

特異な制約条件の確率的選択に基づく資源追加削減法の改良

An improvement of DORAR method based on random selection of the peculiar constraints

小林 繁 (知的システムデザイン研究室)

Shigeru KOBAYASHI (Intelligent System 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. This optimization algorithm consists of two processes, namely the resource reduction process and the resource addition process. In this paper, a new rule based on random selection of the peculiar constraint in the resource reduction process is introduced.

1 はじめに

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アルゴリズムである資源追加削減法¹⁾(以下DORAR法)は、これまでに電気回路最適化問題、トラス構造物最適化問題といった非線形最適化問題に対してその有効性が確認されている²⁾。しかし、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。本研究では、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、検証する。

2 資源追加削減法(DORAR法)の概略

DORAR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に基づいて提案されたアルゴリズムである。そのアルゴリズムを以下に示す。

- (1) 局所制約条件に関する資源余裕を評価する。
- (2) 全体制約条件に関する資源余裕を評価する。
- (3) 上の資源余裕の最小値を各要素の臨界資源余裕とし、これを削減する。(資源削減処理)
- (4) 各要素に一定の微少な資源を追加する。(資源追加処理)
- (5) (1)から(4)を繰り返すことにより最適解を得る。

3 離散構造物への適用

3.1 最適化の対象とした離散構造物

最適化の対象とした離散構造物はトラス構造物とした。ここでは、図1に示す8節点14部材トラス構造物の最小体積設計問題を考え、負荷荷重として節点8に1kNの水平荷重を付加した。また応力制約条件として40MPa、変位制約条件として節点8の変位を0.01m以下とした。

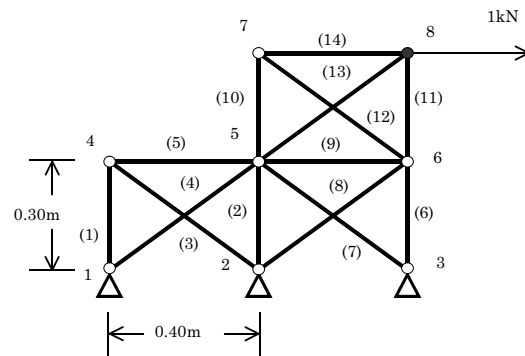


図1: A 14-member truss

3.2 最適化の結果と問題点

10種類の初期値を乱数で与えた。ここではそのうちの1例を示す。図2に示す初期値で最適化を行った。繰り返し数400回、変位制約条件を0.01mまたは0.001mとしたときに得られた収束解の断面積分布を図3に示す。

10種類ともに同様な断面積分布の収束解に収束した。しかし、変位制約条件が0.01mの場合における部材番号3,7および12の部材の断面積が、0.001mのときと比べて大きくなっていることがわかる。これは、変位制

約条件が緩く、構造物の幾何学的変形が大きいため、部材の圧縮座屈に関する制約条件が活性となり、制約条件外にある設計点を制約条件内に移動するために断面積が増加する。この解は明らかに最適解ではない。すなわちDORAR法の従来のアルゴリズムでは、このような非線形性の高い制約条件には対応できない。それは資源削減処理をすべての制約条件に対して一律に行っているからである。

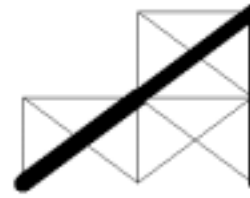


図 4: Converged solutions(Case of disregarding peculiar constraint)



図 2: Initial configurations of 14-member trusses.

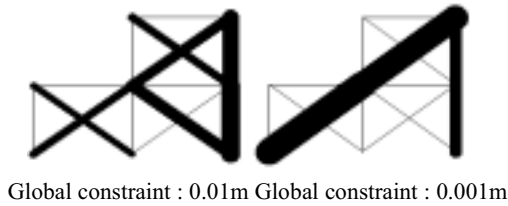


図 3: Converged solutions.

4 特異な制約条件に対する新たな資源削減処理の提案

4.1 特異な制約条件

前節で 8 節点 14 部材トラス構造物を最適化した結果、不要となる部材の断面積が減少しなかった。その原因は、座屈強度に関する制約条件の影響が過大であったためである。本研究では、このような収束解に影響を及ぼす非線形性の高い制約条件を特異な制約条件と呼ぶ。

4.2 予備実験

特異な制約条件の影響を緩和するために、座屈強度に関する制約条件に関して資源削減処理を行わないというルールを追加する。このルールは設計点が制約条件外にあったとしても、体積を増加させないというものである。このために部材の断面積の減少が期待できる。初期値から得られた収束解の断面積分布を図 4 に示す。

図 4 をみると、部材番号 3, 7 および 12 の部材の断面積が減少していることがわかる。しかし、逆に部材番号 6 および 11 のような本来重要な部材の断面積までもが減少し、座屈が生じる。そこで、これらの重要な部材と

重要でない部材を区別するために、各部材の軸力、座屈強度、そして制約条件との距離の推移に着目する。図 5 は部材番号 3 および 11 におけるそれぞれの履歴を示す。

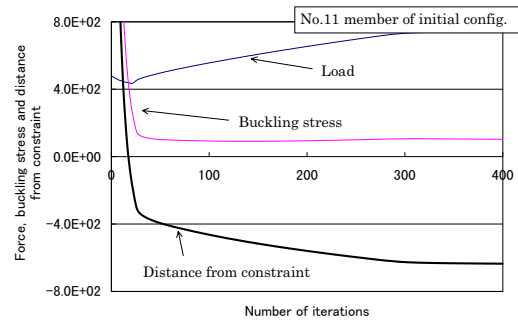
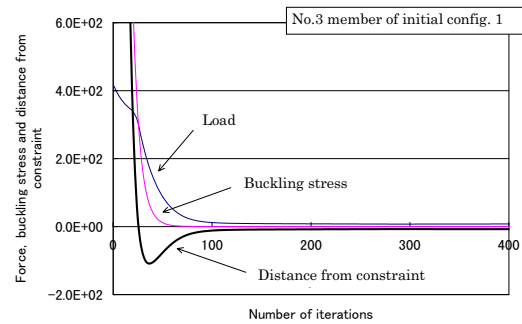


図 5: Histories of the load, the buckling stress and the distance from constraint of the member during iterations

部材番号 3 は、繰り返し数の増加と共に軸力、座屈強度、制約条件との距離の大きさが減少し、設計解が改良されていることがわかる。一方、部材番号 11 では、軸力、制約条件との距離の大きさが増加し、設計解は改悪されていることがわかる。またこれらの特徴が他の圧縮応力を受けている部材にも同様にみられた。したがって、設計解が改良された部材とを区別することができた。

4.3 確率的選択ルールの提案

上のことより，ある一定の区間で，それらの情報から資源削減処理を行うか否かを判断することで良好な収束解を得ることが可能となる．しかし，問題によっては情報を得ることのできる区間が異なってくるため必ずしも区別できなくなる．そこでそのような問題を解消するために新しいルールを提案する．このルールは，特異な制約条件に対して，資源削減処理を確率的に行い，その効果を検証するというものである．すなわち，特異な制約条件に対して資源削減処理を行わない場合，前節で述べた，部材における情報からその部材が改良されたと判断されれば，そのまま資源削減処理を行わず，逆に改悪されたと判断されれば，資源削減処理を行うというものである．

4.4 ルールの適用

前節で提案したルールを適用する．初期値から得られた収束解の断面積分分布を図 6 に示す．



図 6: Converged solutions(Case of applying a new rule)

図 6 をみると，収束解に対する特異な制約条件の影響を緩和できたこと，また制約条件を無視すべき部材とそうでない部材とを区別することが可能となり，良好な収束解を得ることができた．

5 結論

得られた結論は，以下の通りである．

1) 制約条件の中には，非線形性の高いものがあり，これが DORAR 法での収束解に多大な悪影響を及ぼす場合がある．

2) 特異な制約条件に対して，資源削減処理を確率的に行うことにより，良好な収束解を得ることが可能となった．

参考文献

[1] M.Miki, M.Furuichi, Y.Watanabe, "Smart Distributed Minimization of the Volume of Discrete Structure", Proc, AIAA, SDM Conference, pp.2344-2352, 1996

[2] 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