

大地震における全国道路ネットワークの信頼性分析

金沢大学 理工学域環境デザイン学類 学生会員 ○柴瀬 憲治
金沢大学 理工学域環境デザイン学系 正会員 中山晶一朗
金沢大学 理工学域環境デザイン学系 フェロー 高山 純一
金沢大学 理工学域環境デザイン学系 正会員 藤生 慎

1. はじめに

道路は、生活を営む上で最も基本的な活動基盤の1つである。交通機能が麻痺すれば社会活動、産業活動に混乱を引き起こし、社会生活に大きな影響を与える。交通機能が麻痺する原因としては、非常時の場合、地震、豪雪、水害などシステム外部からの影響によって、交通機能が低下する場合が存在する。非常時における交通機能がいかにして確保し、速やかな社会回復を図るか、ということもまた重要な課題といえる。

塚口ら¹⁾の研究では、京都市における地震災害時のリンクの通行可能確率を、道路幅員に加え、沿道建物の状況を考慮して通行可能確率を計算している。

廣瀬ら²⁾の研究では、道路幅員に加え、リンク長、地盤特性値から計算する方法を提案しており、リンク長に関しては、リンクの長さが長くなるほど道路構造破壊の危険が高くなるという考え方、道路幅員については、幅員が狭くなるほど道路閉塞の危険が高まるという考え方、地盤特性値の値が小さいほど地盤が安定しているという考え方である。廣瀬らは、これら3種類の信頼度指標からモンテカルロシミュレーションによってリンク切断の有無を分析している。

上記で述べたことを踏まえて、地震などの大災害が発生した際（非常時）の広域的な道路網の信頼性を分析する必要がある。本研究では、非常時における道路網の連結性能を評価する。広域的な道路網の信頼性分析を行い、分析で得られた結果を用いることで、広域的な道路網における連結信頼性が低い箇所と高い箇所を明確にすることを目的とする。

2. 研究のアプローチ

(1) 信頼性評価方法の決定

道路網の信頼性解析を行う場合、どの程度の誤差まで許容できるのかを確認したうえで、短時間で計

算が終わる近似解法が適当である。道路間の連結信頼性を評価する代表的な方法として、ミニマムパス法、ミニマムカット法が挙げられる³⁾。これらの手法には、各経路において通過するリンクが重複すると厳密解と離れた結果となることや、ネットワーク規模が大きくなると膨大な計算が必要になるといった問題点が挙げられる。

ここで、ミニマムパス法を基本的な考えとして、以下の計算式（式1）を用いる。

$$\theta_i(x_a) = 1 - \prod_{s=1}^P \left(1 - \prod_{a \in P_s} x_a \right) \quad (\text{式 1})$$

$\theta_i(x_a)$: i 番目のOD間の連結確立を表すシステム構造関数

x_a : a 番目のリンクの連結確立を表すシステム構造関数

この方法では、乱数を発生させて、各リンクについて発生した乱数がリンク信頼度より小さければそのリンクは通過できるものとして x_a を1、そうでなければ0とし、その結果から $\theta_i(x_a)$ を算出する。この結果、 $\theta_i(x_a)$ は1か0で表現され、1であれば連結、0ならば途絶しているということになる。この計算を本研究では10,000回行い、平均を取ることで連結信頼性を求めるものとする。

(2) リンク信頼度の計算

上記でも述べたように、発生させた乱数がリンク信頼度を超えなければ1（連結）、超えれば0（途絶）として、システムの構造関数を求める。そのため、リンク信頼度の計算方法を提案する必要がある。本研究では、既存のリンク信頼度推定を参考に用いる計算方法について考えた。リンク信頼度についての既存研究は既に述べたため、ここでは割愛する。塚口らの研究は、本研究において考えると、全国の大規模ネットワークにおける幹線道路を分析対象としている点が問題点として挙げられる。どのリンクも幅員が広いと、この計算方法が適用できる可能性

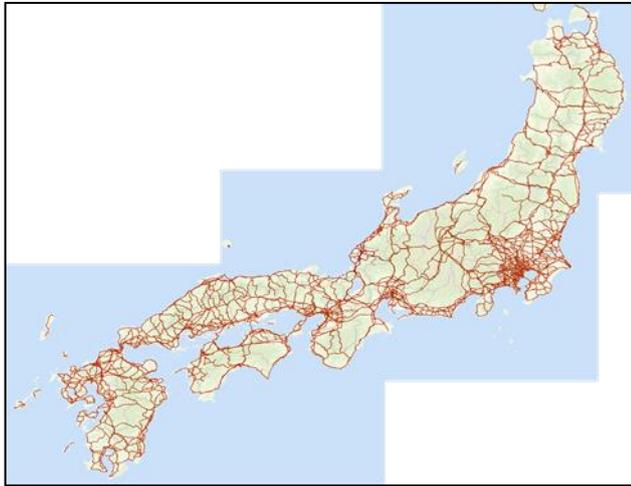


図-1 北海道，本州の緊急輸送道路図

は低い。廣瀬らの研究では地盤特性値にも着目しているが、本研究においては地盤特性値を考慮していないため、本研究では廣瀬らの研究を参考にリンク長と幅員によるリンク信頼度計算法を用いることにする。

(3) 緊急輸送道路と道路ネットワークの構築

信頼性評価方法，リンク信頼度の決定と共に本研究において必要な事項として道路ネットワークの構築がある。地震発生後に迅速に救援を行うためには、地震が発生しても円滑に輸送を行えるような道路ネットワークの構築が必要となる。

道路を選定する基準の1つとして、緊急輸送道路が挙げられるが、緊急輸送道路は都道府県によってそれぞれ定められているため、ある地点を地震発生の対象地点とした場合、物資の迅速な救援を行うために緊急輸送道路を指定した場合、隣接県と緊急輸送道路が連結されているのか否かが問題となる。これについて調査を行った結果、都道府県によって1次や2次といった設定の違いはあるものの、高速自動車国道、一般国道は緊急輸送道路に指定されていた。従って、緊急輸送道路を基に道路ネットワークを構築するのは問題ないといえる。図1は、全国の1次指定された緊急輸送道路である。1次は基本的に

広域的な輸送に必要な主要幹線道路が多いため、1次の緊急輸送道路を基に道路ネットワークを構築するものとする。対象区間については、ある地点で地震が発生した直後に必要となる物資、連携して対応する都市を考慮して分析対象区間を選定する必要がある。大地震を想定する場合、地方公共団体だけでなく国も支援物資の調達と輸送を実施する必要がある。支援物資の供給には、ボランティア、NPO、個人などもあるが、本研究においては国、都道府県及び市町村が実施するもののみを対象とする⁴⁾。一時物資集積拠点は都道府県庁になることが多いため、本研究の対象区間として、地震が発生した都道府県の庁舎と全国の地点間の連結信頼性を分析するものとする。発地には人口の多い大都市(東京都、大阪府、愛知県、兵庫県、福岡県)と隣接都道府県および、石油が確保できる都市(千葉県、岡山県:石油精製所有)を発地に考慮する。

3. 今後の課題

今後は、ArcGISを用いたリンク・ノードの作成と作成した後に行う必要とするリンク・ノードの選択と不必要なものの削除の作業を経て、プログラムを用いた信頼性分析を行っていく。国土数値情報から得られた緊急輸送道路のデータは、道路情報による交差点によって分けられておらず、道路属性によって分けられているため、交差点によって分かれるようにする作業を行う予定である。

4. 参考文献

- 1) 塚口博司，小川圭一，田中耕太，本郷伸和：歴史都市における道路機能障害の推定，2009年 歴史都市防災論文集 Vol.3
- 2) 廣瀬義伸，綾貴穂，山根丈，近藤光男：地震防災のための道路網及び緊急施設設備計画に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.15，1998/9
- 3) 井上紘一，稲垣敏之：大規模システムの信頼性解析へのグラフ理論の応用，システムと制御，Vol.20，No.12，pp.641～648，1976年。
- 4) 支援物資物流システムの基本的な考え方 『支援物資物流システムの基本的な考え方』に関するアドバイザー会議 報告書 pp.2，平成23年12月。