

IV-161

GAによるグラフ分割を導入した部分グラフ
集約化による全点間信頼度の近似解法金沢大学工学部 正会員 高山純一
金沢大学工学部 学生会員 ○石井信通

1. はじめに

道路整備が急激に進むにつれ、道路網全体の持つサービスレベルの評価の必要性が高まってきた。この評価指標の一つとして信頼性が挙げられ、特に震災後の道路寸断による孤立地域発生を防ぐための道路網計画、あるいは都市内の防災拠点の整備計画¹⁾に対し、全点間信頼度（グラフGに含まれる全ての節点間が互いに到達可能である確率）による評価が行われている。ここで、道路網の信頼性を厳密に評価する場合、道路網規模が増大するにつれて計算時間や記憶容量が指数関数的に増加するため、大規模道路網での評価が困難であるという問題点があった。これに対し、著者ら²⁾は基本ネットワークに含まれる部分グラフを数個のノードに集約してネットワークを簡略化することによって全点間信頼度の近似解を計算する方法を提案しており、計算時間や記憶容量の大幅な節約が可能であることを確認している。しかし、この手法では最初の段階のグラフ分割を人間の目で主観的に行うため、リンクが複雑に入り組んだネットワークに対しては最適分割が保証されない。しかも、効率的な計算という視点からも問題が残る。

そこで、本研究では組合せ最適化問題に対して高い探索能力を持つ遺伝的アルゴリズム（以下、GAと記す）を応用したグラフ分割法を導入することにより、効率的なグラフ分割を行う新しい近似計算法を提案するとともに、簡単なシミュレーションによりその適用性を検討する。

2. 部分グラフ集約化による全点間信頼度の近似解法

まず、著者らが提案した近似計算法について概説する。この手法におけるネットワークの簡略化については、次の3つの仮定が成り立つものと考ええる。

- (1) 部分グラフが連結であれば、1つのノードに置換できる。
- (2) 部分グラフが非連結（部分グラフが更に数個

の互いに連結でないグラフに分割される）であれば、2つ以上のノードに置換できる。

- (3) 部分グラフが非連結で、数個のグラフに分割されるとき、その分割数が部分グラフに接続しているリンク数より多ければ、その基本ネットワークは非連結となる。

本手法の適用例を図-1の基本ネットワークを用いて説明する。まず、ネットワークを図のように4分割し、図-2に示す4つの部分グラフを設定する。次に、各部分グラフを集約ノードに置換し、図-3に示す変換ネットワーク1を作成する。さらに各部分グラフ間を結ぶ複数のリンクを連結確率の等しい1本のリンクに置換し、図-4の変換ネットワーク2を作成する。このとき、2つ以上の部分グラフが同時に非連結となる場合は、対象ネットワークが非連結になるものとして考える。ここで、全点間信頼度の近似解は各簡略ネットワークの生起確率とその連結確率の積和で表される。つまり、 $R_1 \sim R_4$ を $G_1 \sim G_4$ に示す簡略ネットワークの全点間連結確率とし、 $S_5 \sim S_8$ を $G_5 \sim G_8$ （図-5）に示す部分グラフの全点間連結確率とすると、式(1)によって近似解が計算される。

$$RE = R_1 R_2 R_3 R_4 S_5 + (1 - R_1) R_2 R_3 R_4 S_6 + R_1 (1 - R_2) R_3 R_4 S_7 + R_1 R_2 (1 - R_3) R_4 S_8 + R_1 R_2 R_3 (1 - R_4) S_9 \quad (1)$$

3. GAの概略

GAは1960年代にJ. Hollandらによって提唱された、

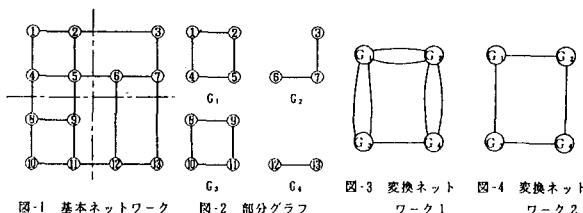


図-1 基本ネットワーク

図-2 部分グラフ

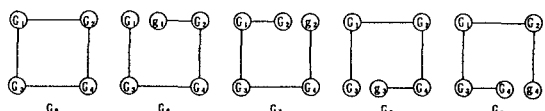
図-3 変換ネット
ワーク1図-4 変換ネット
ワーク2

図-5 簡略ネットワーク

生物進化の過程をコンピュータシミュレーション上での実践によって最適解探索を行うモデルである³⁾。

まず、GAが適用できるように対象となる問題に対してコーディングを行う。このとき、解候補となる線列をランダムにいくつか作成し、初期集団とする。次に、各線列に対する評価値を計算し、評価値の低い線列はこの問題の解としては不向きであると判断して一定の確率で淘汰する。残った線列の中から増殖させることによって、最初の線列数を保つ。さらに集団において一定の確率で交差や突然変異を行い、現段階よりも評価値の高い個体を創り出すことを試みる。これを一代とし、さらに淘汰、増殖、交差、突然変異を繰り返していくことにより、解空間を探索していく。そして数世代進化させたところで適当な解が得られたら計算を終了する。GAは最適解探索の確率的手法であるので、得られる解は最適解とは限らないが、比較的簡単なオペレーションで、かつ非常に短時間で工学的に意味のある準最適解が求められる解法として最近研究が進められている。

4. グラフ分割問題とGAの適用

部分グラフの集約化によって全点間信頼度の近似解が得られるが、本手法は近似解法を重複して使用するため、誤差が拡大する危険性を含んでいる。この時、最初の段階でのグラフ分割をいかに効率的に行うかが近似解を求める際の計算時間や記憶容量の節約、あるいは解の精度にも影響を及ぼすものと考えられる。ここで、グラフ分割問題⁴⁾とは図-6に示すように、いくつかのノードとノード間を結ぶ何本かのリンクで構成されたグラフのノードをいくつかのグループに分割し(各グループに割り当てられるべきノード数は決められている)、グループ間にまたがるリンク数が最小となるような分割を求める問題である。この問題に対する厳密解法としてMin-Cut法⁵⁾が挙げられるが、基のグラフの規模の増大に伴って計算量も急激に増大す

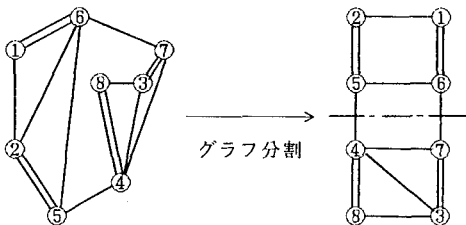


図-6 グラフ分割問題

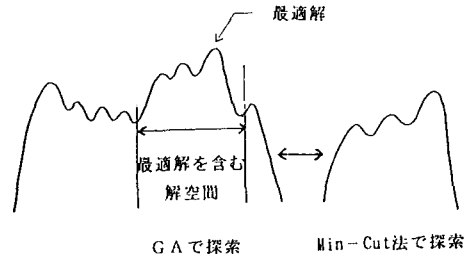


図-7 ハイブリッドGAの概念

るため、大規模なグラフに対して厳密な最適解を探索するのは困難であると考えられる。

このため、本研究では丸山⁴⁾が提案した、Min-Cut法とGAとを組み合わせたハイブリッドGAを用いることによって効率的なグラフ分割を行い、これによって得られた部分グラフの集約化を行うことによって全点間信頼度の近似解を計算し、精度を比較する。ハイブリッドGAの特徴は、大域的探索に優れているが局所的探索の能力が弱いGAと、その反対の性質を持つMin-Cut法との両方の長所を生かした点にある(図-7)。具体的には、まずGAによって各世代において個体ごとに突然変異または交差のどちらかを実行し、世代を進めていくことによって大域的探索を行った後にMin-Cut法を個体ごとに適用して局所探索を行う。

本問題にハイブリッドGAを適用するにあたり、交差や突然変異といったオペレータに少し工夫をする必要があるが、それについては研究結果とともに講演時に発表したい。

5. 参考文献

- 1) 木保 昇, 石橋 聡; 地震時緊急路網のシステム信頼性評価に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, NO. 6, pp. 145~152, 1988年11月。
- 2) 高山純一, 大野 隆, 中島良光; 部分グラフ集約化法を用いた全点間信頼度の近似解法, 土木学会第43回年次学術講演集, pp. 342~343, 1988年10月。
- 3) 藤田喜久雄; 遺伝的アルゴリズムによる最適化問題へのアプローチ, 日本機械学会関西支部設計AI研究懇話会第4回資料, 1992年7月。
- 4) 北野宏明編; 遺伝的アルゴリズム, 産業図書。
- 5) Kernighan, B.W. and Lin, S.; An Efficient Heuristic Procedure for Partitioning Graphs, Bell Systems Technical Journal, Vol. 49, pp. 291~307, 1970。