

1-36 地震による孤立地区の抽出と切断リンクの重要度評価に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○天野 健 徳島大学工学部 正員 成行 義文
徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔 兵庫県 谷元 雅哉

1. はじめに

道路は日常の社会・経済活動において必要不可欠な社会基盤施設であり、その連続性を保つための道路橋は最も重要な交通基盤施設の1つであると言える。従って、1995年兵庫県南部地震により経験したように、地震による道路橋自体の損傷、落橋あるいは沿道構造物倒壊等による道路閉塞等が発生した場合、道路ネットワークが部分的に切断され、震後の避難、救急、応急復旧活動等への支障ばかりでなく、周辺地域も含めた社会・経済活動に長期に渡り影響を及ぼす。また、人命第一の観点から孤立地区の発生を防ぐことが重要であり、仮に発生した場合にはその把握と解消が優先課題となる。以上のような観点から、本研究では、孤立地区を抽出するためのアルゴリズムの構築とそれを用いて抽出された孤立地区を解消するための切断リンクの重要度評価を試みた。

2. 孤立地区抽出のアルゴリズム

図1は、本研究で構築した孤立地区抽出アルゴリズムのフローチャートを示している。まず、対象ネットワークデータを孤立地区が抽出できる形にする必要があるためネットワーク内のリンクが橋梁であるか道路であるかを判別し、次に橋梁であれば落橋しているか道路であれば閉塞しているかを判別する。そして、落橋もしくは閉塞している場合には、該当リンクデータを切断リンクに書き換える。次に、孤立地区を抽出するために起点となるノードを適当に選定する。この起点ノードが他のノードと連結している場合、連結可能なノード全体を1つの孤立地区として抽出する。連結されていない場合、起点ノードだけをノード数1の孤立地区として抽出する。以上の作業を全てのノードが抽出されるまで繰り返す。

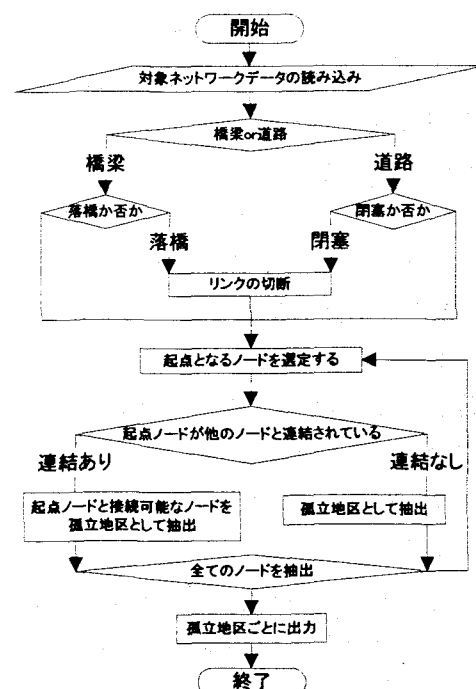


図1 孤立地区抽出フローチャート

3. モデルネットワークの作成と孤立地区抽出

本研究では上記のアルゴリズムをプログラム化し、その正当性を調べるため、図2のようなノード数36、リンク数55（内橋梁数4）のモデルネットワークを作成した。そして、孤立地区が生じるよう意図的に4箇所の落橋、ならびに道路閉塞18箇所を設定した。以下、このネットワークを対象とした孤立地区抽出手順を説明する。まずモデルネットワークにおいて、ノード1を起点とした場合、ノード1と接続可能なノード2、6、7、8、9が1つの孤立地区として図2のように抽出される。次に、ノード3を起点とした場合、接続可能なノードがないので3だけが孤立地区として抽出される。このように順次起点ノードをシフトしながら孤立地区を抽出すると図2のように9個の孤立地区が完全に抽出された。また、図2においてノード18、19、25、26から成る孤立地区はそれを含む孤立地区の中で孤立している地区であるが、このような場合でも完全に抽出できた。

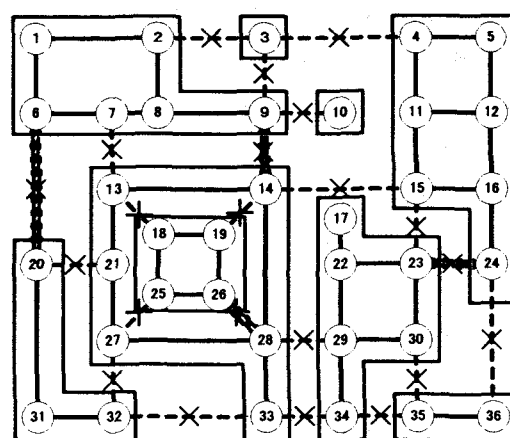


図2 モデルネットワーク

4. 切断リンクの重要度評価

震後の各時期は、避難期（震後数時間程度）、救援期（震後2～3日程度）、応急復旧期（震後1週間程度）等に区別されるが、本研究では限られた時間内に目的地に到達することが重要となる避難期を対象にモデルネットワークを用いて切断リンクの重要度評価を行った。評価方法として、本研究で用いている重要度評価プログラム（図3参照）は、まず目的地を設定した対象ネットワークを読み込み、孤立地区抽出プログラムを用いて孤立地区を抽出する。次に、抽出した孤立地区 i 中の全てのノードから目的地 j までの最短距離¹⁾の総和 X_{ij} を全ての目的地 $\{j=1, n (n: \text{目的地数})\}$ に対して求め、 $\{X_{ij}; j=1, n\} \min$ を与える場合を孤立地区 i の最寄の目的地とするとともに、その時の総和の最小値を Y_i とおく。ここで、対象とする孤立地区は目的地に到達することが不可能な孤立地区なので、目的地を含む孤立地区は対象外とする。

同様に全ての孤立地区 $\{i=1, m (m: \text{孤立地区数})\}$ に対して $Y_i (i=1, m)$ を求め、全ての孤立地区からそれぞれの最寄の目的地へ行く場合の各切断リンクの通過回数が多いほどそのリンクの貢献度が高いと評価し順位付けを行った。図4は図2の孤立地区を抽出したモデルネットワークにおいてノード1, 36を目的地と設定し、上記手順により切断リンクの重要度評価を行い、モデルネットワーク上に表したものである。また、表1はそのときの各切断リンクの通過回数を示している。この場合、図4より評価順位5位までの切断リンクと8位の切断リンクを復活させることでモデルネットワーク内の全ての孤立地区が解消されることが分かる。

5. おわりに

複数のパターンのモデルネットワークに対して、本アルゴリズムを用いた結果、どのパターンにおいても孤立地区が完全に抽出できた。したがって、本研究で抽出した孤立地区抽出手法は有用であると思われる。また、切断リンクの重要度評価では、重要度が高いと思われる切断リンクが高く評価されており、さらに、評価の高い順に切断リンクを復活させた場合に孤立地区が効率よく解消されることがわかった。

6. 今後の課題

本研究の孤立地区抽出における出力結果が数値データなので、現段階ではネットワーク上でどこが切断されているのか、またどこが孤立しているのかを視覚的にかつ迅速に捕らえることができない。そこで、地理情報システム (GIS) などのソフトを用いて解析前後のネットワーク情報等を視覚的に捕らえるようにすることが必要である。また、本研究では切断リンクの重要度評価において、距離に関する貢献度、切断リンクの通過回数等により評価を行ったため、ノード数が少ない孤立地区を解消する切断リンクの順位が低くなった。このような不都合を生じないより一般的な評価法の開発が必要になる。

参考文献

1) 茨木俊秀・福島雅夫共著：FORTRAN77 最適化プログラミング，岩波書店 pp237-264

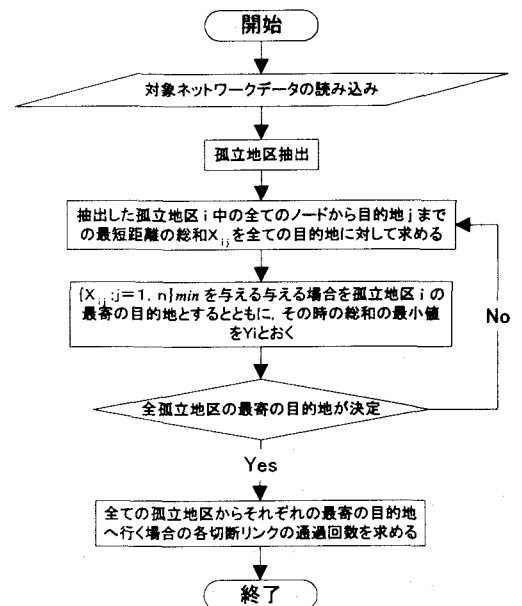


図3 評価フローチャート

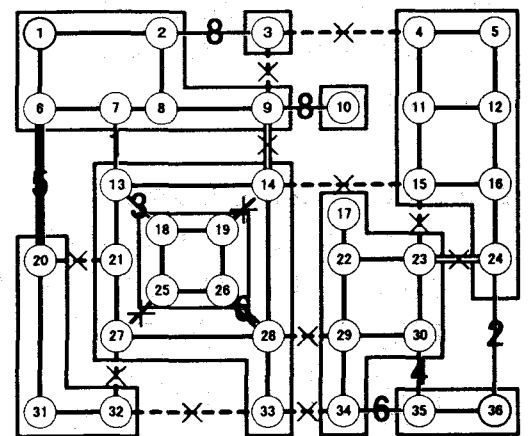


図4 モデルネットワークによる切断リンク重要度評価

表1 各切断リンク通過回数

順位	リンク	通過回数
1	(7) - (13)	10
2	(24) - (36)	7
3	(13) - (18)	6
4	(30) - (35)	4
5	(6) - (20)	3
6	(26) - (28)	2
6	(34) - (35)	2
8	(9) - (10)	1
8	(2) - (3)	1