

配線最適化問題に対する2段階GAの検討

坪内 透[†]高橋 勇[‡]黒岩 丈介[‡]小高 知宏[‡]小倉 久和[‡]福井大学大学院工学研究科[†]福井大学工学部[‡]

1. はじめに

大規模な建造物ではケーブルの総量は膨大なものになり、そのケーブルは敷設されたトレイのネットワークを通して接続される。トレイにはケーブルの収容容量に制限があり、その容量をオーバーしてケーブルを通すことができない。そのため、ケーブル一本ごとの最適な経路はダイクストラ法などにより求めることができて、トレイに制限容量いっぱいケーブルが通過してあった場合、そのトレイにケーブルを通そうとしても通すことができなくなるため、異なるルートを通らなければならない。そのためケーブル全体で最適な配線経路を求めることが困難となる。

多数本のケーブルを最適に配線する最適経路問題に対して、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた研究が検討されている [1][2]。本研究では最適経路問題に対する2段階GA [2] の改良案について研究した結果を報告する予定である。

2. 配線最適化問題

大規模な建造物において、あらかじめ配置された機器などをつなぐケーブル敷設用トレイのネットワークがある。機器などを発線地・終線地として多数のケーブルをそのトレイネットワーク上に敷設する。各トレイにはケーブル敷設の許容容量があり、トレイではその容量を超えてケーブルを敷設できない。トレイネットワークの経路探索問題は、このような許容容量のあるトレイ間をケーブルで接続して、発線地から着線地までの経路を選定し、すべてのケーブルの総配線長を最短にする配線案を求める最適化問題である。

図1にトレイネットワークの簡単なモデルを示す。

印はトレイの接続点を表す(以後、この接続点をノードとよぶ)。各ノードを識別するために、それぞれのノードには番号をつけた。設備・機器はノードのいずれかに接続される。それぞれのノードを接続する直線はトレイを表す。本来ならばトレイにより容量が異なるが、今回は問題を簡単にするためにすべてのトレイの容量は、同一であると仮定した。

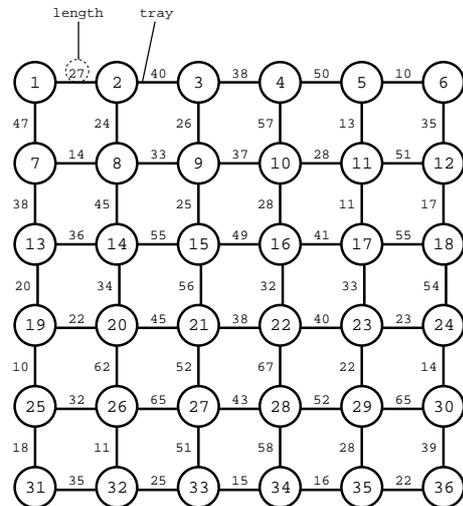


図1: トレイネットワークのモデル

3. 遺伝的アルゴリズムの適用

最適配線問題を解くために用いる遺伝的アルゴリズムとして、2つの方法がある。1つ目はケーブルの経路とその組み合わせを同時にあつかう、一段階のGAである [1]。2つ目はケーブルの経路をあつかう階層とその組み合わせをあつかう階層に分ける2段階GAである [2]。2つの方法が考えられる。最短経路の組み合わせでは解は求まらないが、ケーブル全体を最短に近い経路で互いに迂回しあうことで、解が求められる可能性が高いと予想される。そこで2段階のGAで処理させる方が全体だけを処理させる方よりも、ケーブル単位で最良な解を探索することが有効だと考え、本研究では2段階のGAを採用した。

3.1 遺伝子コーディング

遺伝子のコーディングの例を図2に示す。

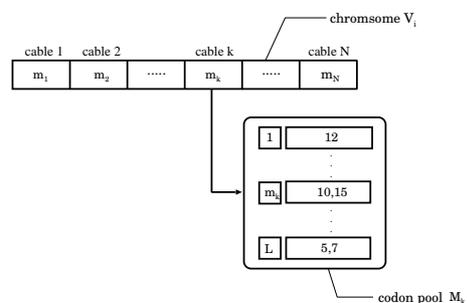


図2: コドンプールと染色体の表現例

[†]Two-Stage GA for Cable Routing Optimization Problem

[†]Tooru Tsubouchi · Graduate School of Engineering, Fukui University

[‡]Isamu Takahashi, Zhosuke Kuroiwa, Tomohiro Odaka, and Hisakazu Ogura · Faculty of Engineering, Fukui University

一本のケーブルはそれが通過するノードにつけられた番号の列で表現する。そこでノードにつけられた番号を並べることで、ケーブルを表すこととした(以後、これをコドンとよぶ)。なお、今回の問題では最短経路に近い経路が有力な経路となり得るので、通過するすべての経路を記述するのではなく、通過すべきいくつかのノードのみを記述し、その間はダイクストラ法で最短経路を求めることとした。

GAの第一階層において、ケーブルの経路にGAをかけるために、各ケーブルごとにコドンプールを用意する。コドンプールの中には第2階層で採用されるコドンの候補が保存される(以後、コドン候補とよぶ)。

第2階層ではすべてのケーブルの組合せに対してGAをかける。このGAの染色体はすべてのケーブルの経路であり、コドンの集合で表現される。このコドンの集合は第一階層において、コドンプールに保存されたコドン候補により構成されている。具体的にはコドン候補に番号がふられており、その番号の列で染色体を表現する。

3.2 遺伝的操作

3.2.1 コドンプールの遺伝的操作

前述のコーディング法に対し、コドンプール M_k 内の遺伝的操作は次のように実行する。まず交叉では、交叉に用いる親ペアを M_k からランダムに選択する。そして、交叉箇所を選択された親で、通過ノードが少ない親の通過ノードの数だけ決定し、その箇所で交叉を実行する。次に突然変異では、各コドンプールにおいて、突然変異率によってランダムに突然変異する候補コドンが決定される。決定された候補コドンは約50%の確率で通過ノードを増やすか減らすかのどちらかを決定する。減らす場合は、ランダムに一つの通過ノードを消す。増やす場合は、存在するノードからランダムに一つの通過ノードを追加する。また、選択ではルーレット選択を用い、エリート保存を実行する。エリート保存では各コドンプールにおいて最良な候補コドンと個体の評価で最適だったときの候補コドンをエリートとして保存することにし、もっとも劣っている候補コドンと置き換える。

3.2.2 染色体プールの遺伝的操作

染色体プールの遺伝的操作は次のように実行する。まず、染色体プールの交叉では一様交叉を実行する。突然変異では、突然変異率によりランダムに個体を選択され、その個体中の一つのコドンを突然変異によりランダムに置き換える。また、選択はルーレット選択を用い、エリート保存を実行する。エリート保存では最良な個体をエリートとして保存することにし、もっとも劣っている個体と置き換える。

全体の処理としてコドンプールで、ある一定回数だけ候補コドンどうしを交叉や突然変異などの遺伝的操作で処理した後、染色体プールでもある一定回数だけ染色体どうしを遺伝的操作で処理する。また、その後は、終了世代に満たなければ、またコドンプールにもどり同様に処理させることとする。

4. 結果と考察

今回、本手法が所望の結果を与え得るかを調べるため、予備的な実験を行った。

システムは 5×5 のグラフで、トレイの制限容量をすべて同じにし、ケーブル数を10本として実験した。また、GAでは経路候補の通過点を2個と限定し、終了世代を1000世代として実行した。逐次探索を用いて、ケーブルの探索する順番を変えて処理させたとき12時間かかったのに対し、GAでは5分ほどで最適な解を求めることができた。

今回、逐次探索ではかなり時間がかかったのに対し、本手法では短時間で最適な解を求めることができた。

2段階GAでは上のような最適配線問題の構造に合わせて、2段階のコーディングを行った。1段階目でケーブルの経路単位でいくつかの候補をコーディングして、各ケーブルごとそれらを遺伝的操作で処理し、2段階目でケーブルの経路候補の組合せをいくつかコーディングして、ケーブル全体の経路の組合せとしてそれらを遺伝的操作で処理させた。

このような手法で実験した結果として、短時間で最適な解をみつけたことなどから、本手法が配線経路問題に対し、有効であると考えられる。

5. まとめ

配線経路問題を解法する一つの手法として、2段階GAによる手法を研究した。さらに、予備的な実験を行い、本手法の有効性を確認した。

今後は、システムサイズやケーブル数を多くした場合、トレイ容量を変化させた場合について詳細に研究し、本手法の特徴を明らかにする予定である。さらに、今回は通過点を2個に制限してしまったことにより、ケーブルの通過する経路が限定されてしまい、近似最適な解を求めることはできないこともある。そのため、通過点の候補の数を制限せずにGAで処理することも検討する予定である。

参考文献

- [1] 飯田一弘, 馬火玄, 白井治彦, 西野順二, 小高知宏, 小倉久和: “進化的計算によるケーブル配線経路計画問題の解法”, 日本ファジィ学会第16回ファジィシステムシンポジウム WB4-3
- [2] 馬火玄, 白井治彦, 西野順二, 小高知宏, 小倉久和: “2段階GAと階層分散型GAの最適配線経路選定”, 情報処理学会平成12年度全国大会 2-143