

道路ネットワークの非連結確率を考慮した中山間地の地震時孤立リスクの定量化

鳥取大学 学生会員 ○日比 慧慎
鳥取大学 正会員 小野 祐輔
鳥取大学 正会員 谷口 朋代

1. はじめに

地震時の土砂災害により道路ネットワークが寸断され発生する孤立現象に対し、防災対策を実施することは重要である。内閣府¹⁾によると孤立する可能性がある集落は全国で約1万7千集落となっており、これらすべての集落に対し、防災対策を実施することは難しい。加え、孤立の判断基準は定性的なものであり、孤立の可能性がある地区はどの地区も差がなく同様のリスクとして考えられてしまう。そこで孤立リスクを確率として定量的に評価することが出来れば、孤立リスクの大小を判別することが可能となり、対策の優先度を定めることができるといえる。既往の研究において、酒井ら²⁾による斜面崩壊確率の評価式³⁾を用いて中山間地の集落の地震時の孤立可能性を道路ネットワークの非連結確率として定量的に評価する手法を提示した研究がある³⁾。しかし、算出した非連結確率が過大な値となっていることが今後の課題の1つにあげられており、また実際の被災地区への手法の適用、および実際の被災状況と非連結確率との比較、つまり整合性についての評価はされていない。

そこで本研究では孤立現象が発生する確率、孤立確率を道路ネットワークの非連結確率より定量的に評価する手法を提案した。また、被災地区に対し解析を行い、現実が発生した孤立状況と比較した。

2. データ

本研究では入力データとして、対象地区の斜面の崩壊確率と道路ネットワークデータが必要となる。

対象地区の斜面の地震時崩壊確率 p は下の酒井らの式を用いて10mメッシュで求めた。

$$p = \frac{1}{1 + \exp\{-(-7.89 + 0.09\text{Ang} + 0.0019\text{PGA})\}} \quad (1)$$

ここで、Angは斜面勾配($^{\circ}$)、PGAは地表面加速度(gal)である。

国土地理院⁴⁾よりダウンロードした10mメッシュ標高データを利用し、QGISにより標高データを勾配データに出力し、PGAは簡単のため一定値50, 100, 200galで検討するに加え、本震で観測された地表面最大加速度⁵⁾⁶⁾(山古志村1,000gal, 南阿蘇村927gal)を与え、(1)式を用いて対象地区の斜面の地震時斜面崩壊率を求めた。

道路データは、OpenStreetMap⁷⁾より道路データをノードとリンクから構成されるデータとしてshapefileでダウンロードした。

これらのデータと既往の研究³⁾の方法を用いて、2点間の非連結確率を求める。本研究では、非連結確率より孤立確率を算出するために、道路データに対しQGIS上で仮想のノードとリンクを追加することで孤立確率の算出を試みた。以下にその方法をまとめる。

OpenStreetMapでは、道路についてhighwayキーという道路の種類や重要度が設定されており、本研究ではhighwayキーで設定されている道路の重要度上位2種Moterway, trunkを選択し、対象地区の道路においてこれら2種の道路より対象地区外へ通ずる道路の端点を目標点とした。地域の中心部となる拠点から目標点までのネットワークの非連結確率、これを孤立確率とみなした。目標点が複数存在する場合、手法の適用が出来ないという問題がある。そこで本研究では、QGISを用いて道路ネットワークデータに、新規のノード・リンクを追加することで複数ある目標点を1つのノードに集約することで、この問題を解決した。

キーワード 地震時、孤立現象、道路ネットワーク、非連結確率、斜面崩壊確率、孤立確率

連絡先 〒680-8550 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101

T E L 090-5634-5909

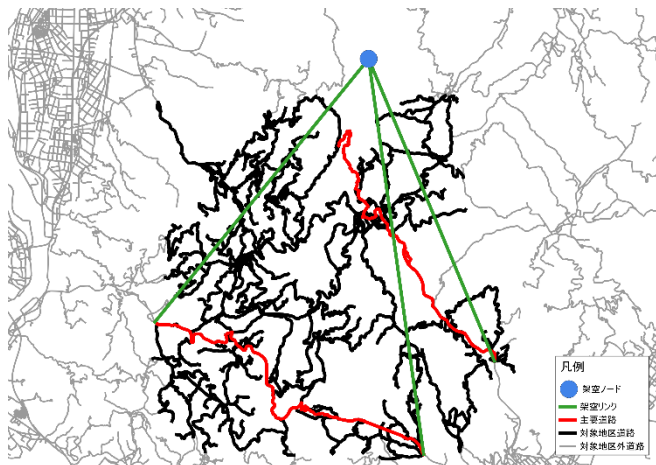


図-1 山古志村道路ネットワーク(編集後)

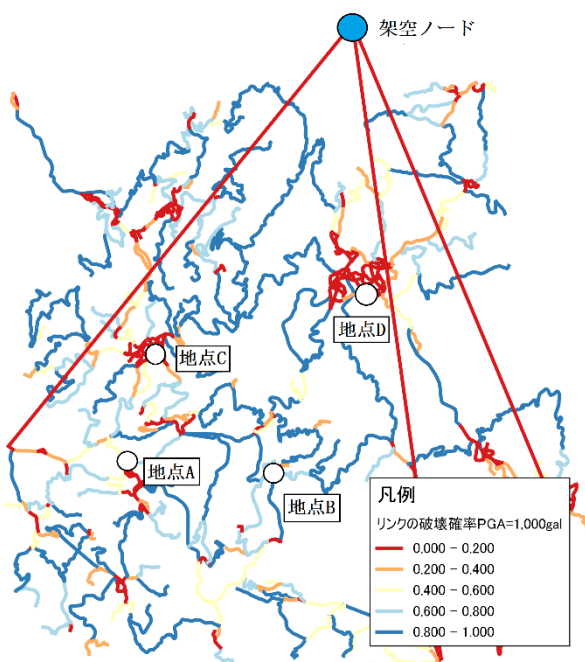


図-2 山古志村のリンク破壊確率 (PGA=1,000)

地点 A: 山古志村役場 地点 B: 種芋原集落公民館
地点 C: 虫亀集落小学校 地点 D: 檜木集落センター

3. 計算例と考察

本研究では、実際に地震により斜面崩壊が発生、道路が破壊したことにより孤立した2地区、新潟県古志郡山古志村(2004年、新潟県中越地震)、および熊本県阿蘇郡南阿蘇村(2016年、熊本地震)を対象とし、孤立確率を算出した。それぞれの対象地区内で4地点から架空ノードまでの非連結確率、いわゆる各地点の孤立確率を求めた。図-2, 3に各対象地区のリンクの破壊確率を求めた結果を示す。

また、表-1に求めた孤立確率の結果を示す。またモンテカルロ法の試行回数を3,000回とした。

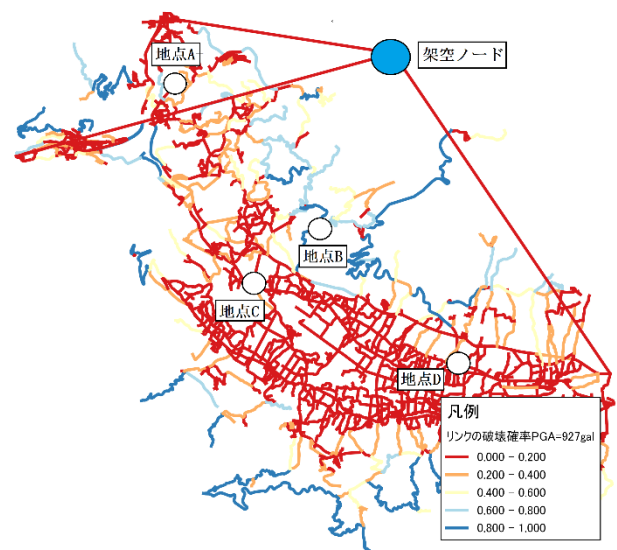


図-3 南阿蘇村のリンク破壊確率 (PGA=927)

地点 A: 東海大学阿蘇キャンパス 地点 B: 地獄温泉
地点 C: 南阿蘇村役場 地点 D: JA 阿蘇南阿蘇中央

表-1 各地点の孤立確率

(モンテカルロ法の試行回数を3,000回とした結果)

	PGA	地点 A	地点 B	地点 C	地点 D
		役場○	種芋原○	虫亀○	檜木○
山古志村	50	0.033	0.257	0.952	0.991
	100	0.05	0.335	0.966	0.996
	200	0.096	0.492	0.984	0.999
	1000	0.836	0.998	1.000	1.000
南阿蘇村	PGA	東海大○	地獄温泉○	役場	農協
	50	0.078	0.158	0.000	0.000
	100	0.093	0.196	0.000	0.000
	200	0.113	0.288	0.000	0.000
	927	0.566	0.955	0.025	0.021

ここで、表-1において○がついている地点は実際に孤立した地点である。表-1より、どの地点の結果においても、PGAが大きくなるとともに孤立確率も増加するということがわかる。また、南阿蘇村において実際に孤立した東海大と地獄温泉、孤立しなかった役場と農協の孤立確率を比較すると、実際に孤立した地点の孤立確率が高いことが分かる。また地区は異なるが、山古志村の全4地点と南阿蘇地区にお

ける役場と農協の孤立確率を比較しても実際に孤立した山古志村の全 4 地点の孤立確率が高いことがわかる。これらのことから、本研究で求めた孤立確率と実際の孤立現象の発生には整合性があるといえる。

また橋、トンネルといった区間は単に斜面の崩壊確率だけでは評価できないと考えられる。そこで本研究では、橋、トンネルの破壊確率を変えることによる結果の違いを見るため、すべての橋及びトンネルのリンクの破壊確率を 0 に設定し解析を行った。その結果を表-2 に示す。

表-1, 2 を比較すると山古志村役場は 0.836 から 0.834, 虫亀, 檜木集落においては 1.000 で変化がなく、孤立確率の変化は小さいことがわかる。これらの地点については橋、トンネルの破壊確率が孤立確率へ及ぼす影響は少ない。一方、山古志村種芋原集落のように孤立確率が 0.998 から 0.491 と変化が大きい地点もある。変化が大きい地点については、孤立確率は過小な評価となっている可能性もある。ゆえに、橋、トンネルの破壊確率の設定は今後の課題の一つである。

表-2 各地点の孤立確率

(モンテカルロ法の試行回数を 3,000 回とした結果)

※橋、トンネルの破壊確率を 0 と設定

	PGA	地点 A	地点 B	地点 C	地点 D
		役場○	種芋原○	虫亀○	檜木○
山古志村	50	0.009	0.014	0.864	0.584
	100	0.013	0.022	0.895	0.664
	200	0.030	0.042	0.949	0.771
	1000	0.834	0.491	1.000	1.000
南阿蘇村	PGA	東海大○	地獄温泉○	役場	農協
	50	0.042	0.016	0.000	0.000
	100	0.047	0.028	0.000	0.000
	200	0.061	0.047	0.000	0.000
	927	0.224	0.775	0.004	0.007

4. まとめ

本研究の結果、以下のことがわかった。

- 既往の研究の手法を応用し、QGIS により架空のノード、リンクを追加することで非連結確率から孤立確率を算出することができた。
- 現実が発生した孤立状況と、本研究で求めた孤立確率との間に整合性がみられた。
- 橋、トンネルの破壊確率の設定に関しては、今後のさらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) 内閣府：中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況調査，<http://www.bousai.go.jp/jishin/chihou/pdf/20141022-koritsuhoukokusyo.pdf> (2018 年 1 月 1 日閲覧)
- 2) 酒井久和, 奥村誠, 塩飽拓司, 香川敬生, 長谷川浩一, 澤田純男, 多々納祐一: 地震時における斜面の簡易的信頼性評価法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.I_142-I_147, 2013.
- 3) 小野祐輔, 本郷竣介: OpenStreetMap を利用した中山間地の地震時孤立可能性の定量的評価, 第 37 回地震工学研究発表概要集, 2017.
- 4) 国土交通省国土地理院: 基盤地図情報サイト, <http://www.gis.go.jp/kiban/index.html>(2018 年 1 月 1 日閲覧)
- 5) 国土交通省, 気象庁|強震波形(平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震 www.data.jma.go.jp/svd/epcv/data/kyosin/jishin/041023_niigata?niigata_main.htm(2018 年 1 月 1 日閲覧)
- 6) 地震調査研究推進本部地震調査委員会:平成 28 年(2016 年)熊本地震の評価 http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_3.pdf(2018 年 1 月 1 日閲覧)
- 7) OpenStreetMap <http://www.OpenStreetMap.org> (2018 年 1 月 1 日閲覧)