

IV-351 ドライバーへの情報提供を考慮した災害時のネットワーク信頼性評価モデル

愛媛大学大学院 学生員 越智大介

愛媛大学工学部 正会員 朝倉康夫

愛媛大学工学部 フェロー 柏谷増男

1. はじめに

災害時において交通情報提供をすることは、交通渋滞解消や信頼性向上に大きく貢献すると言われている。Asakura¹⁾は、ドライバーへの情報提供を考慮した災害時のネットワーク信頼性評価モデルを提案している。しかし、このモデルには、災害時の経路選択行動の特徴であるトリップの中止や待機が考慮されていない。

本研究は、情報提供を考慮したネットワーク信頼性評価に災害時のサービス低下によるトリップ中止行動を組み込んだモデルを提案する。

2. 情報提供を考慮した需要変動型確率均衡モデル

(1) 需要変動型の確率均衡モデル

災害時の交通ネットワークフローを記述するために、需要変動型の確率均衡モデルを用いる。これは、災害時の選択行動の不確実性とトリップ中止による需要の変動を表現するためである。このモデルは、与えられた OD ペアに対し図 1 のような Nested 構造を仮定し、トリップの中止行動を表現するものであり、災害時における需要の変動を考慮できる。

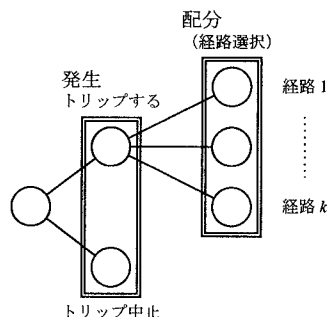


図1 発生・配分統合モデルの選択ツリー構造

配分段階の経路選択確率を式 (1)、トリップが発生する確率を式 (2)、発生しない確率を式 (3) で表わす。

$$P[k/r,s] = \frac{\exp(-\theta c_k^{rs})}{\sum_{k \in K_{rs}} \exp(-\theta c_k^{rs})} \quad (1)$$

$$P[r,s] = \frac{\exp\{-\phi(S_{rs} - C_{rs})\}}{\exp\{-\phi(S_{rs} - C_{rs})\} + \exp(-\phi R_{rs})} \quad (2)$$

$$\bar{P}[r,s] = 1 - P[r,s] \quad (3)$$

$P[k/r,s]$: OD ペア rs 間の第 k 番目の経路選択確率

$P[r,s]$: OD ペア rs 間のトリップが発生する確率

$\bar{P}[r,s]$: OD ペア rs 間のトリップが発生しない確率

c_k^{rs} : OD ペア rs 間の第 k 番目の経路費用

R_{rs} : トリップ中止による固有の費用 (定数)

C_{rs} : OD ペア rs 間の固有の費用 (定数)

θ, ϕ : パラメータ

S_{rs} は、経路選択の期待最小費用であり、次式で与えられる。

$$S_{rs} = -\frac{1}{\theta} \ln \left[\sum_{k \in K_{rs}} \exp(-\theta c_k^{rs}) \right] \quad (4)$$

(2) 情報提供の表現

ネットワーク利用者は選択行動規範の異なる複数のグループから構成されるとする。情報提供の有無を表現するために、情報を持たないドライバー (グループ 1) と、情報を持つドライバー (グループ 2) を想定する。グループの選択行動の違いは、式 (1), (2), (3) に含まれるパラメータ θ および ϕ の差を表される。情報を持たないグループのパラメータ (θ_1, ϕ_1) と情報を持つグループのパラメータ (θ_2, ϕ_2) の定性的大小関係は以下の通りである。経路選択については、情報を

keywords: 交通ネットワーク, 信頼性評価, 情報提供, 利用者均衡

連絡先: 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番 愛媛大学工学部, TEL. 089(927)9829, FAX. 089(927)9843

持たないグループの経路選択の方がランダム性が強いと考えられるので、 $0 < \theta_1 < \theta_2$ である。トリップ発生を選択についても、情報を持たないグループの方がランダム性が強いとすれば、 $0 < \phi_1 < \phi_2$ であろう。

情報の有無という属性の異なる2つのグループが存在するネットワーク均衡問題は、以下のよう

$$\begin{aligned} \text{Min. } Z(f, q, \bar{q}) = & \sum_{a \in A} \int_0^{v_a} t_a(x) dx + \sum_{g \in G} \sum_{r, s \in \Omega} \bar{q}_{rs,g} (R_{rs} - C_{rs}) \\ & + \sum_{g \in G} \frac{1}{\theta_g} \sum_{r, s \in \Omega} \sum_{k \in K_{rs,g}} f_k^{rs,g} \ln \left(\frac{f_k^{rs,g}}{q_{rs,g}} \right) \\ & + \sum_{g \in G} \frac{1}{\phi_g} \sum_{r, s \in \Omega} \left[q_{rs,g} \ln \left(\frac{q_{rs,g}}{T_{rs,g}} \right) + \bar{q}_{rs,g} \ln \left(\frac{\bar{q}_{rs,g}}{T_{rs,g}} \right) \right] \end{aligned} \quad (5)$$

sub.to

$$q_{rs,g} + \bar{q}_{rs} = T_{rs,g} \quad \forall g \in G, \quad r, s \in \Omega \quad (6)$$

$$\sum_{k \in K_{rs,g}} f_k^{rs,g} = q_{rs,g} \quad \forall g \in G, \quad r, s \in \Omega \quad (7)$$

$$f_k^{rs,g} \geq 0 \quad \forall k \in K_{rs,g}, g \in G, \quad r, s \in \Omega \quad (8)$$

$$T_{rs,g} \geq q_{rs,g} \geq 0 \quad \forall g \in G, \quad r, s \in \Omega \quad (9)$$

$t_a(x)$: リンクコスト関数

$q_{rs,g}$: グループ $g (=1, 2)$ の OD ペア rs 間の交通量

$\bar{q}_{rs,g}$: グループ g の中止トリップ数

$f_k^{rs,g}$: グループ g の OD ペア rs 間の第 k 番目の経路交通量

$T_{rs,g}$: グループ g における交通需要の上限（所与）

3. ネットワーク信頼性評価の考え方

(1) 状態ベクトルと発生確率

n 本のリンクからなる連結されたネットワークを考える。障害はリンクのみで発生し、ノードでは発生しない。障害が発生したリンクは機能を完全に停止して、片側交互通行などで運用されることはないものとする。このとき、ネットワークに含まれるリンクの状態は、状態ベクトル $\mathbf{x} = \{x_1, \dots, x_a, \dots, x_n\}$ で表すことができる。状態ベクトルの要素 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。

各リンクの通行可能確率は与件であり、それぞ

れのリンクごとに障害はランダムに発生し、その確率はリンク間で相互に独立であると仮定する。リンク a が機能している確率を $p_a (a = 1, \dots, n)$ とすると状態ベクトル $\mathbf{x}$ の発生確率 $p(\mathbf{x})$ は次式のように示される。

$$p(\mathbf{x}) = \prod_a p_a^{x_a} (1 - p_a)^{1-x_a} \quad (10)$$

(2) 交通流の記述

先に述べた SUE モデルにより、ある状態ベクトルに対するネットワーク交通流を記述する。災害時の情報提供効果を調べるためには、情報を持つドライバーと持たないドライバーの交通需要の上限の和を一定とし（式（11））、両者の比をパラメトリックに変化（ $0 \leq \omega \leq 1$ ）させてフローを計算すればよい。

$$\omega T_{rs,1} + (1 - \omega) T_{rs,2} = \text{const} \quad (11)$$

(3) 信頼性評価指標の提案

災害時のパフォーマンス指標として、ネットワークの状態 $\mathbf{x}$ に対して利用者均衡モデルを解いて得られる評価指標の期待値を使用する。ネットワークのすべての状態に対してフローを記述しパフォーマンス（ $Z[f(\mathbf{x}), c(\mathbf{x})]$ ）を計算し、その期待値を災害時の信頼性評価指標とするのである。

$$R = \sum_{\mathbf{x} \in X} Z[f(\mathbf{x}), c(\mathbf{x})] p(\mathbf{x}) \quad (12)$$

なお、式（12）の近似計算法は既に提案されている。

4. おわりに

本研究では、災害時の情報提供を考慮したネットワーク信頼性評価に利用者のトリップの中止行動を組み込んだモデルを提案した。

今後の課題として、仮想ネットワークで数値計算を行い、情報提供が災害時の信頼性にどのような効果をもたらすか分析することが挙げられる。

参考文献

- 1) Asakura, Y. (1999) Evaluation of Network Reliability using Stochastic User Equilibrium, Journal of Advanced Transportation (in press)