

愛媛大学 学生員 ○間嶋信博

愛媛大学 正会員 朝倉康夫

愛媛大学 フェロー 柏谷増男

セントラルコンサルタント 正会員 越智大介

1. はじめに

災害時にはドライバーの経路選択行動の不確実性が増大すると思われる。ネットワークの信頼性評価にはこのことを考慮しなければならない。その際、ネットワークを構成する個々のリンクの信頼性を分析することが重要である。

そこで本研究は需要固定型確率均衡モデルを使い、経路選択パラメータを変化させ、経路選択の不確実性を考慮した道路区間の信頼性評価を行うことを目的とする。

2. 災害時におけるネットワークフローの考え方

本研究では、ネットワークフローを記述するのに確率均衡モデル (SUE) を適用する。このモデルは、利用者の経路選択行動にばらつきを考慮することによって不確実性を考慮し、かつ、ネットワークの混雑現象を考慮できるという特長を持っている。交通コストを利用者の知覚するコストとみなすと、SUE は「どの利用者也自分が経路を変更することにより、自分の交通費用を削減できないと信じている状態」を満足するフローを求める問題である。以下にこれと等価な最適化問題を示す。

$$\min. \quad Z(f) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \frac{1}{\theta} \sum_{rs} \sum_k f_k^{rs} \ln \frac{f_k^{rs}}{q_{rs}} \quad (1)$$

sub. to

$$x_a = \sum_{rs} \sum_k f_k^{rs} \delta_{a,k} \quad \forall a \in A \quad (2)$$

$$q_{rs} = \sum_k f_k^{rs} \quad \forall (r,s) \in W \quad (3)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall k \in K_{rs} \quad \forall (r,s) \in W \quad (4)$$

 x_a : リンク a のリンク交通量 f_k^{rs} : OD ペア rs 間第 k 経路の経路交通量 q_{rs} : OD ペア rs 間分布交通量

目的関数 (式 (1)) の第 2 項が、経路選択の不確実性を表すエントロピー項である。経路選択パラメータ θ が大きくなるほど不確実性が小さくなり、確定的均衡配分に近くなる。逆にパラメータ θ が小さくなるほど不確実性が大きくなり、経路コストに関わらずランダムに経路が利用される。

3. リンク交通量の確率分布の計算

リンクフローが増加するほどリンク所要時間は増大し、サービス水準が低下する。そこで、各リンクの容量を混雑の上限 C とし、リンク交通量がこれを超えない確率を信頼度 R と定義する。非連結になる可能性のあるリンクが非連結になった場合、混雑の上限を超えるものとみなす。

ネットワークの状態をベクトル $\mathbf{x}$ で表す。 $\mathbf{x}$ の要素 x_a は、リンク a が機能しているとき $x_a = 1$ 、機能していないとき $x_a = 0$ である。状態の生起は確率事象であるから、リンク交通量 $x_a(\mathbf{x})$ もある確率分布に従う。状態 $\mathbf{x}$ の発生確率を $P(\mathbf{x})$ とすれば、リンク交通量が $x_a(\mathbf{x})$ となる確率も $P(\mathbf{x})$ である。そこでリンク交通量の確率分布を推定しその累積分布関数を求めれば、リンク交通量が混雑の上限 C を超えないネットワークの累積状態発生確率 R を求めることができる (図-1)。

4. 数値計算例

(1) 前提条件

提案した方法の妥当性を検証するために、数値計算を行う。用いるネットワーク (図-2) はノード数 12、リンク数 17 の小規模なもので、リンクデータは表-1 に示す値とした。OD は図-2 に示す 1 つのペアについて

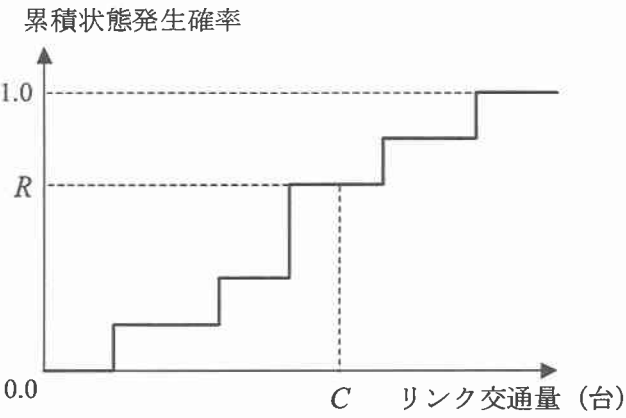
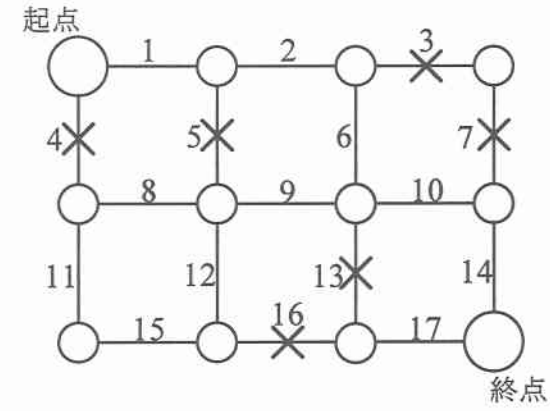


図-1 リンク交通量の累積分布関数

てのみ考え、交通量は2000台とした。非連結となる可能性のあるリンクの通行可能確率はすべて0.7である。ドライバーが情報を持っている場合としてパラメータ $\theta=10.0$ 、情報がなくランダムに経路を選択する場合としてパラメータ $\theta=0.1$ で考える。



✕：非連結になる可能性のあるリンク

図-2 仮想ネットワーク（数字はリンク番号）

表-1 ネットワークのリンク属性

リンク長 (km)	自由速度 (km/h)	自由走行時間 (min)	交通容量 (台)
5	60	5	2000

*) リンク属性はすべて一様

(2) リンク交通量の累積分布関数

図-3 はリンク2におけるリンク交通量の累積分布関数を示したものである。図-3 に示すように、リンク2は $\theta=0.1$ （情報なし）に比べ $\theta=10.0$ （情報あり）の方が交通が乗りやすいことがわかる。

表-2は累積分布関数より得られた各リンクの信頼度である。信頼度の高低が明確な4本のリンクに着目する。表-2 に示すようにリンク1,14 はリンク8,11 に比

べ信頼度が低くなっていることが確認できる。起点ノードおよび終点ノードの周辺リンク数が少なく交通が集中するため、リンク1,14は信頼度が低くなると考えられる。

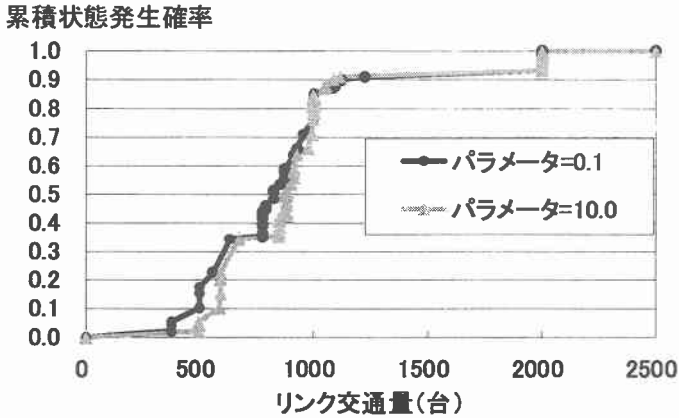


図-3 累積分布関数（リンク2）

表-2 各リンクの信頼度

リンク番号	信頼度(%)
1	23
8	100
11	100
14	66

(3) リンクが非連結になることによるネットワーク全体に与える影響

表-3 は4本のリンクに着目し、リンクが1本だけ機能しなくなったときの総走行時間を示す。信頼度の低いリンクが機能しなくなるとネットワーク全体の評価が大きく落ち、逆に信頼度の高いリンクが機能しなくなってもネットワーク全体の評価は平常時と比べほとんど変化が見られない。経路選択パラメータ θ の変化による総走行時間の平常時との差は、信頼度の高いリンクで大きくなることがわかる。つまり信頼度の高いリンクが機能しなくなると、情報の有無によってネットワーク全体の走行コストが大きく異なり、情報の効果が発生することになる。

表-3 総走行時間（単位：min・台）

非連結リンク	$\theta = 0.1$	$\theta = 10.0$	差
なし(平常時)	78226	74795	3432
1	168893	167750	1143
8	86007	82059	3948
11	81034	78706	2328
14	153421	152503	918