

I - B419

道路ネットワークの震災時フローのシミュレーション

岐阜大学工学部 正会員 能島 暢呂

1. はじめに 都市交通が円滑に機能することは地震防災上の重要課題であり、その機能的被害の予測・評価手法の確立が望まれる。本研究は、分割配分法に基づく交通量配分シミュレーションを用い、3種類の指標によって震災時機能評価を行う手法を提案するものである。数値計算例として、阪神地域の道路ネットワークモデルに提案手法を適用し、阪神・淡路大震災における被災・復旧過程における時系列的なネットワーク機能評価、およびモンテカルロ法によるランダムな被災パターンに対するネットワーク機能評価を行った。

2. 被災道路ネットワーク機能の評価手法 本研究のネットワーク機能評価手法は、分割配分法に基づいて道路網容量を求める文献 1)の方法を用いて、文献 2)で定義された「極限道路網容量」を算出するものである。その手順は、分割した OD 交通量をネットワークに配分する過程で、容量に達したリンクを順次除去する操作を加えながら、到達不能となった OD ペアには配分を中止し、到達可能な OD ペアには可能な限り交通量配分を繰り返す。配分終了後、次の3種類の評価指標でネットワーク機能を評価する。

$$(a) \text{ 充足トリップ数 } Q = \sum_i \sum_j q_{ij}, \quad (b) \text{ 延べ走行距離 } D = \sum_k h_k d_k, \quad (c) \text{ 延べ走行時間 } T = \sum_k h_k t_k$$

ここに q_{ij} は OD ペア ij の発生・集中可能交通量を表し、下添字 k はリンク番号、 h はリンク配分交通量、 d はリンク距離、 t はリンク走行時間を表す。(a)は道路網全体の交通処理能力、(b)は充足 OD 交通の内訳と迂回の度合い、(c)は混雑の度合いを反映した指標である。適用例では3指標を平常時の値で基準化して表示している。

3. 対象モデルと解析条件 阪神・淡路大震災における被災道路網を図1のようにモデル化する。ノード数 30（うちセントロイド数 8）、リンクは

双方方向でその数 100 で、それぞれの道路規格に基づいて設計交通容量と自由走行速度を定めた³⁾。走行時間関数はBPR曲線における係数を $\alpha = 0.96$ 、 $\beta = 1.2$ とし⁴⁾、可能交通容量に達したリンクへの配分は行わないとした。

OD 交通量は阪神高速道路公団にお

ける平成 6 年度センサスを参考にして求め、被災によって変化しないと仮定した。このモデルでは、地震前のトリップ総数 33,200（台/時）、延べ走行距離 803,389（km・台）、延べ走行時間 24,637（時間・台）であった。

4. 被災道路網の復旧プロセスにおける道路機能評価 阪神・淡路大震災における道路網の被災・復旧プロセス⁵⁾（1994 年 10 月～1996 年 10 月）を対象として、各時間断面において通行不能となっているリンクを除去して提案手法を適用した。図2に指標の時系列的变化を示す。被災後の 1995 年 2 月、充足トリップ数と延べ走行距離は 65%程度に、延べ走行時間は 85%に低下した。1996 年 2 月には 3 号神戸線の一部復旧により充足トリップ数は 98%、延べ走行距離は地震前の 110%、延べ走行時間は 137%となった。交通需要はほぼ満たされたが、一部の未復旧区間のために、迂回

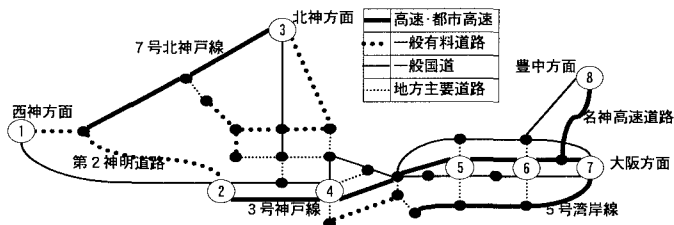


図1 対象とした道路ネットワークモデル

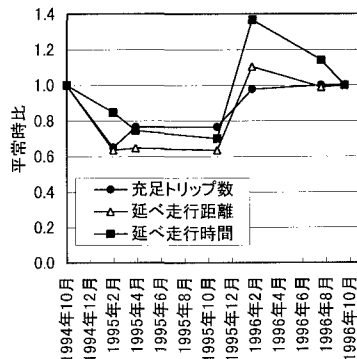


図2 3種の評価指標の時系列的变化

の影響とリンク所用時間の増加が生じている。以上の指標と断面交通量の実測データとの比較を行った結果、概略的な傾向は捉えられたが、かなりの相違が見られた。原因として、ネットワークのモデル化や OD 表の推定、配分原則の仮定などに伴う誤差のほか、有料道路の料金抵抗や国道 2 号、43 号などの交通規制の影響を考慮していない点などが挙げられる。

5. ランダムな被害パターンにおける道路機能評価 リンクの単位長さ当たり被害発生数（被害率）を全体で一様と仮定して、モンテカルロ・シミュレーションによりランダムな被災パターンを生成し、提案手法を適用する。被害率は 0.005～0.4 の範囲で 10 種類設定し、それぞれ 500 回、延べ 5000 回の被害パターンに対する配分計算を行った。図 3 は、各被害率における評価指標の平均値である。被害率が 0.02 を超えると著しい機能低下が生じている。OD ペア別に考察するため、図 4 に OD ペアの平常時最短距離を横軸として充足トリップ数との関係を見た。OD 間距離が長いほど充足トリップ数が低下するが、広くばらついている。OD ペア間の経路が単一の直列リンクとした場合、OD 交通の達成率の期待値は距離に対して指数関数的に減少する。従って図 4 の縦軸方向のばらつきは、OD ペア間のリダンダンシーを計測する指標として有用であろう。この場合では図 1 のセントロイド①を発着ノードとする OD ペアのリダンダンシーが低い結果となった。被害率が 0.4 になると少数の短距離トリップのみが充足され、リダンダンシーを備えていても著しい機能低下は避けられない。

次に各指標の相関関係に着目し、5000 回のシミュレーション結果を用いて図 3 の補足的な考察を行う。図 5 に充足トリップ数と延べ走行距離の相関関係を示す。被害率が高い領域（図左下）では、長距離トリップの充足率が低下するため 1:1 線の下方に集中している。一方、被害率が低い領域（図右上）では、充足トリップ数の低下に加えて迂回による延べ走行距離の増加が認められる。図 6 は充足トリップ数と延べ走行時間の相関である。全体的に、縦軸の値の下限値は図 5 とほぼ同じであるが、上限値は図 6 の方が広いばらつきを示す。特に被害率が低い領域（図右上）では 1:1 線の上方のプロットが多く、迂回と混雑の影響がより顕著に現れている。

6. 結語 本研究では、道路網の地震時機能評価手法を提案し、被災に伴う交通挙動として「トリップの中止」、「迂回による走行距離増加」、「混雑による走行時間の増加」を考慮した評価指標を算出し、道路機能のマクロ的な評価を行った。また OD 距離と OD 充足率の関係を明らかにし、リダンダンシーの指標化の展望を述べた。さらに交通量～走行距離～走行時間の相関関係を示し、評価指標の値がとりうる範囲を示した。今後、評価モデルと対象モデルに改良を加え、施設のハード／ソフト面の改善や、交通の管理・運用策に有用となるよう検討を行う方針である。

参考文献 1) 飯田恭敬：道路網の最大容量の評価法，土木学会論文報告集，第 205 号，1972.9，pp.121-129. 2) 榎谷有三・斎藤和夫：道路交通システムの震後機能性能の評価法，土木計画学研究・講演集，No.11，1988.11，pp.283-290. 3) 竹内伝史・本多義明・青島縮次郎：交通工学，鹿島出版会，1995.2，pp.166-169. 4) 森杉壽芳・宮城俊彦編著：都市交通プロジェクトの評価，コロナ社，1996.5，pp.26-29. 5) 能島暢呂：高速道路網の地震災害による交通機能への影響評価，第 2 回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，1997.11，pp.431-434.

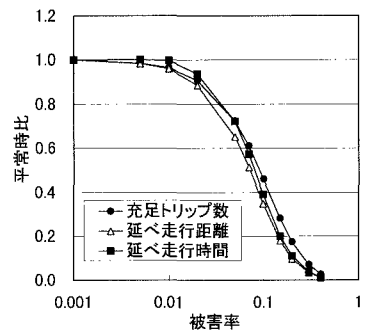


図3 被害率と3種の評価指標

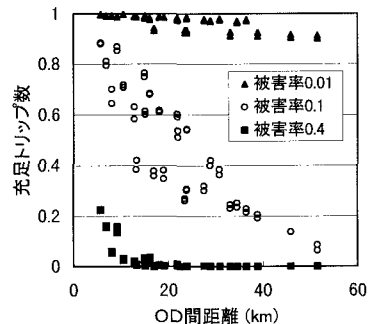


図4 OD間距離と充足トリップ数

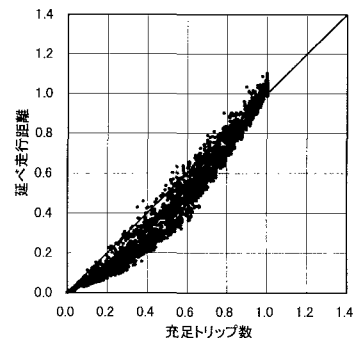


図5 充足トリップ数と延べ走行距離

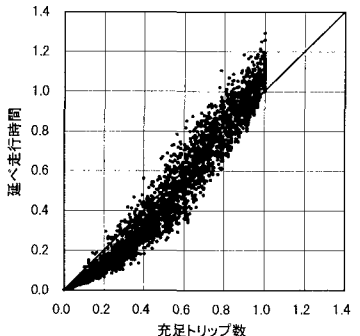


図6 充足トリップ数と延べ走行時間