

最適配線経路選定問題のさまざまな解法性能の評価

2P-3

馬 火玄* 小高 知宏** 小倉 久和**

* 福井大学工学研究科 ** 福井大学工学部

1 はじめに

最適配線経路選定問題は、建築物等において多数の設備や機器の間に張りめぐらされた多数・多種類のケーブルの敷設経路を、全体として最適化する問題である。1本のケーブルについては、有限離散グラフにおける2つのノード間の最適経路を探索する問題と等価であり、ダイクストラ (Dijkstra) アルゴリズム [1] により多項式時間で求めることができる。しかし、一般には敷設経路 (配線トレイ) にはケーブルの収容容量に制限がある。多数本のケーブルについてこのような拘束条件付きで最適配線経路を選定する問題は NP-完全となる。本論文では最適配線経路選定問題における最適値を求めるために、ダイクストラアルゴリズムを用いる、1つの厳密解法と2つの近似解法を提案する。それを最適配線経路選定問題の2階層型遺伝的アルゴリズムの手法と比較する。実験の結果により、各手法の特徴と性能を評価する。

2 最適配線経路選定問題

ある連結無向離散グラフを $G = (V, E)$ とする。 V はノードの集合、 E は無向辺の集合を表す。各辺には正値のコストが割り付けられている。コスト C は、 E から正実数への写像 $C: E \rightarrow \mathbb{R}_+$ である。 G に n 本の経路を設定する。 k 本目の経路 T_k は始点ノード a_k から終点ノード b_k までの経路である。経路は経路を構成する辺の順列 (あるいはノードの順列) で表す。 G における n 本の経路の集合、すべてのケーブルの配線案を $P = \{(a_k, b_k, T_k) \mid k = 1, \dots, n\}$ とする。経路 T_k のコスト $C(T_k)$ は、その経路を構成する辺のコストの和

$$C(T_k) = \sum_{e \in T_k} C(e) \quad (1)$$

である。 S を G における拘束条件として、最適配線経路選定問題は、 G において、 P が S を満足する条件の下で、 P の総コスト

$$F(P) = \sum_k C(T_k) \quad (2)$$

を最少 F する P を決定することである。拘束条件 S は、辺 $e \in E$ に対し e の容量を B_e 、配線案 P において辺 e を通る経路本数を $b(e)$ として、

$$b(e) \leq B_e \text{ for } e \in E \quad (3)$$

である。

各ケーブルは、トレイグラフにおける2つのノード、始点ノードと終点ノード間の経路で表す。1つの経路は辺の系列、あるいはノードの系列で表される。なお、ここでは簡単のため、辺の容量はすべてのトレイについて共通に B である。

$$B_e = B \text{ for any } e \in E \quad (4)$$

3 解法の提案

離散グラフにおける2つのノード間の最短経路は存在すればダイクストラ法でそれを必ず求めることができる。本論文では最適配線経路問題の最適値を求めるためにダイクストラ法を適用して以下の手法を提案する。

1. 厳密解法としての BB-Dijk 法

本手法は n 本のケーブルを順に、ダイクストラ法で得られる最適経路にそって敷設する。このとき、敷設本数が拘束条件の上限となったトレイは除外してダイクストラ法を適用する。こうすると得られる配線経路の総延長は敷設するケーブルの順序に依存する。 n 本のケーブルのすべての順列について分枝限定法 (BB 法) により枝刈りしながら探索して、得られた総延長最短のものが最適配線経路である。ここではこれを BB-Dijk 法と呼ぶ。

2. ランダム探索法としての Rand-Dijk 法

Rand-Dijk 法とは、すべてのケーブルについてケーブルの敷設順をランダムに選んで敷設本数が上限の拘束条件となったトレイは除外してダイクストラ法を用いてケーブルの経路を求める方法である。

3. 部分的列挙法としての Rand-BB-Dijk 法

ケーブル経路の探索域にはランダム法の大域探索と分枝限定法を用いる局所探索を組み合わせるために、

Evaluation of the methods to the optimization of the cable routing problem

Xuan Ma* Tomohiro Odaka** Hisakazu Ogura**

*Graduate School of Engineering, Fukui University

**Faculty of Engineering, Fukui University

Rand-BB-Dijk 法を提案する。Rand-BB-Dijk 法とは、ケーブルの順序に対してケーブルの経路を、一部のケーブルにランダム法の Rand-Dijk 法を用いて求め、残るケーブルに列挙法の BB-Dijk 法を用いて求める方法である。

4. 遺伝的アルゴリズム法

提案した最適配線経路選定 GA は二階層構造のストリングに対してそれぞれの GA から構成される。そのそれぞれの GA を第 1 階層 GA、第 2 階層 GA と呼ぶ。第 1 階層 GA では、それぞれのケーブルについていくつかの最短あるいは準最短経路を求める。第 2 階層 GA では、すべてのケーブルの最短あるいは近似的最短(準最短)経路の最適な組み合わせを求める。染色体のコーディングは各ケーブルの経路と経路の組み合わせによる全経路選定の表現を統合するため二階層の構造とし、それぞれの階層に対応する GA を行なう。

4 実験と評価

まず、実験用データについて説明する。トレイグラフはノード数が 49、辺の数が 84 のトレイグラフを使った。ケーブル数をそれぞれ 10 本と 60 本とした。GA 法では、第 1 階層 GA と第 2 階層 GA の集団サイズ、両方もとも 50 とし、突然変異はそれぞれ 0.05 と 0.1 とする。拘束条件はケーブル本数が 10 の場合は 3 とし、60 の場合は 18 とした。次に、実験の結果を以下のものとまとめる。図 1 と表 1 に示すのは 10 本のケーブルの場合各手法の厳密解を求めることである。

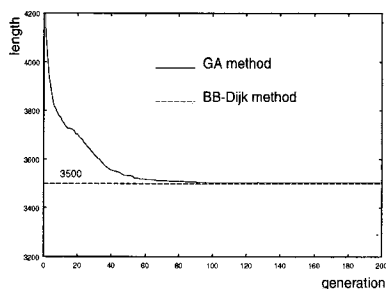


図 1: 解の比較

表 1: 10 本ケーブルの場合の解の比較

method	Best	worst	average	time
BB-Dijk	3500	-	-	52m49s
Rand-Dijk	3500	-	-	3.2s
GA	3500 (7)	3527	3503.3	3m47s

10 本ケーブルの場合, Rand-Dijk 法では 978 回目に

厳密解を見つけた。GA では 10 回の試行において、エリート個体の最良評価値は 3500 が 7 回得られた。

表 2: 60 本ケーブルの場合の解の比較

method	times	Best	worst	average
Rand-Dijk	10000	16267	-	-
Rand-BB-Dijk	20	16363	-	-
GA	10	16244	16386	16308.9

60 本ケーブルの場合、表 2 に示すように、Rand-Dijk 法では 10000 回の試行時間が、GA の 10 回の試行時間とほぼ同じで、約 4 分であった。Rand-Dijk 法で 20 回試行で得られた最良値は 16958 であった。

これらの実験結果により、BB-Dijk 法はいずれも可能領域を探索するので、厳密解が求められるが、一般に膨大な計算量を必要とする。ケーブル本数が多い場合には計算時間上適用できないが、近似手法の検証の比較対象とする価値があると考えられる。Rand-Dijk 法はケーブル本数が少ない場合は、充分に多数の実行可能解を調べることができれば、望ましい準最適解が得られることが期待される。Rand-BB-Dijk 法はランダム探索法のできるだけ広い領域を探索することを重視することと、列挙法の可能領域で列挙する範囲を狭めて探索する特徴を利用して、ランダム探索法の解を大きく改善できる。GA の手法は近似解法として上述の方法に比べると、ケーブル本数が多い場合は、良い結果が求められることがわかった。大規模の配線問題に対して GA の優勢がより強くなると見られる。

5 おわりに

最適配線経路選定問題への解法には、提案した手法に対して配線ケーブルの規模によって適当な手法を適用すべきである。しかし現実の問題にはケーブル本数が多い場合が多い。各手法の性能を比較することによって、GA の手法は有効になると考えられる。

参考文献

- [1] A.V. エイホ, J.E. ホップクロフト 著 大野義夫訳 “データ構造とアルゴリズム” 培風館(1996)
- [2] 馬 火玄, 謝孟春, 飯田一弘, 西野順二, 小高知宏, 小倉久和: 2 段階型 GA と階層分散型 GA の最適配線経路選定問題への応用, 第 60 回情報処理学会全国大会講演論文集 pp. 2/163-164, 2000.3