

IV-235

ネットワーク集計による道路網信頼性解析

京都大学工学部 正 員 飯田 恭敬

大阪府立工業高等専門学校 正 員 若林 拓史

建設省 正 員 吉木 務

1. はじめに

ミニマルパス・カットを用いる道路網信頼性解析では、道路網が大規模となるとノード・リンク数の増加にともないミニマルパス・カット数も膨大な数となるため、その探索作業自体が膨大な作業量となり計算時間も増加する。したがって、大規模な道路網に対し、信頼度計算を効率的に行うには、信頼度計算の改良とネットワーク表示の工夫が効果的である。本研究では、筆者らが提案した信頼性近似解析法を、より大型のネットワークに適用するため、ネットワーク集計による信頼性解析の方法論の考察と数値計算を行うものである。ネットワーク集計化の研究は、おもに交通量配分の分野で推進蓄積されている。信頼度計算においても、ネットワーク集計化の目的は、計算を簡略化するため、実際のネットワークよりも規模(リンク数、ノード数)の小さなネットワークを作成することにある。しかしながら、次の諸点において、交通量配分との相違点がある。

(1) 交通量配分では、配分計算の過程で動的に変化する交通量と経路について、オリジナルネットワークと集計ネットワークとの間で整合をとらなければならない。これに対し、信頼性解析での対象は静的なリンク信頼度であり、配分における走行時間関数等のパフォーマンス関数の合成は、リンク信頼度の合成という問題に変わる。整合性が問題となるのは、オリジナルネットワークと集計ネットワークにおける境界ノード(後述)間の信頼性である。

(2) 交通量配分では、すべてのODペアを同時に対象とする必要があるが、信頼性解析では特定ノード間のみを対象とした方が効率が良い。そのため、信頼性解析ではネットワーク集計が均一に行われる必要がなく、連結関係の整合がとれていれば特定の方向にネットワーク集計が集中して行われるのは差し支えない。したがって集計化の結果、再構築ネットワークの形状が大きく変化することも起こり得る。

2. ネットワーク集計の一方方法

大規模ネットワークでは、ODペア中の中間ノード相互間でも経路が複数あり、ODペア間の経路はそれらの組合せで与えられるため、実際の経路数は多数となり、信頼性解析はパスの探索面から困難となる。これに対し、小規模なネットワークでの信頼性解析は容易に行える。したがって本研究では、ネットワークをサブネットワークに分割し、サブネットワーク毎に得られた信頼度を統合して、ネットワークを再構築しノード間信頼度を求めることを考えた。例えば、図-1aのネットワークにおいて、対角線ノードペア間を結ぶミニマルパスは、構成リンク数が最小の10リンクのもの(左上から右下へ向かうパス)だけで252個存在する。このネットワークを境界線と境界ノードで分割し、サブネットワーク中のノード間信頼度を求めると、図-1bのように表せ、当該ノード間のミニマルパスは、18個のパスに集約することができる。先の252個のミニマルパスは、これらの境界ノードを必ず1回は通過するので、18個のパスのいずれかに、重複することなく集約されたことになる。この場合、オリジナルネットワークには存在し、再構築ネットワークには存在しないミニマルパスがある。これらは、構成リンク数が11以上でジグザグ状、あるいは大回りのパスであり、これらの情

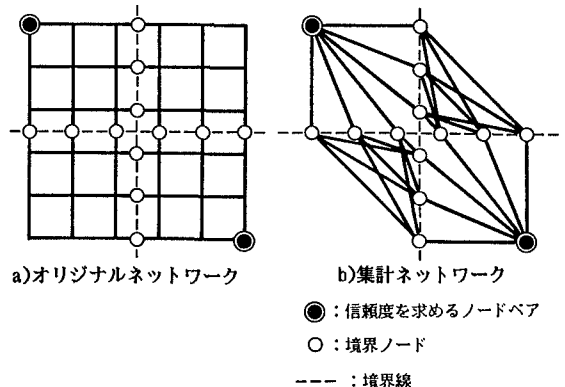


図-1 ネットワーク集計の考え方

報は失われる。しかし、筆者らが提案した信頼性解析法は、少数でかつ経路として意味のあるミニマルパス(あるいはカット)のみで計算が可能な点に特徴があり、集約対象となったパス(カット)のみで信頼度計算が可能であれば問題はないと考えている。

以上述べたネットワーク集計を、交点法¹⁾に対して適用する。交点法とは、ミニマルパスおよびカットによって表現された2関数が、パス・カット数に関してそれぞれ単調増加、単調減少する性質を利用し、この2曲線の交点を信頼度の近似値とする方法である。計算が簡単であるうえ計算量も少なく、実用上の解精度も保証される特徴がある。しかしながら、ネットワークが大規模になると、交点発生に要するパス・カット数が増加する問題点がある。そのため、パスを集約するネットワーク（パスネットワークと呼ぶ）、カットを集約するネットワーク（カットネットワーク）を構築し、交点発生を促進する効果と得られた信頼度の精度を検討する。なお、カットを集約するネットワークはオリジナルネットワークの双対ネットワークに対して構築する。

3. モデル計算

図-2の点線で示すオリジナルネットワークのノード①-⑧間の信頼度を計算する。サブネットワークは、簡単のため、オリジナルネットワークを2分割した。図-2の実線はパスネットワークであり、ノード②-⑦は境界ノードを表している。

パスネットワークとカットネットワークによる交点法の結果を、集計化しない場合の交点法の結果とともに図-3に示す。オリジナルな交点法では交点発生に要するパス・カット選択数が40であるのに対し、集計化により交点の発生が大幅に早くなっておりパス・カット統合の効果が現れていることがわかる。得られた信頼度の精度を議論するためには、比較基準となる信頼度の厳密値が必要であるが、ネットワーク規模から厳密値計算は不可能であり、分散減少法を用いたモンテカルロ法²⁾による値を基準値とした。基準値は0.93588であり、オリジナルな交点法での値が0.97013で基準値との差が+0.03431であるのに対し、集計化による交点法では0.95042で基準値との差とは+0.01415であった。したがって、本ケースでは実用上は問題ないといえる。

信頼性解析においても交通量配分と同様、サブネ

ットワークと集計ネットワークでの信頼度計算に要する計算時間は、お互いにトレードオフの関係にある。交点法の場合は、それぞれの信頼度計算はきわめて少なくすむため両者の比較はあまり意味がないが、本研究の場合にはむしろサブネットワークの設定やサブネットワーク内での信頼度計算の準備に要する作業量の評価が重要であると考えられる。

参考文献 1)飯田・若林・吉木：ミニマルパス・カットを用いた道路網信頼度の近似計算法、交通工学、Vol.23, No.4, pp.3-13, 1988.
2)若林・飯田・福島：道路網の信頼性解析に対するモンテカルロ法の適用、土木計画学研究・講演集11, pp.259-266, 1988.

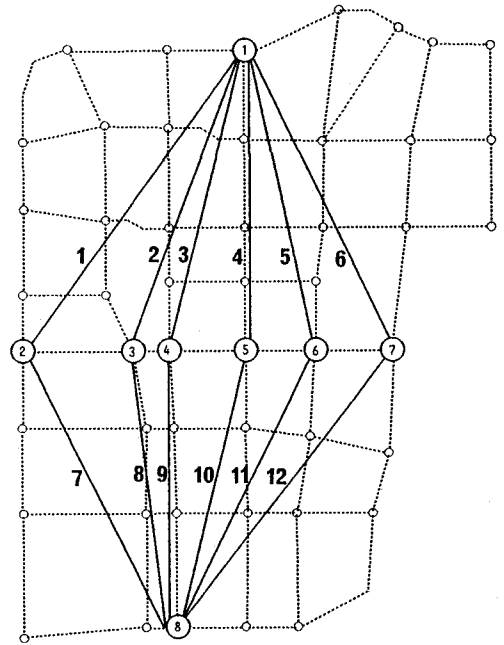


図-2 パスネットワーク

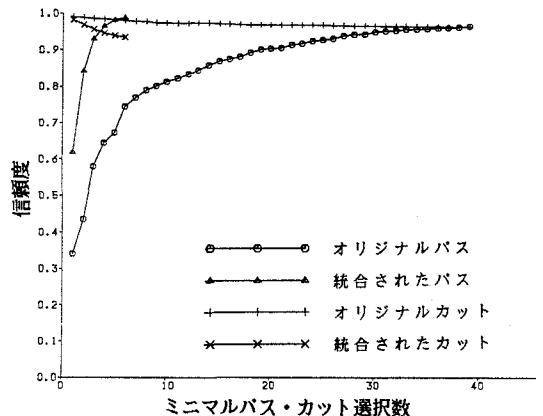


図-3 交点法による信頼度計算結果