

PMBGA を用いたトラス構造物最適化
下坂久司

1 実数型確率モデル遺伝的アルゴリズム

近年、確率モデル遺伝的アルゴリズム (probabilistic model-building GA:PMBGA) と呼ばれる、新しいタイプの GA が注目されている。このアルゴリズムは、良い親個体の分布から子個体を発生させるためのモデルを作成し、確率的に子個体を生成する。

本研究では確率分布のモデル構築の際に、主成分分析 (Principal Component Analysis:PCA) を用いて個体群の分布を変換する。これにより、多変量の設計変数間の依存関係を考慮した確率モデルを構築し、新しい個体を生成することができる。子個体生成は、確率モデルの各設計変数ごとに独立に正規乱数を発生させて行う。また、この PMBGA に分散遺伝的アルゴリズム (Distributed GA:DGA) を適用し、島ごとに PMBGA を適用する。

2 構造物最適化アルゴリズム

実際的な最適化問題は多くの場合、いくつかの制約条件を有している制約条件付きの最適化問題である。また、本研究で対象とするトラス構造物最適化問題も制約条件付きの最適化問題である。このような問題では、目的関数の最適化だけでなく、解の実行可能性も考慮しなければならない。しかしながら、GA は一般的に制約条件を陽に扱わない。このため実行可能領域を外れた解候補には制約条件を扱うための何らかの処理が必要となる。制約条件付きの最適化問題は多くの場合、実行可能領域の端に良い解が存在する。よって、実行可能領域の外に出てしまった解候補をなんらかの方法で、実行可能領域の端に戻す必要がある。よって、Fig. 1 に示すように、最も近い実行可能領域へ引き戻すことを考える。

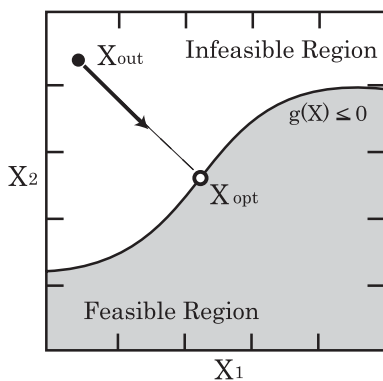


Fig. 1 Pulling back operation

これには次のように問題を定式化し、古典的最適化手法を用いて最適化を行う。

$$\begin{aligned} & \text{minimize } f(\mathbf{x}) = \sqrt{(\mathbf{x} - \mathbf{x}_{\text{out}})^2} \\ & \text{such that } \nabla g_j(\mathbf{x}_{\text{out}})(\mathbf{x} - \mathbf{x}_{\text{out}}) + g_j(\mathbf{x}_{\text{out}}) \leq 0 \\ & \qquad \qquad \qquad j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

目的関数は、制約条件を外れた解候補と設計変数空間上の任意の点との距離である。線形に近似した制約条件を満たす領域との、最短距離を求めることで、制約条件を外れた個体から最も近い実行可能領域の点 \mathbf{x}_{opt} を求めることができる。

このように定式化された問題は 2 次計画問題であるため、適当な古典的最適化手法によって解くことができる。またこの引き戻し操作を GA の評価オペレータの直前に行うことにより、実行可能領域を外れた解候補を最も近い実行可能領域に引き戻し、全解候補が制約条件を満たした状態で評価が行える。

3 数値実験

トラス構造物体積最小化問題を対象問題とし、島モデルを適用した提案 PMBGA に前節で説明した解候補の引き戻し操作を適用した手法を用いて最適化を行う。また、提案手法の性能を計るために、提案 PMBGA にペナルティ法を適用した手法、コード化にビットストリングを用いた従来型の分散 GA にペナルティ法を適用した手法と傾斜法を用いた汎用数理最適化パッケージである DOT との比較を行う。結果を Fig. 2 に示す。

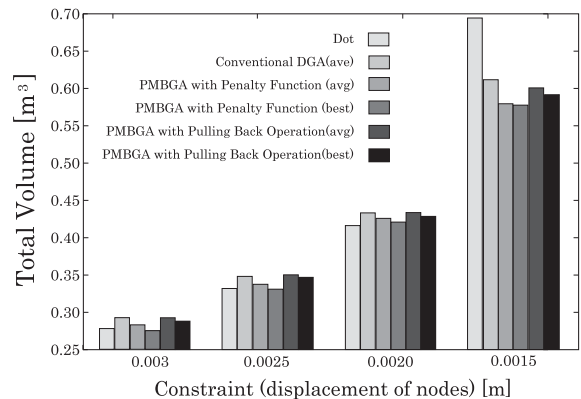


Fig. 2 Comparison Results (Total volume)