメータ

人口	100
世代数	100
交叉確率	0.6
突然変異確率	0.1
格子範囲(x方向)	-15(cm), 15(cm)
格子範囲(y方向)	-15(cm), 15(cm)
格子間隔	0.001(cm)

表-3 3部材ケーブルの結果		
節点番号	GAによる解	最適値
2 (x(cm))	-5.373	-4.879
2 (y(cm))	-4.980	-2.474
3 (x(cm))	-5.765	-5.233
3 (y(cm))	3.568	3.4753

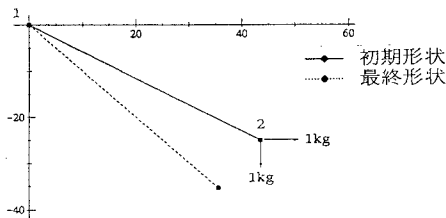


図-1 1部材ケーブルモデル

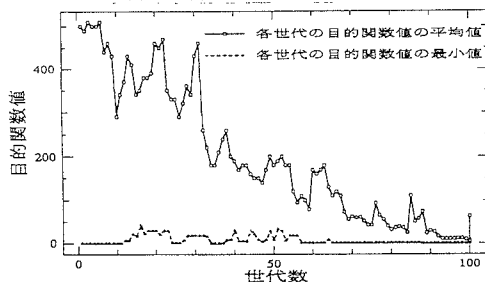


図-3 各世代の目的関数値の推移(1部材モデル)

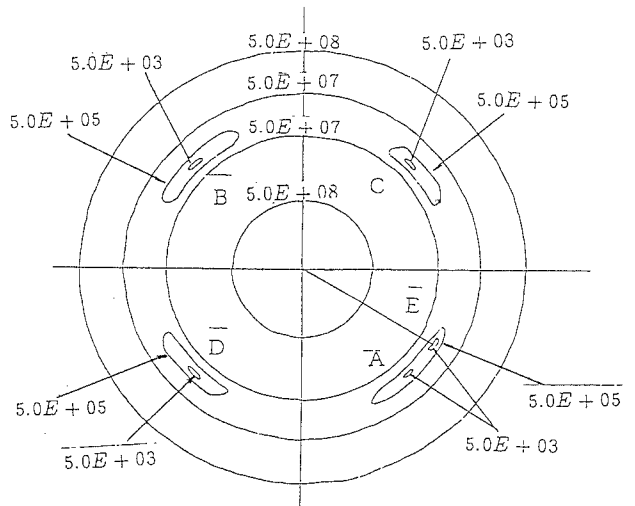


図-2 1部材モデルの等高線

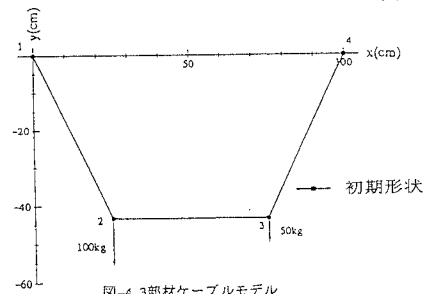


図-4 3部材ケーブルモデル

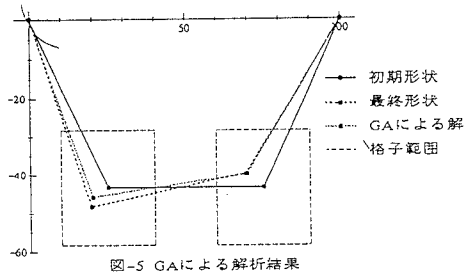


図-5 GAによる解析結果

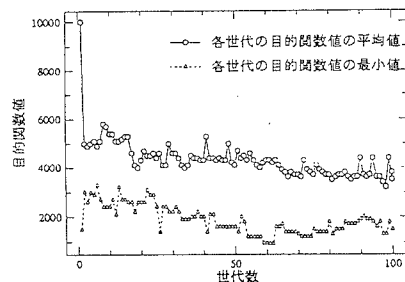


図-6 3部材ケーブルの目的関数値の世代間の推移