

鉄道交通網の地震時機能評価について

(株) オービック 正 ○太田 政一
 香川大学大学院 学 松寄 達也
 香川大学工学部 フェロー 野田 茂

1. はじめに

阪神・淡路大震災では緊急対応や復旧・復興活動が交通機能マヒによって大きな制約を受け、鉄道交通の信頼性向上、円滑な交通機能確保は地震防災上の重要課題となった。時間的・経済的制約下で膨大な鉄道施設を一様に強化することは現実的に不可能なので、戦略的な施設改善方策を検討することが肝要である。そこで、本研究では、能島により提案された3つのアプローチを用いて数値シミュレーションを実施することにより、鉄道交通機能の震災時挙動を分析する。

2. グラフ理論的アプローチ

本研究では、阪神・淡路大震災における被災地ならびにその周辺の鉄道ネットワークを対象とした。その物理的被災状況、復旧状況をネットワークが保持する機能と関連付けるため、施設水準・機能水準を表す flow-independent な指標を導入し、その算出値を時系列的に比較検討した。その結果、施設水準と機能水準に関する指標の傾向と違いを把握でき、交通施設被害に伴う交通機能への影響評価と予測に役立てられることがわかった。

3. ネットワーク理論的アプローチ

次に、基本的なネットワーク性能規範である連結性・最短経路・最大フロー・最小費用流を評価基準とした。図-1 に示す阪神地域の鉄道ネットワークモデルを用いて被災シミュレーションを実施し、被災前後の flow-independent な機能評価を行った。さらに、連結確率、線形重要度を算出するとともに、多次元尺度法を用いてネットワークのシステム構造を視覚化した。

まず、図-1 のネットワークノード間の連結確率を算出した上で、リンクの重要度（線形重要度¹⁾）を分析する。線形重要度 I^L を3ランクに分けて図化すると、図-2 のようになる。リンク6、10、12、13の重要度が高いことがわかる。これは、これらリンクが大阪、三宮間の迂回ルートになるか、連結パスとしての貢献度が高いリンクであり、かつ他リンクよりも非破壊確率が小さいことによる。重要度分析により、迂回ルート、重要ルートなどを定量的に抽出できたと言える。

図-3 は、ノード間の非連結確率を基に、ネットワーク構造を多次元尺度表示したものである。この場合には、図中の黒丸で示すノード群ならびにその他のノードの6つのサブシステムに構造化できる。設定条件と同様な地震が生じた場合、ノード14の孤立地域のほか、被害が少ないにもかかわらず孤立してしまう地域（ノード5と6）が生じることが理解できる。

施設改善の優先順位・被災後の戦略的な地震防災対策の検討のためには交通経路の確保が重要で

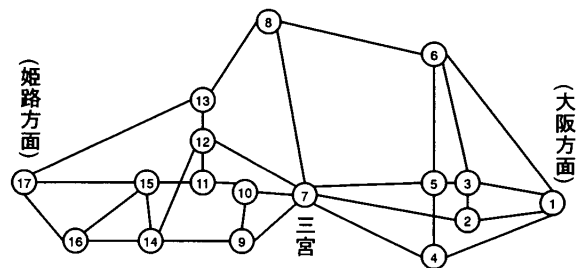


図-1 阪神地域の鉄道ネットワークモデル

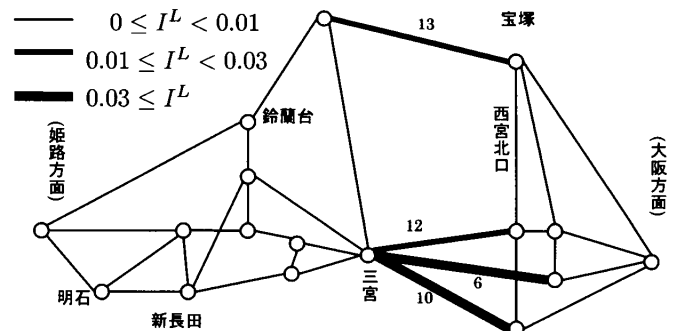


図-2 線形重要度の高いリンク

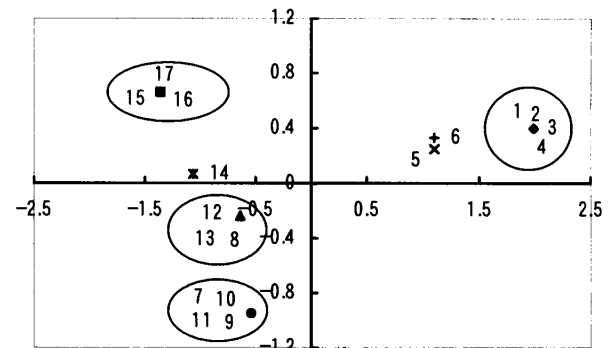


図-3 連結機能に注目した多次元尺度表示

キーワード：鉄道ネットワーク、機能評価、地震防災

連絡先：〒761-0396 高松市林町 2217-20 Tel 087-864-2153 Fax 087-864-2153

ある。上述した分析結果は、交通システムの形状や各種施設設計に際して、また病院などの緊急施設の機能的な配置計画に際して有効利用できるものと考えられる。

4. 交通工学的アプローチ

ここでは、Nojima et al.²⁾による修正分割配分法を用いて flow-dependent な機能評価を行う。文献2)では以下のように道路交通網の指標を示している。本研究ではこれらを鉄道交通網に適用した。

- (a) リンク配分交通量 h_k (b) リンク走行時間 t_k
 (c) OD別充足トリップ数 q_{ij}
 (d) 充足トリップ数 $Q = \sum_i \sum_j q_{ij}$
 (e) 延べ走行距離 $D = \sum_k h_k d_k$ (d_k : リンク走行距離)
 (f) 延べ走行時間 $T = \sum_k h_k t_k$

リンク別指標は (a), (b), OD別指標は (c), 鉄道交通網全体の交通処理能力を反映する指標は (d), OD交通の内訳と迂回の度合いを反映する指標は (e), 混雑の度合いを反映する指標は (f) である。2. と 3. で示した flow-independent な評価指標とは異なり、ここでは被災鉄道網の flow-dependent な機能評価を行う。

本研究では、OD別評価・リンク別評価を行うことにより、「迂回による走行距離増加」、「混雑に伴う走行時間増加」などに関する鉄道交通機能をマクロに評価することも試みる。

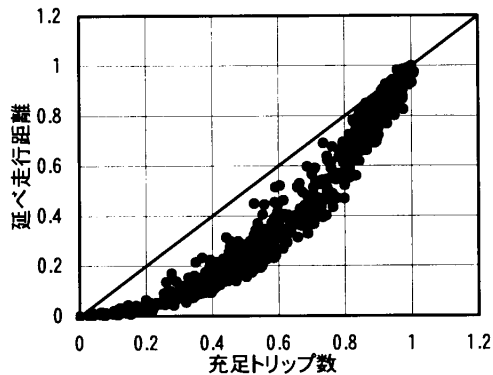


図-4 充足トリップ数と延べ走行距離の関係

図-4 は被災ネットワークのシミュレーション（サンプル 1000 回）を行い、充足トリップ数と延べ走行距離の関係を示したものである。被害率が高い領域（左下）では、長距離トリップの充足率が低下するため、データは図中の実線よりも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。中程度の被害率の場合（図真中）には、実線よりも下方のプロットが多く、延べ走行距離が低下している。

充足トリップ数と延べ走行時間の関係を調べると、全体的には充足トリップ数と延べ走行距離の関係に類似した傾向にあった。中程度の被害率では、全体的に 1 対 1 の線付近にあることが多かった。このことより、迂回と混雑の影響がより顕著に現れていると言える。

図-5 は、OD別評価により得られたセントロイド別充足トリップ数（平常時値で基準化）と被害率の関係を示したものである。機能保持の高いセントロイドは 7, 8, 9, 10（図-1 の番号と別）を起終点とするトリップである。これらセントロイドはいずれも 3 本以上のリンクに直結し、複数ルートを生成する能力を維持している。このような分析をすることにより、孤立し易いセントロイドや迂回ルートの生成能力とノード間の関連性を明らかにすることができる。

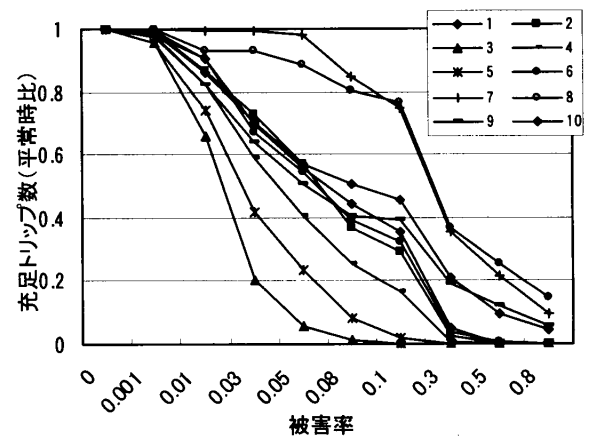


図-5 セントロイド別充足トリップ数と被害率の関係

5. おわりに

能島が道路交通網において導入したアプローチを用いた結果、特定の被災パターンに対する鉄道交通状況を視覚的に明らかにすることが可能となった。交通施設被害に伴う交通機能への影響の評価と予測、被災後の緊急活動に必要な交通経路確保など、戦略的な防災対策を検討する上で貴重な資料を提供することができた。

謝辞

岐阜大学工学部の能島暢呂先生には交通工学的アプローチに関連したプログラム NIAM を提供頂き、交通量配分法を理解する上で大いに役立ちました。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 須田久美子, 砂坂善雄, 草野直幹: ライフラインネットワークにおける構成要素の重要度に関する研究, 第7回日本本地震工学シンポジウム講演集, pp.2005-2010, 1996年.
- 2) Nojima, N. and Sugito, M.: Simulation and evaluation of post-earthquake functional performance of transportation network, Proc. of 12th WCEE, Paper No.1927, 2000.