101　電気配線問題のＧＡによる解法

函館高専　○松浦　易広　浜　克己

要　旨

ビルなどの屋内施設に対しは，空間的な制約の下で電気容量や配線コストを考慮しながら最適な電気配線をすることが要求される．本研究では空間の相対的な位置関係のみに着目し，あらかじめ与えられた経由点のすべてを結ぶ最適経路の探索について，ＧＡによる解法を試みる．

１．緒　言

ＣＡＤの実用化に伴い，ビルなどの建築物の設計は計算機による自動化が普及しているが，その内部の配線経路を決定する作業は未だ自動化が遅れている状況である．プラント設計の際のケーブル・配管の最適な経路を求める場合も同様に扱うことができるが[1]，これらは一般に線的施設の最適配置問題と見なされ，経路途中での分岐などを考えると非常に難しい問題である[2]．本研究ではこの電気配線問題を最適化問題の一つと考え，遺伝的アルゴリズム[3]（ＧＡ）を用いた効率的な解探索を試みる．

２．問題設定

本研究では，空間制約のみに着目し，与えられた領域内に始点と終点，さらにコンセント等に相当する経由点を設定して，すべての経由点を通過する始点から終点までの最適経路を探索することを目的とする．この際，エネルギーロスが最小になるような配慮を行い，経路途中での分岐はないものとする．

対象となる立体は，いくつかのブロックに分割されているものとし，x,y,z方向の分割領域の集合をそれぞれX,Y,Zで表現する．これより作業空間は$X\times Y\times Z$と表現され，以下で扱う座標(x,y,z)は$X\times Y\times Z$の要素である．このとき，座標(x,y,z)での障害物（機器）の状況を次のように表す．

$$Obs(x,y,z)=\begin{cases}1 & \text{if an obstacle is } (x,y,z)\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases} \qquad (1)$$

$$(x,y,z)\in X\times Y\times Z$$

また，次の配線位置を決定する際に，周囲の６近傍の障害物の有無を観測することができるものとし，時刻tでの状態（位置），およびその時刻位置における周囲の障害物の状態は以下のように表現される．

$$q(t)=\langle(x(t),y(t),z(t))\rangle \qquad (2)$$

$$S(q(t))=\langle Obs(x-1,y,z), Obs(x+1,y,z), Obs(x,y-1,z), Obs(x,y+1,z), Obs(x,y,z-1), Obs(x,y,z+1)\rangle \qquad (3)$$

配線の状態遷移関数δは，状態$q(t)$を次の状態$q(t+1)$に写像する．

$$q(t+1)=\delta(q(t),m)\ ,\ q(t),q(t+1)\in Q：\text{状態集合} \qquad (4)$$

$$m=\sigma_1\sigma_2\cdots\sigma_i\cdots\sigma_n \quad (0<n<T,\ T：\text{最大時間ステップ})$$

$$\sigma_i=\{a\}\ (a\in A,\ A=\{FW,BW,LT,RT,UP,DW\})$$

A：移動（方向）パターン集合

これより，配線問題は，移動パターンにしたがい，周囲の壁や機器との接触を避けながら与えられた経由点をすべて通過し，終点までの到達に伴う状態遷移を終結するまでの移動系列を見つける問題と見なされ，以下のように記述される．

$$Find\ M=\{m \mid \delta(q(t_0),m)=q(t_G)\} \qquad (5)$$

$q(t_0)$：始点，$q(t_G)$：終点，$q(t_0), q(t_G)\in X\times Y\times Z$

３．ＧＡの適用

３．１　遺伝子表現と初期集団の発生

染色体を構成する遺伝子は，前述の移動パターン集合から選択される．すなわち，あるブロックからの前，後，左，右，上，下への動きを，０，１，２，３，４，５の数値で表現し，数値列における左からの並びがその経路を表す．したがって，これらの数値で構成された可変長の染色体が一本の経路を表すことになる．

初期集団の発生は，与えられた空間の大きさによって一遺伝子の最大長を設定し，以下の２つの制約にしたがいながら，終点に達するかたどり着かないまま最大長になるまで，ランダムに遺伝子を発生させる．

１）エネルギーロスを考慮し，直線的な配線が選ばれやすいように選択の際に重み付けをする．

２）経路発生が途中停止しないように，ループが発生した場合はその位置より新たに遺伝子を発生させる．

３．２　選択

各個体の優劣を評価するために評価関数を設定し，それにしたがって評価値を算出し，最大の値を持つ個体を解として採用する．ここでは，そのための指標として以下の３点を考慮する．

１）多くの経由点を通過し，始点から終点までできる

だけ短い短い距離でたどり着いているものがよい．

2）直線部分が長く，角が少ないものほどよい．

3）壁・機器の回りに沿っているほどよい．

以上の考えに基づき，個体iの評価関数F_iを以下のように与える．

$$F_i = a_1 \frac{1}{\alpha L_i + \beta C_i + \gamma W_i} + a_2 \frac{V_i}{V_\Sigma} + a_3 G_i \qquad (6)$$

L_i：移動距離，C_i：角数，W_i：壁(機器)に沿わぬ数

V_i：通過経由点数，V_Σ：全経由点，G_i：終点達成数

$a_1, a_2, a_3, \alpha, \beta, \gamma$：係数

これにより，適応度の高い個体が子孫を残す確率が高くなる．ここでは選択方法として比例戦略を基本とし，世代の進化に伴う評価値の低下を防ぐために，以下のように前世代での最大値を保存するようにした．

$$\text{if } F_{max}(gen\text{-}1) > F_{max}(gen) \text{ then } F_{min}(gen) = F_{max}(gen\text{-}1) \qquad (7)$$

比例戦略での各個体の生存確率P_iは次のとおりである．

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^{POPSIZE} F_j} \qquad (8)$$

3．3 交差と突然変異

ここでの遺伝子は連続的な系列を表現しているため，交差として個体の任意の箇所をランダムに分断して他とつなぎ合わせることはできない．したがって，２つの個体の経路に対する状態遷移をそれぞれ比較し，同じ状態があればそこを交差点とする．また，それらの前後を部分的に評価して良いものを寄せ集め，２つの親個体から１つの子の個体を生成する．２点交差を基本とし，交差点が１点の場合には１点交差を行う．

突然変異についても交差同様，任意の箇所を勝手に変更することはできない．そのため，ここでは経路上に適当な１点を決め，その前半部を残したまま後半部に新たな経路の部分遺伝子を生成する方法を採る．終点に達していない個体に対しては積極的に実施し，それ以外についてはある確率で行う．

4．計算機実験

以上の問題設定に基づき，ＧＡによる解法の有効性を検証するために簡単な計算機実験を行った．実験条件は以下のとおりである．

三次元平面の設定：$X = 20,\ Y = 20,\ Z = 2$

経由点数：$V_\Sigma = 8$，集団サイズ：$POPSIZE = 50$

最大遺伝子長：200，突然変異確率：0.5

$a_1 = 0.5 {*} L$，$a_2 = 4$，$a_3 = 0.5$

$\alpha = 1, \beta = 3, \gamma = 2$

世代ごとの適応度の変化と実際に獲得した配線経路の結果をそれぞれ図１と図２に示す．ここでは経由点

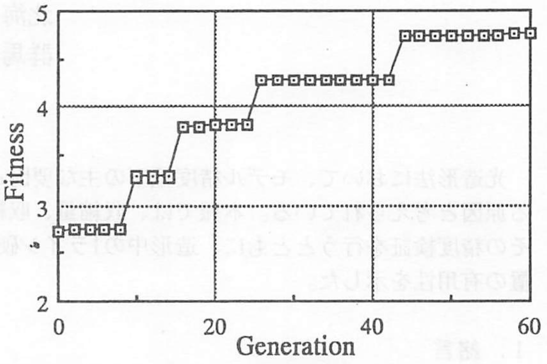

図１ 世代ごとの適応度の変化

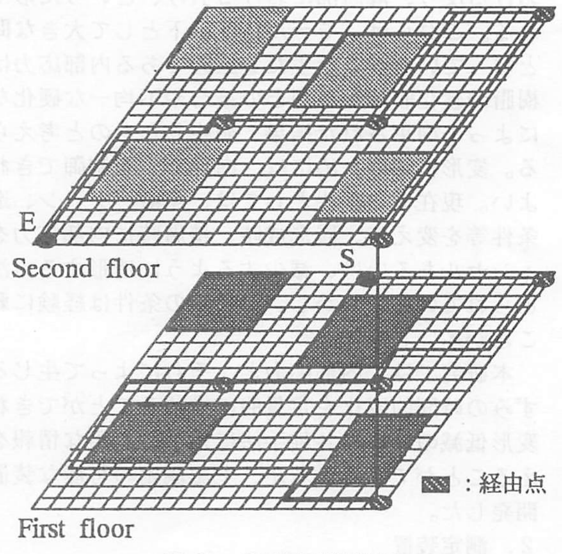

図２ 配線経路結果

の通過と終点到着に対して大きな評価を与えているが，図１より，適応度はローカルミニマを抜けながら段階的に増加していることがわかる．また，図２は最適解になってはいないが，評価の際の指標としてあげた各条件をある程度満足していると思われる．

5．結言

電気配線問題を対象に，空間内の相対的な位置関係のみに着目してＧＡを適用する方法を示し，簡単な計算機実験によりその有用性を確認した．階層の増加や経路途中での分岐を許す最短経路問題への対応が今後の課題である．

参考文献

1)原，高須：ＧＡによるケーブル経路最適化の研究，機械学会７１期通常総会講演論文集，83/85，1994

2)最適配置の数理，７章，朝倉書店

3)安居院，長尾：ジェネティックアルゴリズム，昭晃堂，1993