

非常時における緊急輸送道路ネットワークの連結信頼性の基礎的分析

金沢大学大学院自然科学研究科環境デザイン
金沢大学理工研究域環境デザイン学系

学生会員 ○中南 孝晶
正会員 中山 晶一郎

1. 研究の背景・目的

大地震などの巨大な災害時において、迅速な避難、物資の輸送など、道路に係る役割は非常に大きい。そこで、災害時における緊急輸送を円滑に行うための緊急輸送道路が整備されている。この緊急輸送道路が十分に役割を果たせるかどうか、事前に被災状況を考慮した緊急輸送道路の連結信頼性評価が必要である。連結信頼性を計算する手法は数多く存在するが、被害が広域に及ぶ大災害を想定する場合、膨大なリンク・ノードの情報整理等が必要となり、計算時間・作業効率の面で多くの課題を抱えている。そこで、本研究では緊急輸送道路ネットワークの形に着目する。密度・大きさ・構成する図形の種類などの比較的簡単に得られる情報から、瞬時に連結信頼性評価が可能な推定式を求め、広範囲の連結信頼性評価が可能とする指標とし、作業効率の改善効果を検討する。

2. シミュレーションを用いた基礎分析の概要

リンク密度の等しい仮想ネットワークを用いて、OD間連結確率をモンテカルロシミュレーションで計算し、各ネットワークが連結信頼性に与える影響を分析する。

その際のリンク通行可能確率については距離に依存するものとし、以下の式で得られる値をそのリンクの通行可能確率とする。

ϕ_i : i 番目のリンク通行確率

$$\phi_i = 0.84^{x_i} \quad (1)$$

0.84 : 東日本大震災時の被災地域の国道 1km 当たりのリンク通行可能確率の推定値

x_i : i 番目のリンク長(単位 : km)

この距離依存するリンク信頼度は、リンク長さが長いほど途絶リスクが高くなる。

計算対象とする仮想ネットワークを構成する図形は、正方形・長方形・二等辺三角形とした。長方形には縦長

キーワード 緊急輸送道路, 連結信頼性, 重回帰分析

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 自然科学研究科棟 2C734

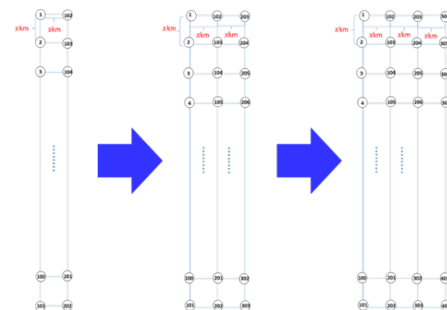


図-1 仮想ネットワーク(正方形)の概要

と横長の二種類があり、二等辺三角形についてはリンクのつなぎ方が二種類あることから A, B と分ける。これらの図形を縦に 100 個連結させたものを縦 1 列(Net1)から順に横へ結合させ、縦 10 列(Net10)まで拡大する。この仮想ネットワークの概要を図-1 に示す。左上のノードから全ノードについて連結確率を 10^5 (回)計算する。

ネットワークごとに連結性能を評価するため、以下のような指標を用いることとする。

$$\text{指標値} = \log_{0.84} R_{OD} / D_{\text{direct}} \quad (2)$$

R_{OD} : OD 間の連結確率

D_{direct} : OD 間の直線距離(km)

R_{OD} は指数的に変化する値であるので、0.84 を底とする対数をとっている。縦軸を $\log_{0.84} R_{OD}$ 、横軸を D_{direct} とした、グラフの近似式 $y = \alpha x + \beta$ における傾き α が指標値であり、値が小さいほど連結性能は高い。

3. 基礎分析の結果と考察

シミュレーションの結果を以下の図-2 に示す。Net 数が増える(経路数が増える)ことで連結確率は上昇する。

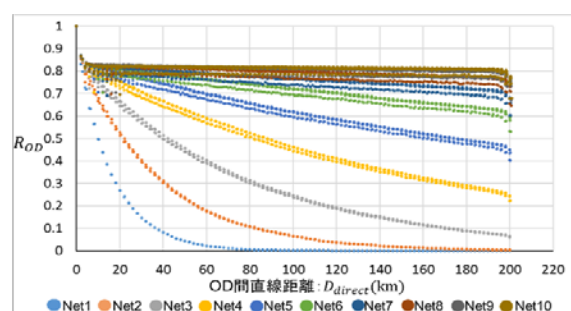
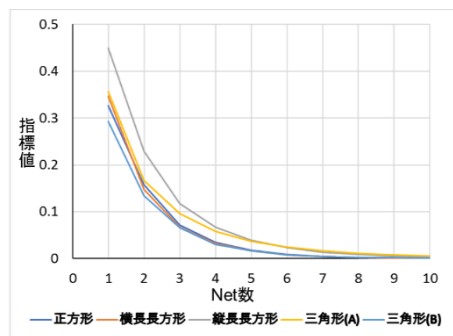


図-2 リンク密度 1000(m/km²) (正方形)の計算結果

図-3 リンク密度 1000(m/km²) の指標値

なお、リンク密度に関してはリンク密度が高くなるほど連結確率は上昇した。続いて、指標値に関する結果を図-3に示す。Net数が大きくなるほど、指標値は指数関数的に減少する。なお、リンク密度についてもリンク密度が高くなるほど指標値は指数関数的に減少していた。

4. 連結確率推定式

指標を説明する際の近似式の文字を用いると、連結確率推定式は以下ようになる。

$$R_{OD\ est.} = 0.84^{(\alpha D_{direct} + \beta)} \quad (3)$$

変数をリンク密度 ρ_{link} 、Net数 n 、図形の種類 x_i として、 α 、 β に対する重回帰分析を行った。重回帰分析の精度を高めるため、変数の値は指数関数などでスケール変換を行った。重回帰分析の結果は表-1に示す。推定精度について、横軸にシミュレーション値、縦軸に推定値をとった図-4に示す。左の青色が α 、右の橙色が β であり、 $y = x$ の直線状にプロットがあることが望ましい。 α の重決定係数は0.9585であり、 β の重決定係数は0.9547である。この重回帰分析の値による連結確率推定式を用いて、推定連結確率を算出し、シミュレーションによる連結確率と比較したものを図-5に示す。

表-1 重回帰分析の結果

	リンク密度	Net数	x1	x2	x3	x4	定数項
α	4.76	2.38	-0.57	0.84	-0.12	-0.38	-32.75
β	2.67	-0.35	-1.09	-1.12	-0.01	-0.07	-17.85

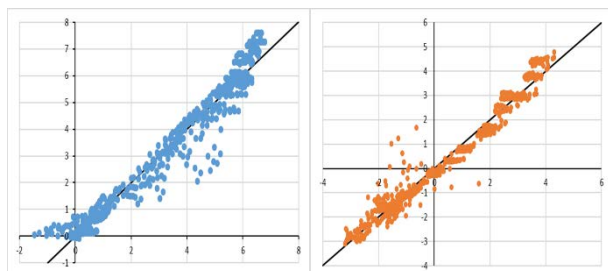
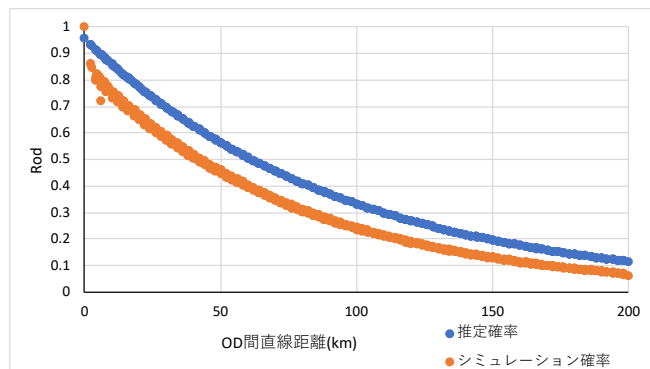


図-4 重回帰分析の推定精度

図-5 リンク密度 1000(m/km²)、Net3、正方形の連結確率

精度の良いネットワークで比較しても、連結確率が若干ずれていることから、現在の推定精度では十分に連結確率を推定できているとは言い難い。

実際に、この連結確率推定式を金沢市DID周辺地区に適用した。リンク密度についてはGIS等で計算でき、式に代入する値は明確である。しかし、今回用いる他の説明変数については、実際の複雑なネットワーク構造から値をどのように読み取るか定義することが困難であるということが分かった。

5. まとめと課題

今回は、仮想ネットワークによるネットワークごとの連結性能の基礎分析を行い、その結果を考慮して連結推定式の算出を行うことができた。しかし、精度が不十分であることが分かった。説明変数の追加・変更などで推定精度の向上を図ることが課題である。実際のネットワークに適用する際、図形の種類やNet数など処理方法がきちんと定義できていないことも課題である。

謝辞

本研究は国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究により実施した。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 飯田恭敬, 若林拓史, 福島博: 道路網信頼性の近似解析方法の比較研究, 土木学会論文集, No. 407/IV-11, pp. 107-116, 1989.
- 2) 中山晶一郎: ネットワークレベルでの道路交通の信頼性研究の諸相・展望とその便益評価の一考察, 土木学会論文集 D3, Vol. 67, No. 2, pp. 147-166, 2011.