

信頼性解析を適用した道路網の評価に関する一考察

立命館大学大学院 学生員 林孝之

立命館大学大学院 学生員 山地由顕

立命館大学理工学部 正会員 塚口博司

1. はじめに

災害時にも機能を発揮できる道路網を整備することは都市部、地方部を問わず、非常に重要な課題である。阪神・淡路大震災以来、数多くの分析が行われているが、その多くは都市部におけるものであり、地方部における地区レベルの道路網はあまり対象とされていない。阪神・淡路大震災においては、阪神間の高密な市街地のみならず、震源に近い淡路島も大きな被害を受けた。被害概要は淡路島全体で死者数62人、重傷者数1266人、家屋被害8785棟であった。

災害に強い道路網について、地区レベルで議論する場合、幹線道路からのアクセス性をシミュレーションによって検討し、到達不能ノード率等の指標で道路網を評価する方法と、道路網の「信頼性解析」手法を用いる方法がある。信頼性解析は道路網の規模が大きくなると適用が容易でないが、地区レベルにおいては両者とも適用が可能であるから、それぞれの結果を比較しながら用いることもできよう。本稿では後者の方法で、地方部に位置する地区において道路網を評価し、災害に強い道路のあり方について考察を行った。

2. 対象地区

(1) 街路網構成

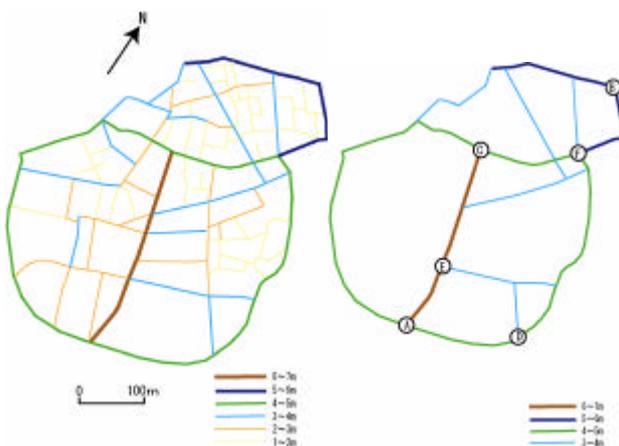


図1 郡家地区の街路網

図2 対象とする道路網

キーワード：信頼性解析，リンク信頼度，交点法

立命館大学理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

Tel) 077-566-1111, Fax) 077-561-2667

図1は淡路島の一宮町郡家地区の街路網を示し、図2は評価対象とした道路網を示している。郡家地区は一宮町の中心部に位置し、幅員3m未満のリンクが全体の約65%を占めるといった街路構成となっている。なお本研究においては、自動車の通行のみに着目することとし、郡家では3m以上の街路を対象としている。

表1には、郡家地区の全街路網から対象ネットワークを選定したときの、幅員別リンク長の割合を示すものである。

表1 幅員別リンク長の割合

幅員(m)	A.全街路網	B.対象ネットワーク	B/A
6~7	321m(5%)	321m(11%)	1
5~6	368m(5%)	368m(12%)	1
4~5	1338m(19%)	1338m(44%)	1
3~4	1502m(21%)	982m(33%)	0.65
2~3	1556m(22%)	0	0
1~2	2018m(28%)	0	0

(2) 幅員別の被害概要

まず、図3に郡家地区における幅員別リンク構成比を示す。次に、幅員別の被害状況を図4に示す。図4において、「平常通り通行可」、「部分通行可」を「自動車通行可」とし、「歩行のみ可」、「通行不可」を「自動車通行不可」とすることができる。また、震災後の郡家地区では4m未満のリンクの大半で自動車通行が不可能であったことが分かる。

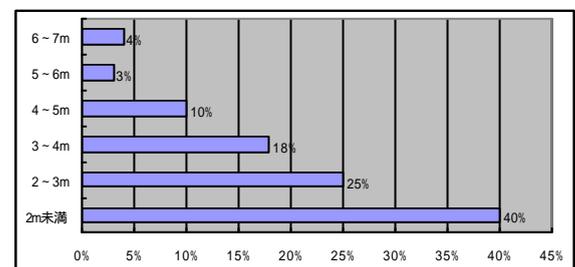


図3 郡家地区の幅員別リンク構成比

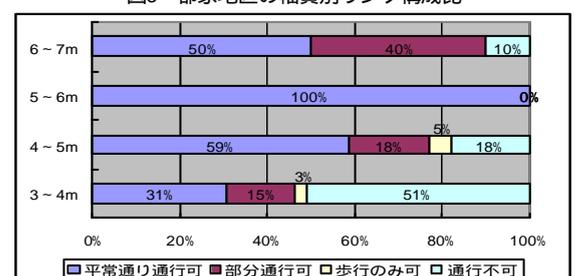


図4 郡家地区の幅員別被害概要

3. 道路網における信頼性解析の概要 1)

(1) 信頼度の近似計算法

道路網の信頼性解析には、システムの等価変換を要しないミニマルパス・カットを用いる方法が有効である。また、道路網のように大規模で複雑なシステムに対しては、計算時間や記憶容量の制約から、近似値の効率的算出が極めて重要となる。

信頼度の近似計算法の中でも、部分的なミニマルパス・カットを使用し、ブール演算を省略する方法を適用した。この方法により、計算量・時間ともに省略することができるからである。次式により、ミニマルパスの信頼度 R_p 、ミニマルカットの信頼度 R_k を求める。

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

(p', k' : 選択したミニマルパス・カット数)

ここで、 r_a とはリンク信頼度を意味する。リンク信頼度とは、そのリンクにおける円滑な走行移動が保証される確率と定義されているものであり、本研究では実際の被害データから求めた自動車通行可能率を幅員別に階層化し、その通行可能な割合をもって幅員別のリンク信頼度とした。

(2) 交点法

パスによる近似値とカットによる近似値がそれぞれパス（カット）数に関して単調増加（減少）する性質を利用し、両曲線が交差する点をもって近似値とする方法を「交点法」という。この方法では、ノード間のミニマルパス・ミニマルカットを順次追加して非ブール演算で信頼度を計算し、パスに基づく値とカットに基づく値の大小関係が逆転した時点で計算を打ち切って交点を求めるので、計算が極めて容易になる。

4. 信頼性解析の結果

交点法による信頼性解析を行った結果、以下のような結果が得られた。まず、図2におけるA Bを対象ODとして信頼性解析を行った結果を図5に示す。同

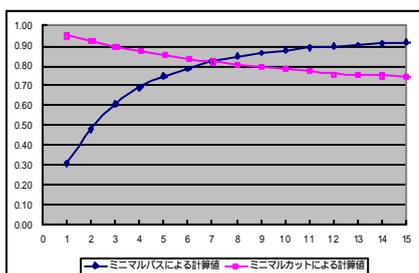


図5 A BをODとした場合

じく、C Dを対象ODとした場合の信頼度を図6に、E Fを対象ODとした場合の信頼度を図7に示す。

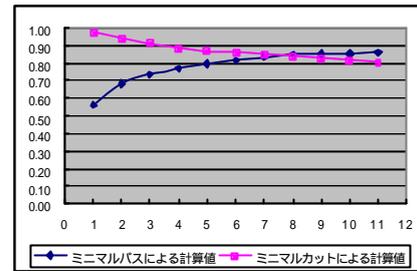


図6 C DをODとした場合

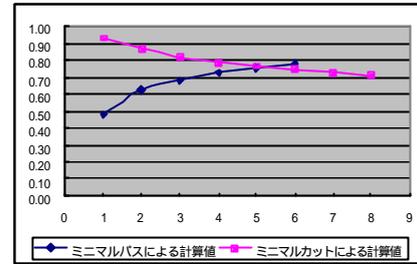


図7 E FをODとした場合

郡家地区の外周幹線道路間を結ぶペアとしてA Bを、地区内のノードと外周幹線道路を結ぶペアとしてC D、E Fをとった。この3つのパターンを比較してみると、ODによって得られる信頼度が異なっていることが分かる。この中で最も高い信頼度が得られたのはC Dで、約0.85であった。これは、C D間には地区内で最も大きい幅員のリンクが含まれているからだと考えられる。このように、選択するODによって得られる信頼度が異なるため、特定のODによる評価だけではネットワーク全体の信頼性評価とは必ずしも言えない。

震災後の郡家地区においては、復興事業として「密集住宅市街地整備促進事業」が行われている。復興事業案のネットワークに対し、同様の信頼性解析を適用した結果、ほぼ1に近い値が得られた。本稿においては自動車通行が可能なリンクのみを対象としており、地区全体の信頼性を評価し得たわけではない。しかし、地区の規模を考慮すると、整備案が実行されれば、同程度の震災が生じた場合でも、十分な避難活動が可能であると考えられる。

5. おわりに

評価対象とした街路網は実際の街路網と簡略化したものであるから、本稿で求めた街路網信頼度は実際の街路網から見れば、やや過大に評価されていると考えられる。もっとも、当該地区の規模は小さく、評価対象とした街路網から約100m以内で地区の全てのエリアに到達できるから、本稿における評価は一定限の意味を有すると考える。

【謝辞】種々の御教示を頂いた名城大学の若林拓史教授に謝意を表する次第である。

【参考文献】

1) 若林拓史：“道路網の信頼性解析に関する基礎研究”，1989