

# 遺伝的アルゴリズムを用いた舗装補修順序の最適化

開発コンサルタント(株) 総合技術部 ○ 國分修一  
 同 同 謝 旭  
 同 道路・交通部 松野 勝

## 1. 序

道路網に複数の補修対象個所があつて順次補修工事を実施することを考える。工事当該個所は通過する交通によって渋滞が発生し、交通の一部は他のルートを迂回して目的地に到達する。この時、道路利用者の利益と損失、補修工事費用が発生するが、一般に、構造物の供用性は補修時期が遅れると著しく低下して利用者の被る損失が大きくなるとともに補修のための費用も増大する。また、道路の供用性が低下すると騒音・振動など沿道住民も被害を被ることになり、道路網の補修計画策定に当っては、必要となる費用が最小で住民・利用者の被る損失が最小あるいは利益が最大となるように、損傷程度に見合った補修時期と費用の算定および優先順位を決定することが極めて重要となる。このうち、損傷程度と補修費用、あるレベルの供用性を道路が維持する期間についてはデータ蓄積がなされているが、補修個所の階乗だけ存在する補修順序並びから最適な並びを抽出する技術についてはまだ十分に検討・実用化されていないように思われる。本文は、最近のコンピュータの高性能化においてもこのような最適並びを逐次計算法によって求めるには限界があるものと考え、最適補修順序の決定に遺伝的アルゴリズムを適用した場合の有効性を検討するものである。

## 2. 補修最適化問題における遺伝的アルゴリズムの具体的作業

補修順序の最適化に遺伝的アルゴリズムを適用するには、補修順序の並びを遺伝子に見立てて交配と増殖、劣勢遺伝子の淘汰、突然変異などを起こさせ、優勢な遺伝子（利益大で費用小）のみを残しながら無数の遺伝子の内から最も優秀な遺伝子を見つけることになる。その具体的作業を示すと以下のとおりである。

### 1) 人口の創出

これは複数の遺伝子配列を作ることである。遺伝子配列は、今回の場合、補修順序を表すランダムな数字で構成されるようにプログラミングする。また、人間世界でも人口が多いほど多様な遺伝子と優劣が存在するように、ここでも補修個所数に応じた数の異なった遺伝子配列を作ることが必要である。

### 2) 劣勢遺伝の淘汰

各遺伝子配列の計算を行い、幾つかの劣勢遺伝子配列（整備効果が小さい順序並び）は棄却する。これが淘汰であるが、淘汰する割合は人口の大きさから決定する。

### 3) 交配と増殖

人口は淘汰によって少なくなるが、欠員を補充するために、淘汰されなかった（劣勢とは判断されない）グループを親として子孫を作る。その方法は、親の遺伝子配列をランダムな位置で切断し、配列部分の交換を行なう。切断する場所は1箇所であったり、複数であったりする。

### 4) 突然変異

劣勢と判断されない遺伝子配列をもつ人口は、淘汰、交配・増殖を続けてゆくと次第に同一の優勢遺伝子配列になってゆく。しかし、人口は母数から見ると限定されたものであるから、この優勢遺伝子配列は限られた範囲での優勢であるかも知れず、全体的にみると他に最優勢な遺伝子配列の存在する可能性がある。このため、所定回数だけ淘汰、交配・増殖を繰り返した後、人口創出時と同様な方法で突然変異を起こさせてグループに新しい遺伝子配列を導入する。このとき、突然変異が多すぎると答えが発散してしまう可能性があるので注意する。

### 3. 補修最適化における遺伝的アルゴリズムの有効性に関する検討

遺伝的アルゴリズムの有効性検討に用いた補修箇所を概念図-1に示す。黒の実線が道路網、丸に黒文字が補修箇所。道路網には9箇所の補修箇所があったとした。補修箇所は舗装区間を想定しているが当然橋梁等の構造物補修などにも適用できる。この修繕区間は経年により供用性能が落ちるので、補修時期が遅くなるにつれて住民・利用者の被る不利益は漸増し、補修費用も増大する。費用対効果は修繕区間を考慮した交通の再配分と修繕年次によって計算されるが、本題は遺伝的アルゴリズムの有効性を検討することにあるので、交通配分問題やそこから得られる費用対効果の指標は正確に求める事はせず表-1に示すような経年を考慮した簡単な数式を用いて求めるものとした。計算プログラムは前述の遺伝的アルゴリズムにしたがって作成し、最優秀と思われる数値配列を求めて逐次計算で求めた最優秀配列と対比した。また、今回の計算では、毎年一箇所補修するものとして全体で9年かかることにし、人口(数値配列)10人、淘汰割合30%、交配・増殖回数100回、突然変異を10,25,50,75回で生ずるとしてかなり簡略化している。

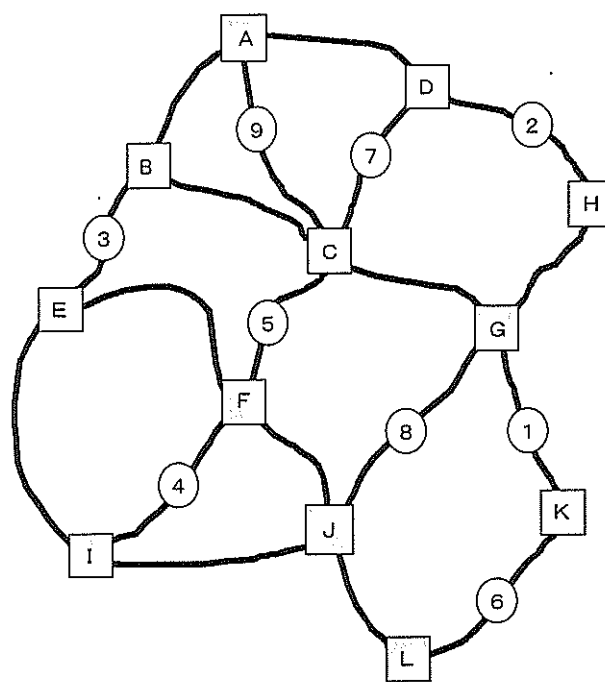


図-1 道路網と補修箇所の概念図

表-1 利用者利益と補修費用

箇所番号	利用者利益	補修費用
①	$200 - 5Y$	$21 + 51Y$
②	$240 - 5Y$	$25 + 51Y$
③	$190 - 5Y$	$31 + 51Y$
④	$260 - 5Y$	$21 + 51Y$
⑤	$220 - 5Y$	$31 + 61Y$
⑥	$200 - 5Y$	$41 + 61Y$
⑦	$270 - 5Y$	$21 + 51Y$
⑧	$255 - 5Y$	$25 + 45Y$
⑨	$240 - 5Y$	$31 + 51Y$

計算の結果、9箇所の補修箇所並び(362,880通り)を順に計算した逐次計算法では、計算時間が約2160分(36時間)で最も整備効果が高い数値配列の並びが⑦⑧④②⑨①③⑤⑥となっており、利用者利益と補修費用の比は10.460となった。一方、遺伝的アルゴリズムを用いた場合、計算時間が約6分で⑦⑧④②⑨①③⑤⑥あるいは⑦⑧④②⑨①⑤③⑥の数値配列を得、そのときの利用者利益と補修費用の比は

10.460であった。また、同じ計算を10回繰り返した場合でも逐次計算法と同じ結果を得た。遺伝的アルゴリズムを用いた場合、局地解に陥る可能性が全くないわけではないが、簡略化した計算でもかなり良好な結果を得ることができるものと考えられる。また、今回のプログラムは計算結果を画面に表示させて途中経過を確認しながら作業するものであったが、逐次計算法に比べて1/360の時間で最適値を得ることができた。画面表示を止めれば計算時間をさらに早めることができ、実際にはここに示した以上の効率を得ることができるものと思われる。これらのことは、パソコンベースでも十分に有効な補修計画が策定できるであろうことを示しており、遺伝的アルゴリズムの適用が実用的かつ効果的であることを示している。また、交通配分問題や費用対効果の算定を自動的に組み込んで政策的な予算配分の考え方を反映できるようなプログラムの構成・内容にすればかなり複雑で大きな道路網の補修順序の最適化にも十分効果的であるものと考えられる。

以上、補修順序の最適化について遺伝的アルゴリズムの適用が効果的であることを示したが、より大きな問題に対する遺伝子配列の作成、交配・増殖の方法、淘汰と突然変異の割合などやプログラムの構成・内容などの検討はこれからの作業である。

参考文献；(1)田村 亨他,土木学会論文集 No.482/IV-22, pp.37-46,1994,(2)亀山修一,学位論文,第4章,5章,1997