

災害復旧・復興期の交通規制を考慮した道路交通ネットワーク防災性能評価手法の開発

岐阜大学

○田中 秀忠

岐阜大学

倉内 文孝

高木 朗義

1. はじめに

道路交通ネットワークは、災害時において救命救急活動・ライフラインの復旧活動などに関して重要な役割を担っている。そのため、災害が発生しても深刻な機能低下に陥らない道路交通ネットワークの構築が重要である。また、災害時には被災の程度に応じて交通規制が実施されるため、適用される交通規制施策を考慮し、道路交通ネットワークの災害に対する性能評価を実施することが必要と考える。そこで、本研究では都市部を対象とし、災害復旧・復興期における交通規制を考慮しつつ、道路交通ネットワークの防災性能評価を行うための手法を構築することを目的とする。

2. 災害時の交通管理方法

災害時の交通管理の考え方としては、エリア交通規制¹⁾を前提とする。エリア交通規制とは、被災地を被災の程度に応じてゾーンに分割し、各ゾーンへの流入量を規制する考え方である。災害対策基本法の改正前は、緊急ルート指定等の線的な規制のみが行われており、規制の影響を受けた交通が迂回分散するため、規制対象外の道路や被災地域内において交通渋滞が発生していた。阪神淡路大震災を契機とした改正により、被災地への面的な流入規制が可能となったことにより提案されたものである。この目的は、被災地域内での交通の混乱を緩和し緊急車両や救急車両の通行の妨げとなる交通を規制することである。

3. ネットワーク容量算定モデル

エリア交通規制量は、道路ネットワークに混雑が生じないという制約のもと最大の受け入れ可能交通量(ネットワーク容量)を求めることによりその規制方針を決定できる。ただし、道路上の混雑により経路選択行動は変化しうる。経路選択行動を考慮しつつ、混雑による均衡状態を明示的に考慮するため、確率的利用者均衡状態を下位問題として有する MPEC 型の数理最適化モデルとした。ネットワーク容量算定モデルは、(1)式で表される。

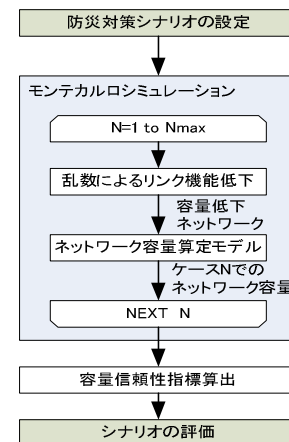


図-1 計算方法

$$\begin{aligned}
 &\max_{\alpha} \sum_i \sum_j \alpha y_{ij} \\
 &\text{subject to} \\
 &y_{ij} = \alpha g_{ij} T \text{ for all } i, j \in C \\
 &X_a^*(\mathbf{y}) \leq C a_a \text{ for all } a \in L \\
 &0 \leq \alpha \leq 1
 \end{aligned} \tag{1}$$

ここで、 T :総交通需要、 y_{ij} :OD 交通量、 g_{ij} :OD パターン、 $C a_a$:リンク容量、 $X_a^*(\mathbf{y})$:OD 需要が $\mathbf{y}$ のときのプロビット型確率的利用者均衡フロー、 C :セントロイド集合、 L :リンク集合である。制御変数は α で、1 の時は全ての OD 交通需要が受け入れ可能であることを意味しており、 $1-\alpha$ が規制率になる。なお、制御変数 α を出発地別、OD 別などにすることで規制のきめ細かさを表現できる。

4. 道路ネットワークの防災性能評価方法

道路ネットワークの防災性能は、容量信頼性²⁾指標を用いて評価する。容量信頼性指標とは、ある要求水準を与件としその水準を満たす確率として定義される。すなわち要求水準を 10 としたとき、容量信頼性はネットワーク容量が 10 以上である確率、と定義できる。計算方法を図-1 に示す。所与のリンク機能低下確率を用いモンテカルロシミュレーションを適用し、容量低下時におけるネットワーク容量を算出する。この行程を $N_{\max}$ 回行うことで容量信頼性指標を算出する。手順は以下の通りである。

【Step0】繰り返し番号 $N=1$ を設定する。

【Step1】各リンクに 0 から 1 の範囲の一様乱数 $Y1_a$ を発生させる。

【Step2】 $Y1_a < \gamma_a$ (リンク機能低下確率) ならば, 異なる一様乱数 $Y2_a$ を発生させ, $(1 - \beta_a Y2_a) Ca_a$ としてリンク a の最大リンク容量 Ca_a を減少させる. ここで γ_a, β_a はインプットパラメータである。

【Step3】 N の容量低下時ネットワークにおける最大の受け入れ可能交通量を算出する。

【Step4】 $N < N_{max}$ ならば $N = N + 1$ として【Step1】へ. $N < N_{max}$ でなければ計算を終了する。

N 回の容量低下時ネットワークにおける最大の受け入れ可能交通量計算結果から, 以下の(2)式を用いて容量信頼性指標を算出することができる。

$$R(\mu_r) = \sum_{N=1}^{N_{max}} \delta_N^{\mu_r} / N_{max} \quad (2)$$

ここで, $R(\mu_r)$: 容量信頼性, $\delta_N^{\mu_r}$: N 回目計算時のネットワーク容量比率が容量 μ_r 以上であるときは 1, そうでなければ 0 となるダミー変数である。

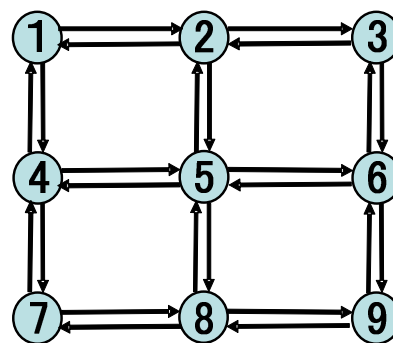


図-2 仮想ネットワーク

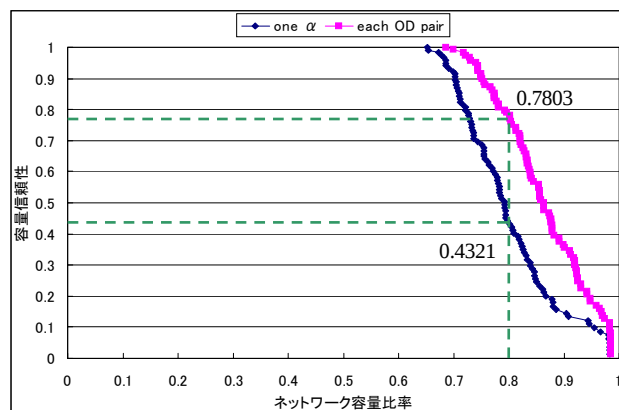


図-3 one α と each OD pair の算出結果比較

示している。これは、OD別規制を行う方が、ネットワークを有効利用できることを意味する。これらの容量信頼性指標算出結果から、適用する交通規制すなわち規制のきめ細かさによってネットワーク性能は向上し、より多くの交通需要を受け入れることができるといえる。

6. おわりに

本研究では、災害時の交通規制方法の整理、ネットワーク容量算出モデル及び道路ネットワークの防災性能評価方法の提案、提案したアルゴリズムを用いた仮想ネットワークにおける性能検証を行った。今後の課題としては、提案したアルゴリズムを用いた実ネットワークにおける適用計算が挙げられる。

謝辞: 本研究は、(財)関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団の研究助成により実施された研究成果の一部である。記して深謝いたします。

【参考文献】

- 1) 飯田恭敬ら(1998), 阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた震災時の道路交通マネージメントの研究, 国際交通安全学会
- 2) Chen A, Yang H, Lo HK, Tang WH(2002) Capacity reliability of a road network: an assessment methodology and numerical results. *Transp Res, Part B: Methodol* 36(3):225-252

5. 仮想ネットワークにおける性能検証

(1) 設定条件

提案したアルゴリズムを仮想ネットワークに適用し、性能検証を行う。検証対象となる仮想ネットワークを図-2に示す。リンク数は24, ノード数は9, リンク容量は片方向あたり10とする。ODペアは、ノード1から9, 2から8, 3から7, 4から6の4組とし、各OD需要は10とする。リンク機能低下確率 γ_a は全て0.3と仮定して、乱数を用いて被災パターンを生成した。容量低下比率 β_a は0.3とし、シミュレーション試行回数は100回とした。ここでは、均一規制(one α)の場合とOD別規制(each OD pair)の場合について比較する。均一規制とは、全ODペアに対し同じ規制率を適用する場合であり、OD別規制とは、各ODペアに対しそれぞれ異なる規制率を適用する場合である。

(2) 算出結果の比較

図-3に均一規制を行う場合とOD別規制を行う場合の容量信頼性指標算出結果を示す。ネットワーク容量比率とは、算定された被災時ネットワーク容量を被災のないケースのネットワーク容量によって除したものである。例えば、被災のないケースのネットワーク容量の80%を確保したいとすると、容量信頼性の値は、均一規制の場合は0.4321, OD別規制の場合は0.7803とよみとれる。一様に均一規制の場合よりOD別規制の場合の方が高い確率を