

進化的アプローチによる資源追加削減法の高速化

Speed Up of DORAR Method by Evolving Approach

小栗 伸 (知的システムデザイン研究室)

Shin OGURI (Intelligent Systems Design Laboratory)

Abstract The DORAR method is a new parallel and distributed algorithm for optimum design of discrete systems, and has been found to be effective for the optimization of electrical circuits and discrete structures so far. The distributed optimization algorithm consists of two processes, the resource reduction process and the resource addition process. The DORAR method has been successively applied for optimizing truss structures. However, improvement of algorithm for speed up have not been considered before. In this paper describes speed up of DORAR method by evolutionary approach.

1 緒言

並列処理における最適化手法の一つとして提案された資源追加削減法¹⁾(以下DORAR法)は、各要素でその設計変数である資源に余裕があれば削減し、その後微少資源を追加するというプロセスを繰り返すことで最適解を得る。この手法は並列処理に適した新しい最適化手法である。これまでに、トラス構造物問題や電気回路問題に適用され、アルゴリズムの改良などが行われてきた。しかし、場合によっては、収束回数が多く必要となるという問題が生じる。そこで、本研究では、資源追加削減法に進化的アプローチを付加したアルゴリズムを提案し、収束性の向上を図る。

2 資源追加削減法のアルゴリズム

資源追加削減法は資源の最小化を目的とする。トラス構造物の場合は各部材の体積が資源である。目的はシステム全体の体積の最小化であり、総体積は各要素の資源の和で表される。システムには要求される機能が制約条件として課せられている。それらは局所情報により決定される局所的制約条件とシステム全体の情報から決定される全体制約条件であり、いくつかの最適化問題はこうした問題に変換することが出来る。DORAR法のアルゴリズムは以下の手順で示される。

- 1) 要素ごとに局所制約条件に関する資源余裕を評価。
 - 2) 要素ごとに全体制約条件に関する資源余裕を評価。
 - 3) 資源余裕の最小値を各要素の臨界資源余裕とし削減する。この処理を資源削減処理と呼ぶ。
 - 4) 各要素に一定の微少な資源(以下 R)を追加する。この処理を資源追加処理と呼ぶ。
- 手順1)から4)を繰り返すことにより最適解を得る。

3 進化的アプローチによる改良

資源追加削減法は、任意の初期値から最適解に収束するというロバスト性を有するが、ある設計点において体積最小化のベクトルと活性な制約条件の方向ベクトルが直交に近いような場合には、設計点の推移が極めて微少になり、収束までの繰り返し数を多く要するという問題点がある。そこで、本研究では、進化戦略に基づく方法(以下EDORARと略記する)を提案する。

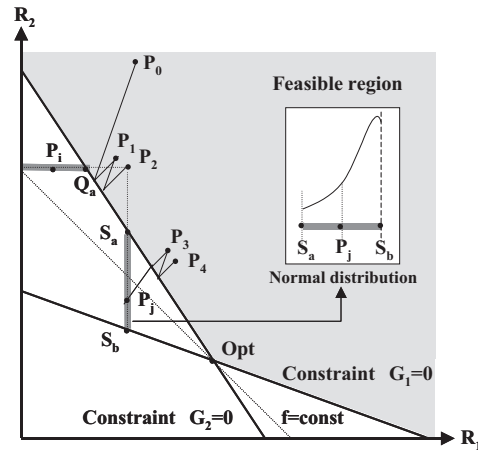


図 1: The way of generating a new point

提案する手法による設計点の推移を Fig. 1 に示す。ここでは、初期点 P_0 から探索が開始され P_1 において制約条件 G_2 が活性になった状態である。次ステップで探索点は P_2 に推移するが推移量は微少である。このような場合には、通常の DORAR 法とは異なる、次の手順で探索を行う。

- 1) 各資源方向ごとに資源余裕を見積もる (P_2-Q_a, P_2-S_a)

- 2) 最大の資源余裕 ($P_2 - S_a$) を持つ資源軸方向 (R_2) に着目する .
 - 3) 着目する資源軸方向において P_2 に最も近い制約条件上の点 (S_a) と 2 番目に近い制約条件上の点 (S_b) を求める .
 - 4) これら 2 点の間にランダムに点を発生させる . この点の発生確率は S_b が最も高く , ($S_a - S_b$) が標準偏差となるような正規分布に従っている .
 - 5) 新たに発生させた点 (P_j) を初期点として , 通常の DORAR 法を収束点 (P_4) が求まるまで行う .
 - 6) 上記の収束点 (P_4) と推移量の少なかった (P_2) を比較して , 総資源量が小さい点 (P_4) を次ステップの開始点とする .
 - 7) 上記の点から通常の DORAR 法を再開する .
- 上記のステップのうち , 新たな点を確率的に発生させ , 新たな収束点と元の収束点とを比較し 選択 (淘汰) する操作が進化的であるといえる .

4 数値実験

4.1 線形問題

予備実験として提案した手法を式 1 で示すような線形問題に適用する . 例題における n は任意の整数であり , n の値によって設計変数の数を容易に変化させることが出来る .

$$\begin{aligned} \text{Minimize } R &= R_1 + R_2 + \dots + R_n \geq 0 & (1) \\ \text{Subject } R_n + \dots + (n-1)R_2 + nR_1 - 50n \\ R_n + \dots + \frac{R_2}{n-1} + \frac{R_1}{n} - 20n &\geq 0 \end{aligned}$$

設計変数の数を変化させた場合における , 従来の資源追加削減法と提案する手法の比較を Fig. 2 に示す .

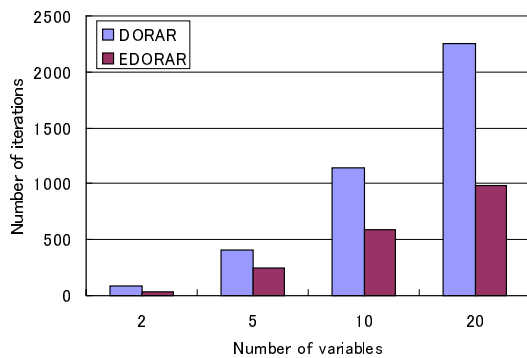


図 2: Relation between number of variable and iteration

この結果からも線形問題においては , 提案する手法を用いることで設計変数の数に影響を受けることなく , 従

来の手法の約半分の計算回数で収束している . このことから収束性の向上が実現できたといえる .

4.2 トラス構造物最適化問題への適用

次にトラス構造物最適化問題に提案した手法を適用する . 対象とする問題は設計変数が 10,15,20...50 のトラス構造物である . Fig. 3 に設計変数が 25,50 のトラス構造物と設計変数が 25 のトラス構造物の最適解を示す .

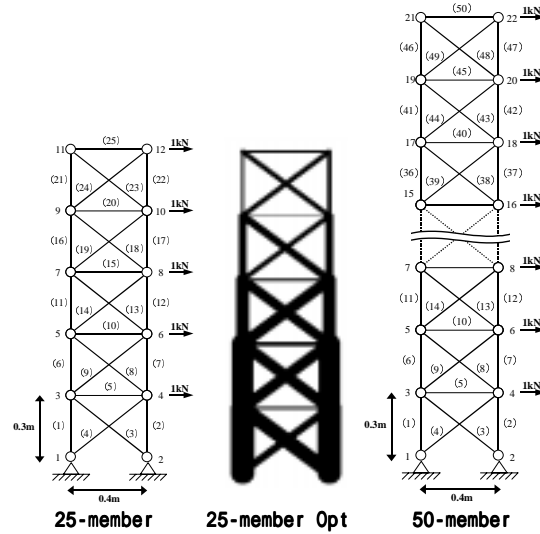


図 3: Truss structure

ここでは , 局所制約条件として , 各部材の引張応力が一定値以下 , 圧縮座屈を起こさないことを考え , 全体制約として 1 番節点の変位が一定値以下になるような場合を考える . 部材は中実円形断面とし , 設計変数は部材の体積である . 目的はトラス構造物の最小となる体積の部材を求めることである . 終了条件は総資源量の変化率が一定値以下とする . 各問題において 9 通りの初期値を与え , 各初期値からの総資源量の変化を測定した . 一例として Fig. 4 に 12 接点 25 部材における従来の手法と提案手法の収束状況の比較を示す .

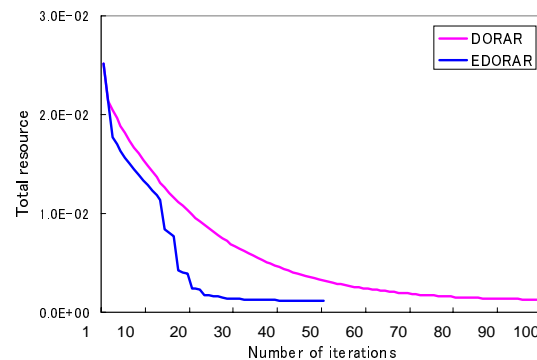


図 4: Change of total resource when using new rule

Fig. 4 から分かるように、提案する手法では総資源量の変化率が一定値以下に達すると新たに点を生成し選択を行うため、従来の手法に比べ、比較的早い段階で収束している。また、提案する手法では新たな点を制約条件外に発生させているものの、得られる解は局所解に陥ることなく収束した。次に各設計変数のトラス構造物に提案する手法を適用した。従来の手法と提案手法の計算回数比較を Fig. 5 に示す。

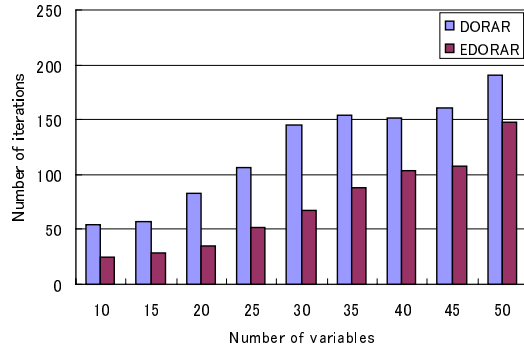


図 5: Relation between number of variable and iteration

Fig. 5 のようにトラス構造物最適化問題においても、従来の手法に比べ、提案する手法は、早い段階で収束していることが分かる。このように、提案する手法により資源追加削減法の収束性の向上を実現できた。

5 結論

本報告では資源追加削減法の高速度化を目的とした進化的アプローチによるアルゴリズムの改良を行った。その結果、線形問題においては従来の方法に比べ約半分の計算回数で解を得ることが可能であった。また、トラス構造物問題においても従来の手法に比べ、良好な解を少ない計算回数で得ることが可能となった。このことから提案する手法により、資源追加削減法の収束性の改善が実現できた。

参考文献

- [1] 三木光範, 廣安知之, ”資源の追加と削減に基づく並列分散最適化法”, 日本機械学会論文集投稿中
- [2] M.Miki, M.Furuichi, Y.Watanabe, ”Smart Distributed Minimization of the Volume of Discrete Structure”, Proc, AIAA, SDM Conference, 1996
- [3] Mitsunori Miki, Tomoyuki Hiroyasu, Taiju Ikeda, ”Parallel Distributed Optimization by