

関西大学工学部 正会員 則武通彦
 関西大学工学部 正会員 山田忠史

関西大学総合情報学部 正会員 古田 均
 国際航業(株) 正会員○室住治伸

1. 本研究の背景・目的

道路網は、市民生活や経済活動が円滑に営まれるうえで重要なものである。そのため、あるOD間での交通移動が困難になると、それらに大きな支障をきたす。交通量の多い都市域においては、日常的に自然渋滞や、事故、工事等による渋滞が発生しており、道路網の機能低下が目立っている。そこで、道路網の信頼性について検討する必要がある。ここでは、許容できる所要時間の範囲内の2地点間のトリップ可能性を信頼性と仮定する。本研究では、GA(Genetic Algorithm)を用いて、ある所要時間内でのトリップが可能な経路の全てを抽出し、PNET法との結合により経路間の独立性を考慮したうえで、対象道路網の信頼度を算出する。計算結果を基に、この手法の有効性や解の算出効率について検討する。

2. 経路探索問題に適用するためのGAの改良

経路探索問題にGAを適用する時に、本研究で考慮した点や、工夫した点について要約すると次のようになる。

①個体の発生処理において、ランダムに遺伝子(リンク)を決定したのでは、選択経路のリンクが連続していなかったり、ループする経路が発生してしまう。そのため、あらかじめ制限を加え、これらの個体が発生しないようにした。

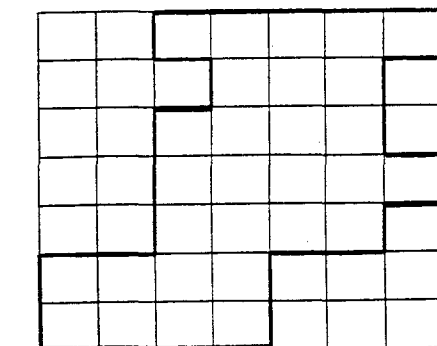
②次世代に残す個体の決定において、通常のGAで使用されるエリート戦略や、ルーレット戦略を用いただけでは、最適解の探索効率が低くなった。そこで、所要時間が長い経路でも、優性な遺伝子(リンク)を含んでいる経路については、その遺伝子の占める割合を考慮し、割合が高ければ優先的に次世代へ残すという処理を加えた。

③GAでは初期世代の個体をランダムに形成しているが、初期世代で作られた個体の適応値がどれも低いものであれば、最適解に収束するまでにかなりの時間を要する。また、ネットワークを構成するリン

クの数が多い場合や、複雑なネットワーク構造を持っている場合は、経路探索に要する計算時間が大きくなる。そのため、初期世代形成の段階で、解の収束効率を高めるために、走行経験を通して最短経路に関する情報を有する個体を、初期世代の全個体数の5%~10%程度含ませた。

3. 7×7道路ネットワークの解析

ここでは、ある道路ネットワークを用いて、設定した所要時間内にある複数本の経路を同時に探索し、それに該当する全ての経路を抽出できるかについて調べ、経路探索問題に対するGAの適応性を検討する。次に、PNET法を用いて対象ネットワークの信頼性解析を行い、この手法の有効性や解の算出効率について検討する。また、ネットワークを構成するリンクの数や、各リンクの走行時間を変化させた場合にも解が算出できることを確認する。一例として、図1に示される7×7道路ネットワークに、本研究で提案する手法を適用する。



A
 図1 7×7道路ネットワーク

ここでは出発地点をA、目的地点をBとした時に、30分以内で目的地に到達できる確率を求め、これを対象道路網が持つ信頼度としている。GAの各パラメータの設定は、個体数を200、探索回数を100、交叉確率を0.3、突然変異確率を0.3としている。また、

各リンクの走行時間は全て正規分布に従っているものとし、それぞれに平均走行時間と分散を設定している。

GAを用いて、30分以内に目的地まで到達する経路を探索した結果、10本の経路が得られた。これらの経路は、ネットワーク形成時にあらかじめ設けた所要時間30分以内の経路と一致した。ここに示した結果とは別に、各リンクに設定した走行時間や、道路ネットワークを構成するリンク数を変えた場合等、多くのパターンにおいて経路探索を繰り返した。その結果、全ての場合において、目標とする所要時間内にある全ての経路を抽出することができた。

次にPNET法¹⁾を加えることにより、信頼度を算出する際に有用となる経路間の独立性を考慮した経路探索を行い、対象ネットワークの信頼度を算出する。ここでPNET法とは、各経路間の相関関係を考慮し、独立性の高い経路を対象に、ネットワークの信頼度を近似的に算出する手法のことである。信頼度は、以下の式で算出される。

$$P(T > t) = \{1 - P(T_1 > t)\} \{1 - P(T_2 > t)\} \cdots \{1 - P(T_n > t)\}$$

ここに、

$P(T > t)$: 対象ネットワークの信頼度

$P(T_n > t)$: 経路 T_n で時間 t 内に目的地へ到達する確率

n : 臨界相関係数の値で決まる、独立性の高い経路の数

この手法によって抽出された経路は、図1の太線に示される2本の経路であり、明らかに独立性の高い経路であることが分かる。得られた2本の経路を基に、対象ネットワークの信頼度を算出すると、

$$P(T > 30) = 0.924$$

という結果が得られた。信頼度算出においても、リンク走行時間や、ネットワークのリンク数を変えた場合等、多くのパターンにおいて適用を試みたが、いずれの場合でも効率的に信頼度を算出することができた。本研究では道路ネットワークの2地点間信頼度を求めているにすぎないが、GAでは個体集団を増やすことができるため、2地点間信頼度が算出できれば、多地点間の信頼度も同時に算出することが可能となる。また、個体の遺伝子型を自由に決定できるので、道路ネットワークの信頼度算出とともに、道路ネットワーク中の整備箇所決定や、整備

順位の決定を行うことも可能であると考えられる。

4. 実際の道路網への適用

図2に示される実際の道路網を対象に、本研究で提案する手法を用いて信頼性解析を行い、複雑なネットワーク構造であっても信頼度が容易に算出できることを実証する。ここでは、50分以内にA地点からB地点へ到達する確率を求め、その値を対象道路網を持つ信頼度としている。GAの各パラメータの設定は、個体数が200、探索回数が300、交叉確率が0.3、突然変異確率が0.3である。また、ここでも各リンクの走行時間は全て正規分布に従うものとし、それぞれに平均走行時間と分散を設定している。

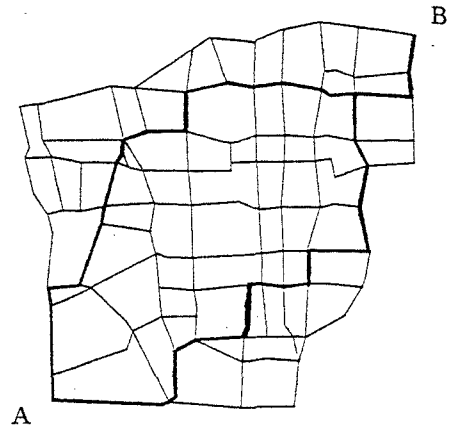


図2 実際の道路ネットワーク

経路探索の結果、抽出された独立性の高い経路は、図2の太線で示される2本の経路となった。次に、この経路から対象道路網の信頼度を算出すると、

$$P(T > 50) = 0.885$$

という結果が得られた。このように、実際の道路網においても、探索効率が悪化することなく、信頼度を算出できることが実証された。

5. 結論

GAは、道路網を構成するリンク数が膨大なものであっても、経路探索問題に適用できる。本研究では、 n 番目までの最短経路の全てを効率よく探索できることが確認できた。また、PNET法との結合により、複雑な構造を持つ道路ネットワークにおいても信頼度を容易に算出することができる。

【参考文献】

- 1) 伊藤孝・亀田弘行・黒田勝彦・藤岡隆三：土木・建築のための確率・統計の応用、丸善株式会社、pp.526-538、1988