

武蔵工業大学 学生会員 ○望月 智也
 (株)地崎工業 正 会 員 須藤 敦史
 武蔵工業大学 正 会 員 星谷 勝

1. はじめに

離散型変数を有するシステムの最適化手法としては、ランダムサーチ（モンテカルロ法）や遺伝的アルゴリズム（GA法）¹⁾が挙げられる。本研究では、組み合わせ最適化手法であるランダムサーチを基本としたインポートランス・サンプリング法の考え方に、GA法における遺伝子要素を状態変数列として用いた最適化手法（修正インポートランス・サンプリング法）²⁾を提案する。ここでは、解析に伴う情報を利用し、効率的に最適解を探索すること（状態把握）を改良点として加えて、その適用性を検討した。

2. 状態把握の基本的概念とその効果

図-1に修正インポートランス・サンプリング法のアルゴリズムを示す。

修正インポートランス・サンプリング法は、状態変数列の抽出領域を目的関数の値に応じて限定（縮小）していくものである。従って、限定した領域において、最適値が限定した領域の中間に存在した方が探索効率が良い。しかし、トラス構造物の重量最小設計問題では、目的とする最適値は探索領域の下限側（断面積が小さい方）に存在するケースが多いので、抽出領域を縮小する際に最適値を排除する傾向が多い。また、最適値より軽い部材では破壊（許容応力を上回る）状態となるため、乱数の発生により最適値を排除する可能性が高くなる。

そこで、トラス構造物の解析の際には、応力・軸力など体積以外にも種々情報を得ることができるので、その情報を有効利用して最適解を求めることを改良点としている。

具体的には、構造解析中に得られる部材の応力状態を把握し、その応力状態に応じ探索領域の修正を行う。それにより、最適値の存在する領域の排除を回避し、同時に、少ない最適化回数で、より良い最適値を得ることを目的としている。

3. 状態把握の基本的操作

- (1) トラス構造解析により部材の応力を抽出し、その最良解の応力値と制約条件（許容応力）との応力差 $\Delta\sigma$ を求める。
- (2) 応力差に応じて、次ステップにおける探索領域を以下のように修正する。
 - 1) 応力差の大きい部材は探索領域の上限と下限のランクを下げ、次ステップの探索領域とする。
 - 2) 応力差の小さい部材は探索領域の上限と下限のランクを上げ、次ステップの探索領域とする。
 但し、1), 2) は、応力差の大きさの範囲を数範囲に分割して修正を行う。

4. 5部材トラスの最適設計

図-2に示す5部材トラスを用いて、図に示した荷重条件下において許容応力を満足し、かつ使用鋼材の総重量が最小となることを目的とする重量最小設計問題を検討する。また提案手法とGAの比較検討を行う。ここでGAの中には、収束性の改良がなされている手法等があるが、基礎検討のためSimple GAを用いている。

設計変数は、トラス部材数と同じ5変数（表-1）とし、各部材がとり得る断面積を表-2に示す。

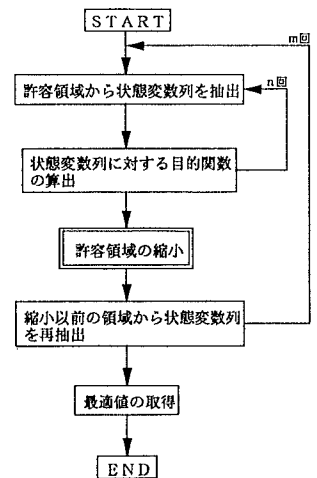


図-1 修正インポートランス・サンプリング法のアルゴリズム

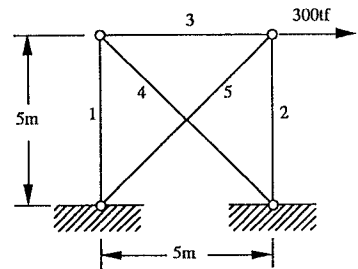


図-2 5部材トラス

解析例では目的関数を部材の総体積として、状態変数数列の抽出領域の縮小操作は、1) トラス構造解析より部材が降伏する（本解析では、応力が 2100kgf/cm^2 を上回る）場合、2) 目的関数が平均値より大きい（重量大）場合とした。

ここで、1), 2) の操作で縮小された探索領域を、トラス構造解析より得られる情報を用いて修正する。

本検討では、a) 状態把握を行った場合、b) 状態把握を行わない場合、の解析結果を図-3、各ステップの解析解を表-3に示す。なお、状態変数数列80、減少数8、最適化を行った計算回数は10回とし、縮小以前の領域における再抽出個数は状態変数数列数の10%としている。

ここで、部材の応力と降伏応力の応力差： $\Delta\sigma$ (kgf/cm^2) に応じた範囲、及び修正は以下のように行っている。

- (1) $\Delta\sigma > 1000$ のとき、3ランク下げる。
- (2) $500 < \Delta\sigma \leq 1000$ のとき、2ランク下げる。
- (3) $125 < \Delta\sigma \leq 500$ のとき、1ランク下げる。
- (4) $50 < \Delta\sigma \leq 125$ のとき、何もしない。
- (5) $30 < \Delta\sigma \leq 50$ のとき、1ランク上げる。
- (6) $\Delta\sigma < 30$ のとき、2ランク上げる。

次に、提案手法とSimple GAの解析結果を図-4に示す。

ここで、Simple GAにおいては、集団サイズを提案手法と同等の数とし、交叉は1点交叉、交叉確率は目的関数値によるルーレットルールを用いている。また、突然変異の確率は0.5%としている。

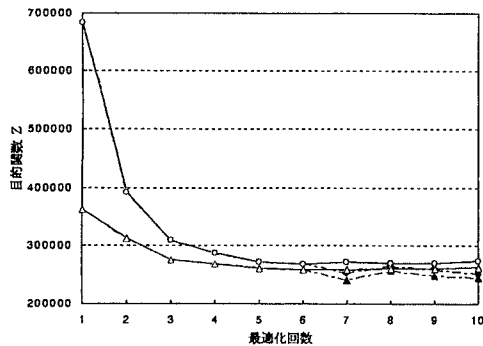


図-3 解析結果(1)

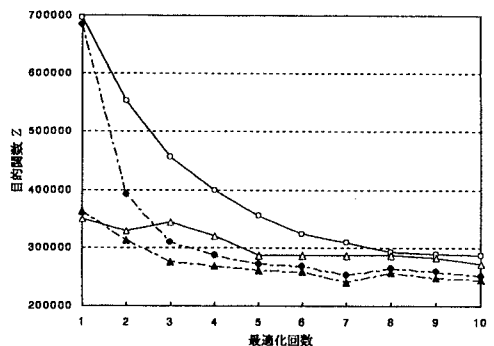


図-4 解析結果(2)

5. 考察

図-3より、平均・最小目的関数とも約6回までは、同値で減少しているが、それ以降は状態把握を行った方がより小さい値に収束している。ここで、全数解析により得られた最適解は、 $[1, 9, 0, 1, 14; 240944.30\text{cm}^3]$ であり、解析に伴う情報を利用することによって最適解を得られたことになる。

また、図-4より本手法は、Simple GAより平均・最小目的関数ともに小さい値に収束しており、効率的に最適解を求めていることになる。

<参考文献>

- 1) 杉本博之：GAの工業設計への応用に向けて，数理科学別刷，No.353，pp.45-50，1992
- 2) 須藤敦史・星谷勝：修正インポートランス・サンプリング法による離散変数の最適化，第44回応用力学連合講演会，pp.413-414，1995