

資源追加削減法の概略

The outline of Distributed Optimization by Resource Addition and Reduction method

小林 繁, 小栗 伸 (知的システムデザイン研究室)

Shigeru Kobayashi, Shin Oguri (Intelligent Systems Design Laboratory)

1 序論

最適化とはある設定した目的に対して、最も適切な方法でその目的を達成することをいう。そのために最適化の達成度を示す尺度が必要である。その達成度を目的関数、自由に設定できる値を設計変数、そして設計変数の存在が許される領域を制約条件として数式に定式化することができ、これまでに様々な手法が用いられ、目的が達成されてきた。しかしシステムの大規模化に伴い、設計変数の数が膨大に増加したりすることで問題が複雑化することで、これまで用いられてきた最適化手法では最適解を求めることが困難になってきた。そこで我々は、任意の初期値から収束するロバスト性をもった、更に並列処理に適した最適化手法である資源追加削減法 (Distributed Optimization by Resource Addition and Reduction method, 以下 DORAR 法) に注目し、実際にいくつかの問題に適用しその有効性を確認してきた。本発表では、この DORAR 法のアルゴリズム、昨年度の研究で得られた成果、そして今年度の研究方針を報告する。

2 資源追加削減法(DORAR 法)の概略

2.1 対象とする問題とアプローチ

離散構造物の最適設計に対して提案された並列計算機のための最適化アルゴリズムである資源追加削減法は、システムを構成する離散的な各要素が、要素に関する情報を頼りに、要素の持つ知識のみで、自律的に挙動し、その結果としてシステム全体がより最適な方向へ近づくという考え方である。最適化の原理は単純で、各要素はその設計変数である資源に余裕があれば削減し、その後、微小資源を追加し、削減するというものである。ここでは、離散的な要素を有するシステムの最適化問題を考える対象とする離散システムは設計変数が連続的な実数値をとる離散要素から成るシステムとし、目的はシステムでの資源の最小化とし、各要素の資源の和で表される。以上を式で表すと以下のようになる。

$$\begin{aligned} \text{Minimize } R &= \sum_{i=1}^N R_i \\ \text{Subject to} & \\ g_{ik} &\leq 0 (i=1, \dots, N; k=1, \dots, n_i) \\ G_j &\leq 0 (j=1, \dots, m) \end{aligned} \quad (2.1)$$

ここで、 R は資源、 g は局所制約条件、 G は全体制約条件、 N は要素数である。

そして、この問題を分散的に解く。つまり、システムの各要素が、それ自身に関する情報と局所的なルールを基にして、それ自身の資源を変化させる。このプロセスの繰り返しにより、システム全体の最適化を達成する。

2.2 DORAR 法のアルゴリズム

DORAR 法のアルゴリズムは以下の、4 つのプロセスの繰り返しである。

- 1) 各要素ごとに局所制約条件に関する資源余裕を評価。
 - 2) 各要素ごとに全体制約条件に関する資源余裕を評価。
 - 3) 上の資源余裕の最小値を臨界資源余裕とし、これを削減する。この処理を資源削減処理と呼ぶ。
 - 4) 各要素に一定の微小な資源を追加する。この処理を資源追加処理と呼ぶ。
- 5) 1) から 4) を繰り返すことにより最適解を得る。

上の 1) から 4) を図で示すと以下のようになる。(設計変数の数を 2 の場合を示す。)

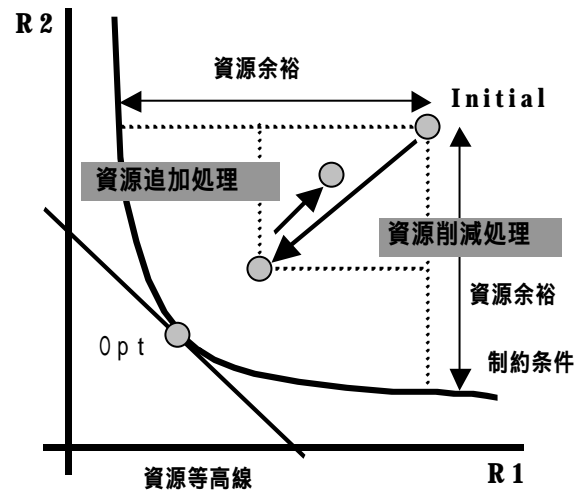


Fig.1 DORAR 法のアルゴリズム

3 昨年度の研究成果

小栗

資源追加削減法は、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、解探索課程において確率的に新たな探索点を生成し選択するという、進化的アプローチを付加した方法を提案する。提案した手法をトラス構造物最適化問題に適用し、その有効性を検討した。

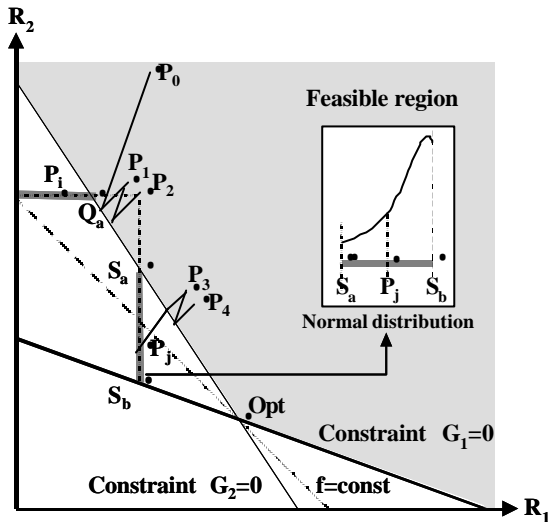
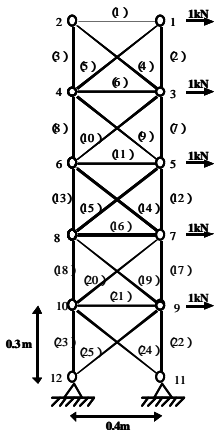
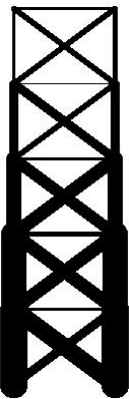


Fig. 2 The way of generating a new point

提案した手法をトラス構造物最適化問題に適用する .対象とした問題は設計変数が 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 .



25-member



25-member Opt

Fig. 3 Truss structure

Fig. 4 に示すようにトラス構造物最適化問題において、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 .

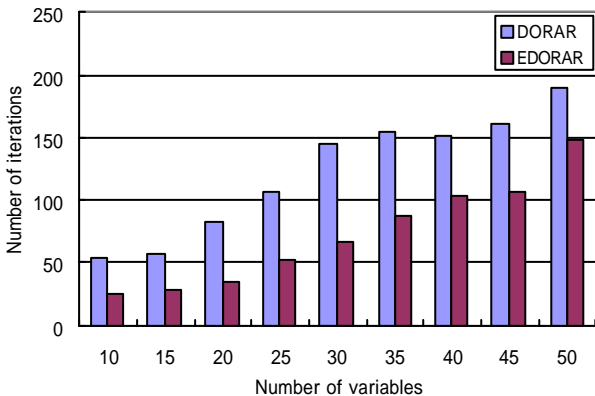


Fig. 4 Relation between number of variables and iterations

小林

最適化問題の中には非線形性が高い制約条件をもつものがあり、DORAR 法によって最適解を得ることが困難となる場合がある .その理由は、このような制約条件が存在すると、DORAR 法における資源の増減プロセスが不連続に変化するためである .そこで昨年度の研究は、他の制約条件と比較して非線形性が高い制約条件を特異な制約条件と呼び、確率的にこの特異な制約条件を無視するという新たなアルゴリズムの改良を提案し、Fig.4 に示す 8 節点 14 部材トラス構造物に適用した結果、良好な収束解を得る事が可能となった .

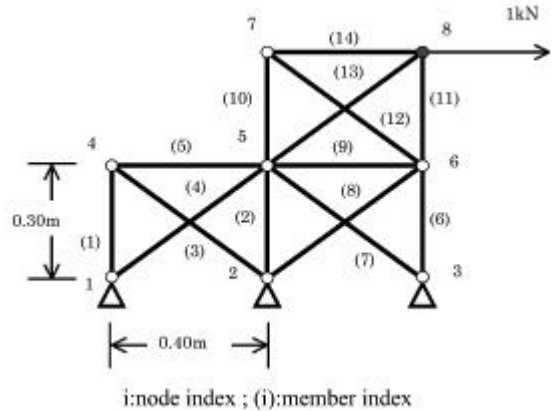


Fig. 4 A 14-member truss

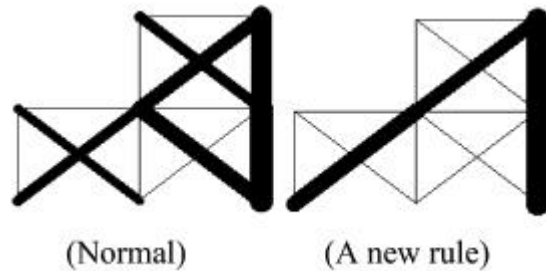


Fig. 5 Converged solutions

今年度の予定

確率的に特異な制約を選択することでアルゴリズムを改良し、トラス構造物最適化問題に適用した結果、良好な収束解を得ることが可能となったが、この改良したアルゴリズムを他の最適化問題にはまだ適用した例がない .そこで新たな問題に適用し、その有効性を検証することで、よりアルゴリズムの一般性を高めることが必要である .

4 参考文献

M.Miki ,M.Furuichi ,Y.Watanabe , "Smart Distributed Minimization of the Volume of Discrete Structure" , Proc , AIAA , SDM Conference , pp.2344-2352 , 1996
Mitsunori Miki , Tomoyuki Hiroyasu , Taiju Ikeda , "Parallel Distributed Optimization by Resource Addition and Reduction" , Lecture Notes in Computer Science 1615 , Springer , pp.194-205 , 1999