

## 配線経路選定問題に対する GA の評価関数の検討

飯田 一弘<sup>†</sup> 馬火玄<sup>‡</sup> 高橋 勇<sup>§</sup> 黒岩 丈介<sup>§</sup> 小高 知宏<sup>§</sup> 小倉 久和<sup>§</sup>

<sup>†</sup> 福井大学工学研究科 <sup>‡</sup> 西安理工大学 <sup>§</sup> 福井大学工学部

### 1 はじめに

発電所、変電所における、電力ケーブルを中心とした屋内配線の総量は数千本から数万本におよび、そのケーブルコストは莫大なものとなる。コスト削減のために、ケーブル長を最短にする配線計画を行う必要がある。しかし、ダイクストラ法などの従来の経路探索手法を元にした配線計画では、ケーブル単体での最適化しか行えず、全てのケーブルの総和を最適化することは困難である。そこで本研究では、ケーブル単体での最適化の積み重ねによる全体の改善ではなく、全配線の最適化を行うために遺伝的アルゴリズム(以下, GA)[1]の遺伝子としてケーブル全体を表現し、配線最適化問題における最適経路を求めるのに適用し、簡便かつ高速な最良解探索システムを構築することを目的とする。

### 2 配線最適化問題

#### 2.1 トレイネットワーク

発電所、変電所では、図1の様にトレイと呼ばれるラック状の容器で構成されたネットワーク内に電力ケーブル等を多量に配線する。このトレイネットワークは、

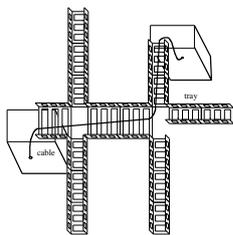


図1: トレイネットワーク

あらかじめ構成されているものとし本研究では、このトレイネットワークの構築、および最適化には触れない。トレイには、それぞれ容量が個別に定められており、この容量を越えてケーブルを通すことはできない。これが本問題における制約条件である。この制約条件をみたしつつケーブル長の最短化が目的である。

Examination of the Evaluation Function of GA for the Optimization of Cable Routing Problem

Kazuhiro Iida<sup>†</sup>

Xuan Ma<sup>‡</sup>

Isamu Takahashi<sup>§</sup>

Jousuke Kuroiwa<sup>§</sup>

Tomohiro Odaka<sup>§</sup>

Hisakazu Ogura<sup>§</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Engineering, Fukui University

<sup>‡</sup> Xi'an University of Technology

<sup>§</sup> Faculty of Engineering, Fukui University

#### 2.2 逐次計画法

配線最適化問題を解くための簡単な手法として経路を一本ずつダイクストラ法で逐次的に求めていく方法がある。例えば、ケーブルを一本ごとにダイクストラ法で最短経路を求めていき、制約条件をみたすためにトレイ容量の限界までケーブルが通過したトレイはそれ以後のケーブルの経路探索では隠す手法である。この手法を逐次計画法と呼ぶこととする。逐次計画法の場合には、ケーブルの探索順序が重要となる。ケーブルの探索順序に対する最適化を完全に行うのは、探索空間が莫大であり事実上不可能である。よって本研究では、ランダムに複数生成した任意の探索順序について逐次計画法を行うものとする。本GAではこの逐次計画法の解を、GAの初期エリート遺伝子として導入する。

### 3 GAの構成

#### 3.1 GAの方針

GAのパラメータは、以下に与える。

- 遺伝子プール数: 200
- 打ち切り世代: 150 世代
- 淘汰手法: トーナメント戦略
- メイティング手法: ランキングによるルーレット戦略

問題の性質上、ケーブル単体の経路獲得とその組合せを別々に行う階層型GA[2]も考えられるが、本GAでは簡単化のためにこれを一段階で行うものとする。

#### 3.2 遺伝子コーディング

一つの個体で全ての経路を表現可能とするために、ケーブル一本の経路表現をコドンとし、各個体がコドンケーブル本数持つものとする。更にコドンは可変長の整数列である。この数列から図2の様にケーブル一本の経路を動的に生成する。コドン内の整数値を  $I$ 、ノード数を  $m$  としたときの  $I$  のとりうる範囲は  $0 \leq I < m$  である。数値の意味は、経路中に必ず含まれていなければならないノード番号とする。スタートノード、ゴールノードは、ケーブル固定であってコドンの値には影響されない。よって、同じ値のコドンであってもそのコドンに対するケーブルのスタートノードもしくはゴールノードが違えばコドンによって表現された経路は異なったものになる。数列、スタートノード、ゴールノードからダイクストラ法を用いて実際の経路を生成する。スタートノードから数列で表されるノードを順番に通る、

ゴールノードまで至る経路である。それぞれのノード間はダイクストラ法で求めた最短経路とする。経路表

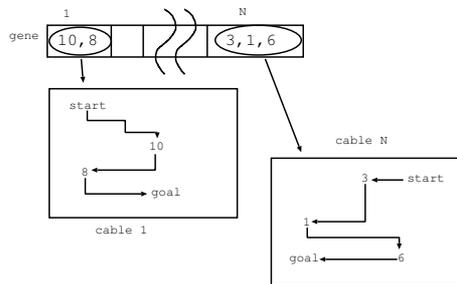


図 2: 個体のコーディング

現の例外として、数列で隣あう迂回点やスタートノード、ゴールノードなどが実際に隣接するノードであるときには、そのノード間の経路はダイクストラ法で求めるのではなくノード間の距離に関係なく直接結ぶものとする。また、経路生成の過程でループがあらわれた場合には、そのループを除去し、コドン内のノード番号も、ループが発生しないものに改変する。交差は、コドン単位の一様交叉とし、コドン内の進化は突然変異で行う。

### 3.3 遺伝子の評価

断面積をオーバーしたトレイが一つでもあったらその遺伝子は解としては存在できず、通常は致死遺伝子として扱われる。しかしここで取り上げた配線問題においては制約の厳しさによってはほぼすべての組合せが致死遺伝子となる可能性もあり、致死遺伝子を即座に排除しては進化を行うことも不可能となる。これを避けるため本研究ではトレイあふれが存在する遺伝子でも生存することができることとした。遺伝子の評価は、

$$\sum_{i=1}^{ln} L_i + C \sum_{i=1}^{tn} F(Tover(i)) \quad (1)$$

の式で行う。\$L\_i\$ は \$i\$ 番のケーブルの経路長、\$ln\$ はケーブルの総数、\$tn\$ はトレイの総数、\$Tover(i)\$ は \$i\$ 番のトレイにおけるあふれケーブル量である。ケーブル総経路長に、トレイごとのあふれ本数をなんらかの関数に代入したものを足して評価値とする。係数 \$C\$ によって、ケーブル経路長に対して、トレイあふれを重視する。そして関数 \$F\$ によって、遺伝子の評価をさらに柔軟に行うことができる。トレイあふれの集中を防ぐために非線形な関数にするなどである。今回は、\$F\$ はトレイあふれを 2 乗したものとする。

## 4 実験

### 4.1 テストデータの作成

テストデータとして図 3 のような、ネットワークを作成する。トレイの長さを単なるコストとし、一辺の

トレイ数が \$N\$ 個である正方形格子であるとする。トレイ長とトレイ容量は設定した範囲内でランダムに決定する。またケーブルのテストデータは、ノードのペアを

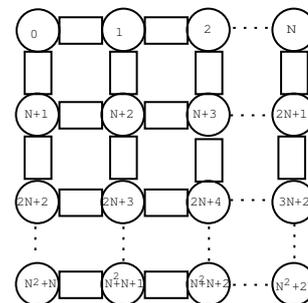


図 3: テストデータでのトレイネットワークの例

ランダムに決定し、それらをケーブルの端点とすることによって作成する。

実験に使用したテストデータは

- トレイ数：84
- ケーブル数：100
- トレイ長：5 25
- トレイ容量：6 12

である。このパラメータ値で、テストデータを 100 個作成し、それぞれについて 3000 パターンの逐次計画法を行い解が、求まったものについては GA を行った。

### 4.2 実験結果

100 回の指向中

- 逐次計画法で解が求まった回数：51
- GA で解が改善した回数：16

となった。

## 5 まとめと今後の課題

3000 パターンの逐次計画法で解が求まった 51 回のうち、16 回について GA で解を改善することができた。非線形な評価関数にしたことによってトレイあふれが改善されたかどうかを調査する。

またそれ以外の今後の課題である改良点として、現在コドンの組合せのみを行っている交叉を、コドンの中身に対する進化をも促すように、GA を階層型へ変更することも考慮にいれながら改良することなどが考えられる。

## 参考文献

- [1] 北野 宏明 (編) : 「遺伝的アルゴリズム」:産業図書:1994
- [2] 馬火玄, 飯田一弘, 謝孟春, 西野順二, 小高知宏, 小倉久和, 「最適配線経路選定問題に対する階層型遺伝的アルゴリズムの構成」電子情報通信学会論文誌, Vol. J85-D-I, No.1, pp.21-30, (2002.1).