

IV-160 部分グラフ集約化法を用いた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
 NTT 正会員 大野 隆
 金沢大学工学部 学生員 ○中島良光

1. はじめに

道路網の全点間信頼度を厳密に求める従来の手法は、道路網規模の増大に伴い、計算時間や記憶容量が指数関数的に増大するため、大規模な道路網を対象とした場合、計算が非常に困難であるという問題点がある。そこで、本研究では全点間信頼度を効率的に計算する近似解法を提案し、道路網計画への応用を試みる。

2. 部分グラフ集約化法を用いた全点間信頼度の近似計算法

本手法は、基本ネットワークに含まれる部分グラフを、いくつかのノードに集約してネットワークを簡略化し、全点間信頼度の近似解を求める方法である。なお、ネットワークの簡略化においては、次の3つの仮定が成り立つものとする。

- (1) 部分グラフが連結であれば、1つのノードに置き換えることができる。
- (2) 部分グラフが非連結(部分グラフが更にいくつか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き換えることができる。
- (3) 部分グラフが非連結で、いくつかのグラフに分割されるとき、その分割数か部分グラフに接続しているリンク数より大きければ、その基本ネットワークは非連結となる。

図-1のネットワークを例として本手法を説明する。まず、図-1の基本ネットワークを4分割し、図-2に示す4つの部分グラフを設定する。各部分グラフを

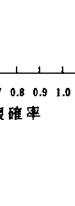
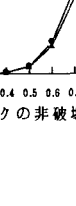
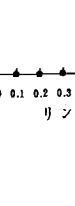
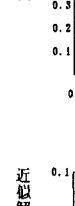
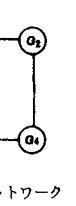
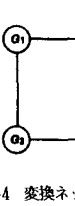
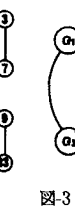
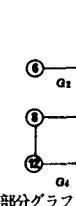
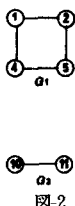
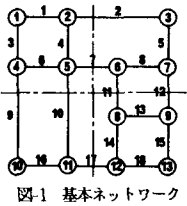


図-1 基本ネットワーク

図-2 部分グラフ

図-3 変換ネットワーク

図-4 変換ネットワーク

図-5 簡略ネットワーク

集約ノードに置き換え、図-3に示す変換ネットワークを作成する。また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本のリンクに置き換える(図-4)。さらに、各部分グラフが連結である場合は1つのノードに置き換え、非連結である場合は2つ以上のノードに置き換えて、簡略ネットワーク(図-5)を作成する。ここで、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となるものとして処理する。そうすると、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(式(1))により計算される。

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

ここで、 $R_1 \sim R_4$ は $G_1 \sim G_4$ に示す簡略ネットワークの全点間連結確率であり、 $S_5 \sim S_9$ は $G_5 \sim G_9$ に示す部分グラフの全点間連結確率である。

3. 全点間信頼度の厳密解と近似解の比較

図-1の道路網を対象として、各リンクの非破壊確率(1.0~0.1まで0.1刻みに10通り設定した)がすべて同じ場合の全点間信頼度を計算すると図-6のようになる。ブール代数法による厳密解と部分グラフ集約化法による近似解の差は、全域にわたって ± 0.051 以内であり、それほど大きくないことがわかる。

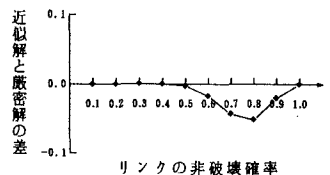
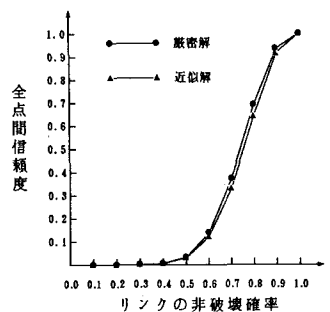


図-6 厳密解と近似解の比較

4. 全点間信頼度を用いたリンク重要度の推定

本研究では先に述べた全点間信頼度を指標として、各リンクのネットワーク全体に与える影響を評価する。ここでは、ある1本のリンクがネットワークに含まれる場合と含まれない場合の全点間信頼度を比較することにより、リンク l の重要度 W_l を定義する（式(2)）。

$$W_l = \{1 - (R_l / R_l^*)\} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

ここに、 R_l^* はリンク l がネットワークに含まれるときの全点間信頼度を示す。また、 R_l はリンク l がネットワークに含まれないときの全点間信頼度を示す。

図-7の道路網を対象として、各リンクの重要度を計算し、重要度の高いリンクから順に道路網を構成すると、図-8のような整備順位となる。ここで、ステップ1の道路網形態は最短生成木と一致している。

5. 全点間信頼度による最適道路網整備方策

信頼性の高い道路網の整備を目的として道路網計画を行う場合、道路網の信頼性評価が重要となる。そこで、全点間信頼度を目的関数に取り、総道路延長を制約条件とした最適道路網構成問題を考える。全点間信頼度を厳密解法により計算する場合と近似解法により計算する場合の整備順位の比較により、近似解法の道路網計画への適用性を検討する。ただし、最適道路網構成問題の解法には、分枝後退法の1つであるScottの段階的Backward法を用いた¹⁾。

図-7（一点鎖線は部分グラフへの分割を示す）に示す道路網を対象として計算を行う。ただし、各リンクの非破壊確率は2000mに1箇所の確率で道路が破壊するものと仮定してポアソン確率により算出した（表-1）。全点間信頼度の厳密解および近似解を目的関数とした場合の計算結果を図-9に示す。信頼度の厳密解を目的関数とする場合では、ステップ1において最短生成木が最適道路網となっているが、信頼度の近似解を目的関数とする場合では、最短生成木が最適解となっていない。これは道路網の連結状態が弱いネット

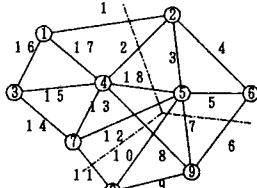


図-7 最大道路網

表-1 リンク長と非破壊確率

リンクNo.	リンク長	非破壊確率
1	334	0.8462
2	247	0.8838
3	202	0.9039
4	283	0.8681
5	175	0.9162
6	205	0.9029
7	202	0.9039
8	318	0.8530
9	206	0.9021
10	305	0.8586
11	160	0.9231
12	302	0.8598
13	168	0.9194
14	195	0.9071
15	226	0.8932
16	146	0.9296
17	180	0.9139
18	201	0.9044

ワークにおいて、ネットワークを簡略化するときの誤差が大きいと考えられる。また、近似解を目的関数とした場合は、ネットワークの簡略化に用いた部分グラフ内の整備がまず優先され、つぎに部分グラフ間の連結状態の弱い部分の整備が優先されるといった傾向が見られるが、全体的には両者の整備順位は、ほぼ等しいといえよう。

以上のことより、ここで提案した近似解法を用いれば、ブール代数法による計算結果に比べて、非常に計算効率が良く、しかも信頼度の精度も良いといえる。したがって、大規模道路網への適用が十分可能であると思われる。今後は、道路網の簡略化の方法が近似解の精度にどのような影響を及ぼしているのか検討し、近似解の精度を高めるための簡略化のルールを明らかにする必要があるといえる。

参考文献

- 1) 森津秀夫；最適道路網構成手法に関する基礎的研究
京都大学学位論文、昭和59年2月
- 2) 枝村、森津；最適ネットワーク問題の地域交通計画への応用、交通工学、Vol. 12, No. 4, pp. 23~31, 1977年

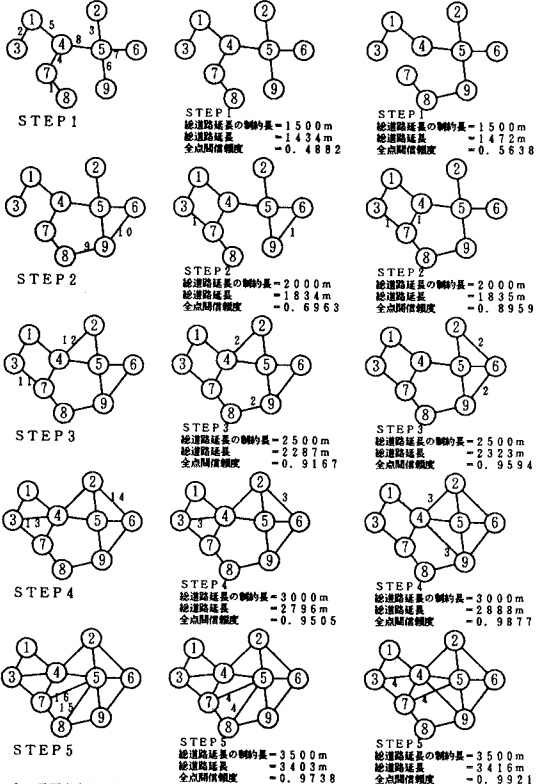


図-8 重要度を用いた (a) 最適道路網構成順位 (b) 厳密解を目的関数とした場合 (c) 近似解を目的関数とした場合

図-9 全点間信頼度の計算方法の違いによる比較