

ファジィ変数を用いた道路網信頼性解析

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
 京都大学工学部 学生員 吉木 務
 京都大学工学部 学生員 ○中川真治

1.はじめに

道路網整備水準の一つとして「信頼性」を考える。道路網をその構成リンクをユニットとするシステムとみなし、その信頼度を考える。道路網は自由な意志を持つ人間が通行するため、リンク信頼度には人間的要素が含まれると考えることも可能である。またリンク信頼度を確定した一つの値として与えるための統計的作業は膨大である。ここでは、リンク信頼度をファジィ数として与えることにより、上の二つの問題の解決の糸口を探る。具体的には、道路網の二点間の信頼度の近似値をその二点間のミニマルパス・カットを用いて計算する方法(交点法¹⁾)にファジィ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.ファジィ理論を用いた信頼度の近似計算法

交点法では、(1)と(2)を用いて2点間信頼度を考える。 P_s はミニマルパス、 K_s はミニマルカットを表し、 p' 、 k' はパス・カット選択数である¹⁾。

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

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

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、本研究においてはこれをファジィ数として与える。これは、リンク信頼度の値の変動を考慮できる点や統計的作業を簡略化できる点などによって有効であると思われる。ファジィ数の演算は α レベル集合を用いて行う。この方法は、演算の入力変数の α レベル集合から演算結果のグレード α に対応する値が求められることを用いるものである。ただし、 α レベル集合は閉区間であるのでこれに対する演算には注意しなければならない。

Yasunori IIDA, Hiroshi WAKABAYASHI,
 Tsutomu YOSHIGI and Shinji NAKAGAWA

本研究では、ファジィ数であるリンク信頼度の α 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 α レベル集合)を重ね合わせることでファジィ数として2点間信頼度を求める。すなわち、従来の交点法にファジィ数の演算を組み合わせた方法となっている。

3.仮想道路網に対するモデル計算

図1に示すような格子状道路網の2点(1,25)の信頼度(連結確率)についてモデル計算を行った。リンク信頼度の値は表1及び図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る。

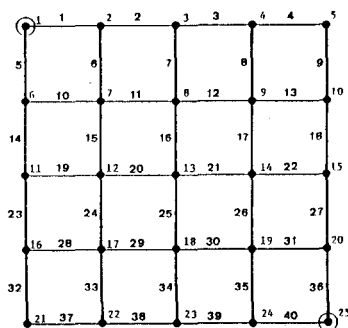


図1 格子状道路網(25ノード、40リンク)

・リンク信頼度 r_a が全部SLの場合の計算結果

表2に交点の発生状況、図3に信頼度のメンバーシップ関数をそれぞれ示す。表2において交点(I)とは信頼度近似値の α レベル集合の下限値のことであり、交点(S)とは同じく上限値のことである。

・計算結果の考察

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、近似値は比較的広い範囲をとることがわかった。ただし、これはリンク信頼度がSLやMといった「中ぐらい」の値をとる場合についてのことである。リンク信頼

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)

表1 リンク信頼度となるファジィ数

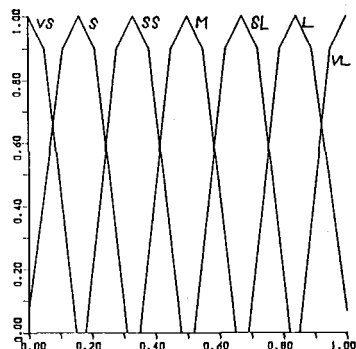


図2 リンク信頼度のメンバーシップ関数

度が「大きい」（あるいは「小さい」）ときは「より大きい（小さい）」近似値が得られることが計算によってわかっている（図は省略）。この事実は我々の直感によく合致している。

表2によると交点を与えるパス・カット数がレベルによって異なっていることがわかる。しかも、その最大値が32、最小値が11というかなり広い範囲になっている。これはファジィ数でリンク信頼度を与える際はミニマルパス・カットをある程度多く探索しておかねばならないことを示している。したがって計算量が多くなることになり、本手法の課題の一つといえる。

4. 今後の検討課題

①リンク信頼度の与え方について

本研究では全てのリンク信頼度をファジィ数として与えたが、実用的にはファジィ数で与えるリンクとクリスプ数で与えるリンクに分ける方がよいと考えられる。その着目点として、連結性と交通工学上の重要性の2つが考えられるが、分類結果は必ずしも一致しないため、今後の研究が必要と考えられる。

②大規模道路網への適用について

大規模道路網の信頼性解析はパス・カットの探索

α	交点 (I)		交点 (S)	
	選択数	信頼度	選択数	信頼度
1.0	23	0.59363	23	0.59363
0.9	28	0.43494	19	0.72727
0.8	28	0.39835	18	0.75268
0.7	29	0.36204	17	0.77653
0.6	30	0.32642	16	0.79886
0.5	30	0.29188	15	0.81971
0.4	31	0.25680	14	0.83987
0.3	31	0.22751	13	0.85889
0.2	31	0.19827	13	0.87621
0.1	32	0.17131	12	0.89193
0.0	32	0.14672	11	0.90622

表2 信頼度近似値とパス・カット選択数

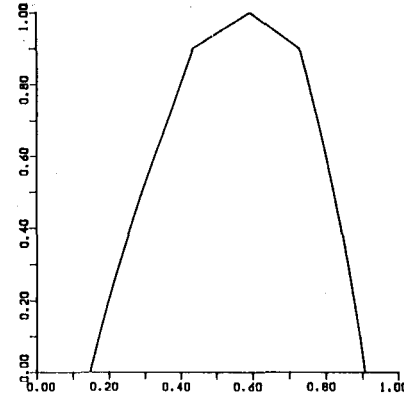


図3 2点間信頼度のメンバーシップ関数

をはじめとして計算量が非常に大きくなる。そこで、いくつかの道路網に分割しそれを仮想リンクで連結した道路網を考えるなどの方法が提案されている。その際、分割によって得られた道路網の信頼度をファジィ数として考えればよいと思われる。この方法によって、大規模道路網の信頼性のある程度定量的に把握することができると考えられる。

③解析方法について

本研究では信頼性グラフ解析 (RGA) の方法を用いて信頼度を考えたが、ファジィ推論などによる方法も考えられる。しかし、連結性を言葉で表現するための方法など、さまざまな問題が考えられるため、今後の研究が必要ではないかと思われる。

【参考文献】 1) 飯田恭敬・若林拓史・吉木務：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，1988，No.4.