非線形最適化問題への資源追加削減法の適用

Application of DORAR method to Nonlinear Optimization Problems

小栗　伸
Shin OGURI

Abstract: The DORAR method is a new parallel and distributed algorithm for optimum design of discrete systems. However, on the principle of the algorithm for the problem of resource's being minimized, DORAR method didn't suit the problem with Non Linear objective function. In this paper describes the way of changing into the problem of resource's being minimized using the approximation of the objective function.

1　はじめに

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（以下 DORAR 法）は並列処理に適した新しい最適化手法であり，現在までに電気回路最適化問題，トラス構造物最適化問題に適用されその有効性が検証されている．しかし，資源最小化問題を対象として考案されたアルゴリズムの原理上，目的関数が非線形となる問題には適用されていなかった．本報告では目的関数の近似を行い資源最小化問題に変換する方法について検討し，非線形問題への DORAR 法の適用を試みる．また，資源最小化問題への変換処理を行う間隔についても検討する．

2　非線形最適化問題への適用

資源追加削減法は資源最小化問題を対象としていたため，これまで目的関数が非線形である問題には適用されていなかった．本研究では目的関数が非線形となる問題において，目的関数の近似を用いて資源最小化問題に変換する方法について検討する．変換アルゴリズムは以下の手順で示される．

1. 初期設計点において，Taylor 展開を用いて目的関数，制約条件を線形近似する．
2. 得られた目的関数の係数が 1 となるように置き換える．同時に制約条件も変換し資源空間を生成する．
3. 生成された資源空間において，t ステップ資源追加処理を処理を行う．(t は任意の数)
4. 得られた設計点において，再び 1) の処理を行う．

本変換アルゴリズムでは，一定ステップごとに資源最小化問題への変換を行う．そのため，資源最小化問題への変換間隔を決定するパラメータ t を設定する必要がある．

3　数値実験

目的関数が非線形である問題に変換アルゴリズムを用いた資源追加削減法を適用する．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変化させることが出来る．

$$\mathit{Minimize} \quad \sum_{i=1}^{n} R_i^{(n-i+1)} \tag{1}$$

$$\mathit{Subject\ to} \quad \sum_{i=1}^{n} \frac{2n-i}{n} R_i - 7n \geq 0 \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{n} 25^{(1-i)} R_i - 4n \geq 0 \tag{3}$$

$$5(n+1) \geq R_i \geq 0 \tag{4}$$

4　実験結果

2 変数の問題における設計点の推移を Fig.1 に示す．ここでは，資源最小化問題への変換間隔 $t = 1$ とした．つまり，1 ステップごとに資源最小化問題への変換を行った．

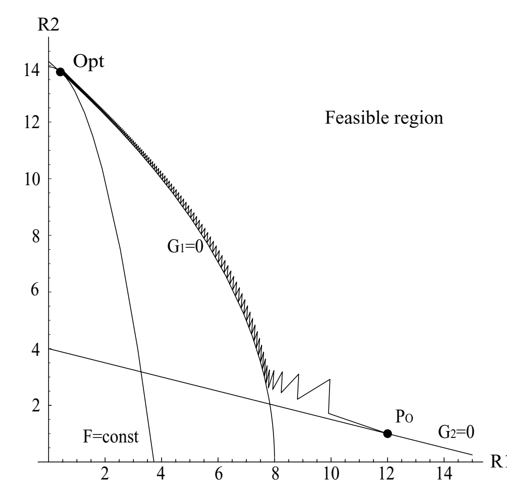

Fig. 1　The change of design point

このように，目的関数が非線形である問題においても

資源最小化問題への変換を行うことで良好な解を得ることができた．

5　トラス構造物最適化問題への適用

本実験では Fig.2 に示す 6 接点 10 部材から構成されるトラス構造物を考える．まず，トラス構造物の体積最小化問題を資源追加削減法を用いて最適化を行う．トラス体積最小化問題は，ある接点に負荷を加えて複数の制約条件を与えたとき，最小体積のトラス構造物を設計する．本実験では，制約条件として接点 6 の変位 $0.006(m)$ 以下という条件を考える．また，接点 4,6 に $5kN$ の水平加重を負荷した．この問題は資源最小化問題である．従来の資源追加削減法を用いた結果を Fig.3 に示す．接点 6 の変位は $5.7409*10^{-3}(m)$，総体積量は $5.7172*10^{-3}(m^3)$ である．

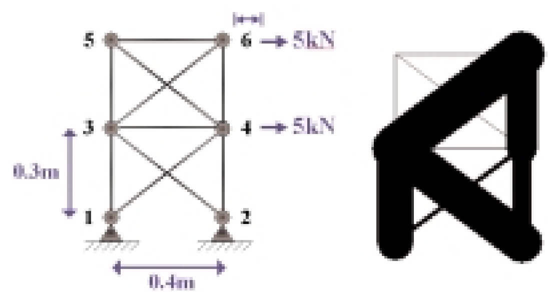

Fig. 2　10-member Truss structure, 10-member Opt

次に，同じトラス構造物において，先ほどと同様に接点 4,6 に $5kN$ の負荷をかけ，制約条件は Fig.2 で得られた最小体積を考える．目的は接点変位の最小化とする．この問題は接点変位の最小化であり，目的関数は非線形関数となる．この問題に改良を加えた資源追加削減法を適用した結果を Fig.3 に示す．

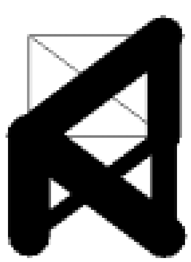

Fig. 3　10-member with Non Linear objective function

6　資源最小化問題への変換間隔の検討

これまでは，資源最小化問題への変換間隔 $t=1$ としていたため，1 ステップ毎に変換を行っていたが，この場合，従来の資源追加削減法に比べ変換のための計算負荷の増加が生じ，資源追加削減法の並列性が失われる可能性がある．そのため資源最小化問題への変換処理回数は少ない方がよい．そこで，2 変数の例題において変換間隔 t の値を換え計算回数を測定する．結果を Fig.4 に示す．この結果から本問題においては $t=30$ が最も適しているといえる．

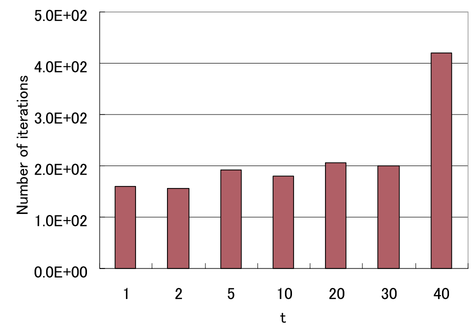

Fig. 4　Relation between t and iteration

$t=40$ の場合，計算回数が増加していることが分かる．これは目的関数，制約条件を線形近似しているため生じている．具体的には，Fig.5 に示す設計点 P_0 において，目的関数 F, 制約条件 G_1 を近似した場合，それぞれ F', G'_1 となる．この状態で探索を続けた場合，最適解を得ることができない．

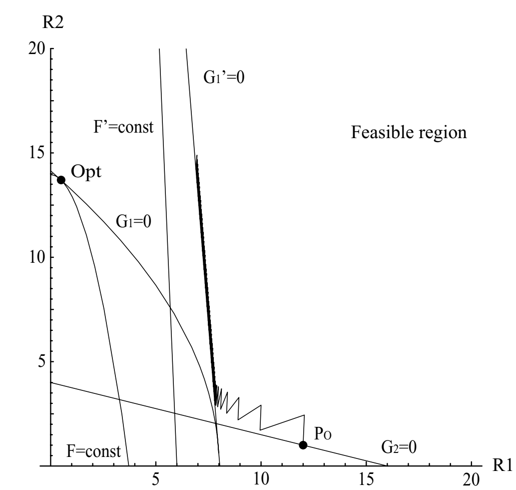

Fig. 5　The change of design point

7　結論

目的関数を線形近似することで，目的関数が非線形関数で与えられるトラス構造物最適化問題においても，良好な解を得ることができた．しかし，資源最小化問題への変換処理を行う間隔については，今後検討していく必要がある．