

## IV-234

## ファジ理論を適用した交点法による道路網信頼性解析

大阪府立工業高等専門学校 正 員 若林 拓史

京都大学工学部 正 員 飯田 恭敬

三井ホーム 正 員 中川 真治

## 1. はじめに

信頼性グラフ解析法に基づく道路網のノード間信頼性解析では、入力情報としてリンク信頼度が必要である。リンク信頼度は確率変数であるため、その裏付けとなる十分な量の統計データを得ることが要求されるが、その入手と解析に多くの時間と労力が必要とされる。したがって、ネットワークが大規模になるにつれ、リンクの信頼度を厳密に評価することは困難になると考えられる。このようにリンク信頼度を正確に知り、それを確率変数として扱うには、経済的、時間的な面から種々の制約がある。一方、道路区間の通行の容易性は、交通管制センターの交通情報やドライバーの経験により容易に把握が可能であると考えられる。これらの情報は、局地的な情報であること、経験的、主観的な情報であることから理論的根拠に乏しく従来の信頼性解析手法に用いるには問題が多いといえる。しかし、過去の経験の蓄積や実績があるので信頼度の高い情報といえ、またその簡便性は評価できると考えられる。そこで、上記のような詳細な調査を必要とせず、かつ人間の経験や交通工学的判断をできるだけ有益な形で利用でき、しかも理論的な整合性を持つ、より現実的な信頼性評価法が構築されれば望ましいと考える<sup>1)</sup>。この場合、リンク信頼度は厳密に規定された値ではなく、ある幅をもった値で与えられると考えられる。本研究では、リンク信頼度をファジ数として与え、信頼性解析にファジ理論を適用することを考える。具体的には、筆者らが既に提案したノード間信頼度の近似解法である交点法に、ファジ数の演算を組み合わせた手法を提案し、その実用性を検討する。

## 2. 交点法とファジ理論の組合せによる信頼度の近似計算法

道路網の特定のノード間に対し、ミニマルパス、ミニマルカットを $P_s, K_s$ とし、その総数を $p, k$ とする。全部のパス、カットを利用する計算法では、計算量が膨大となるため、一部のパス、カット(選択

数を $p'(\leq p), k'(\leq k)$ とする)を利用すると、効率的な信頼度計算が可能となる。交点法<sup>2)</sup>では、次の2関数を利用する。すなわち、

$$R_p = 1 - \prod_{s=1}^{p'} (1 - \prod_{a \in P_s} r_a), \quad (1)$$

$$R_k = \prod_{s=1}^{k'} \{1 - \prod_{a \in K_s} (1 - r_a)\}, \quad (2)$$

ここに、 $r_a$ はリンク $a$ のリンク信頼度である。

交点法とは、式(1)が、下限値から上限値へ向かうパス数に関する単調増加関数となり、式(2)が上限値から下限値へ向かうカット数に関する単調減少関数となる性質を利用して、この2曲線の交点を信頼度の近似値とする方法である。得られる近似値の値は、すべてのミニマルパス・カットを利用して得られるEsary・Proschanの上限値と下限値にはさまれた値となる性質がある。ここに、Esary・Proschanによる上限値 $U$ と下限値 $L$ は次式で与えられる。

$$U = 1 - \prod_{s=1}^p (1 - \prod_{a \in P_s} r_a), \quad (3)$$

$$L = \prod_{s=1}^k \{1 - \prod_{a \in K_s} (1 - r_a)\}. \quad (4)$$

従来の交点法では、リンク信頼度 $r_a$ は確定した一つの値として与えていたが、本研究ではこれをファジ数として与える。これは、リンク信頼度の値にある幅をもたせられる点や統計的作業を簡略化できる点で有効である。ファジ数の演算は $\alpha$ レベル集合を用いて行う。この方法は、演算の入力変数の $\alpha$ レベル集合から演算結果のグレード $\alpha$ に対応する値を求める方法である。本研究では、ファジ数であるリンク信頼度の $\alpha$ レベル集合を用いて、各レベルごとに交点法を実行し、得られた結果(信頼度の近似値の $\alpha$ レベル集合)を重ね合わせることで、ファジ数としてのノード間信頼度を求める。すなわち、従来の交点法にファジ数の演算を組み合わせた方法となっている。

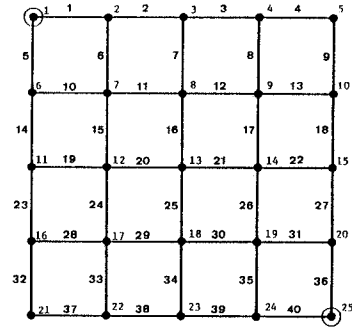


図-1 格子状道路網(25ノード, 40リンク)

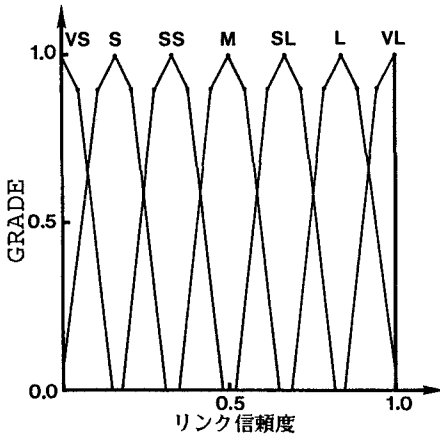


図-2 リンク信頼度のメンバーシップ関数

表-1 リンク信頼度となるファジィ数

| ラベル | 意味                     |
|-----|------------------------|
| VS  | Very Small (とても小さい)    |
| S   | Small (小さい)            |
| SS  | Slightly Small (やや小さい) |
| M   | Medium (中くらい)          |
| SL  | Slightly Large (やや大きい) |
| L   | Large (大きい)            |
| VL  | Very Large (とても大きい)    |

### 3. 仮想道路網に対するモデル計算

図-1に示す5×5ネットワークでの対角線ノードペア(1,25)を対象にモデル計算を行った。リンク信頼度の値は表-1と図-2に示すような7つのファジィ数のうちから与件として与えた。図-3,4にリンク信頼度  $r_a$  が同一値MとLの2ケースのノード間信頼度のメンバーシップ関数を示す。信頼度近似値のメンバーシップ関数を見ると、リンク信頼度をファジィ数とした場合でも、十分解釈可能なノード間信頼度を得られることがわかった。しかし、ネットワークがさらに大規模となると、 $\alpha$ レベル集合の上界値と下界値の幅が大きくなって、近似値が比較的広い範

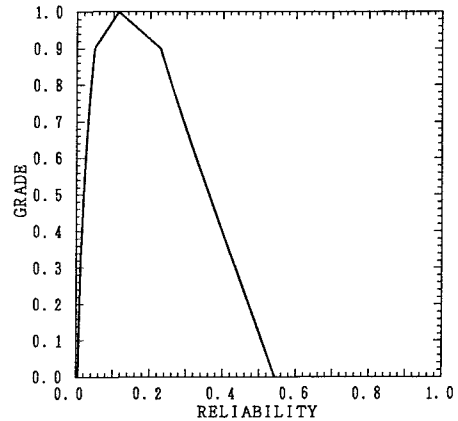


図-3 ノード間信頼度のメンバーシップ関数 ( $r_a=M$ )

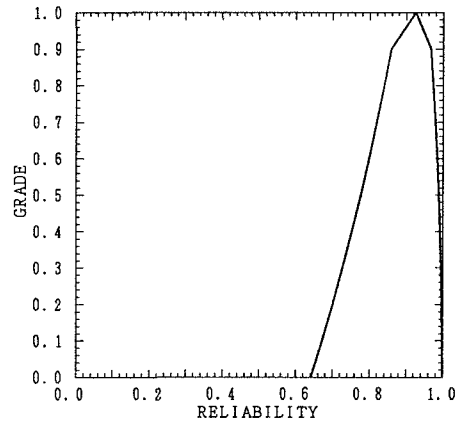


図-4 ノード間信頼度のメンバーシップ関数 ( $r_a=L$ )

囲をとり、解釈が困難となることも考えられる。

### 4. 今後の検討課題

- (1) 本研究では、リンク信頼度をファジィ数で与えることによって、入力データ収集の簡略化が可能であることを示した。実際の道路網信頼性解析においては、信頼度計算に頻繁に利用されるリンクとそうでないリンクとがあることから、前者については詳細な統計データでリンク信頼度を与え、後者についてはファジィ数で簡略に与えることが考えられる。
- (2) ネットワークをブロックに分割し、ブロック毎に信頼度を計算し、ネットワーク全体での信頼度をマクロに得ることを考えている。この計算過程でファジィ理論を利用することが考えられる。

参考文献 1)白石・古田・小山:ファジィ理論を用いた不静定構造物の信頼性評価,第3回ファジィ・システム・シンポジウム講演論文集,pp.255-261,1987.  
2)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.