

首都直下地震を想定した都市鉄道ネットワークの脆弱性評価

日本大学大学院 学生員 ○中川 拓朗
 日本大学理工学部 正会員 金子雄一郎
 社会システム(株) 非会員 横山 茂樹
 社会システム(株) 非会員 井上 真志

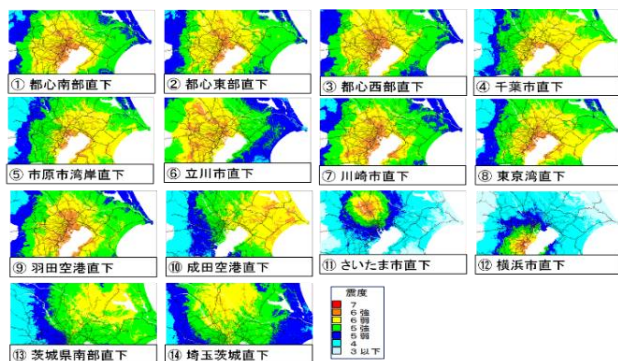
1. はじめに

都市鉄道は社会経済活動を支える上で重要な社会基盤施設であり、長期間運休した場合多方面に重大な影響を及ぼす。特に東京圏の場合、今後30年以内に70%の確率でM7クラスの巨大地震の発生が想定されており、震災対策は喫緊の課題であるが、鉄道網の広域性や稠密性を考慮すると、事前防災や減災に係る施策は、効率のかつ効果的に実施されることが望ましい。そのための基礎情報として、震災によって特定のリンクが途絶した場合のアクセシビリティへの影響を評価することは、意義があると考えられる。

そこで本研究では、東京圏の鉄道ネットワークを対象に、既往研究^{1),2)}を踏まえ、首都直下地震を想定した場合の脆弱性評価を行うことを目的とする。

2. 首都直下地震の想定震度分布

首都直下地震については、2011年の東日本大震災を契機に、内閣府の首都直下地震モデル検討会が、最新の科学的知見に基づく巨大地震モデルを用いた震度分布(250mメッシュ)を公表している。これと鉄道網を重ねて表示したものが図-1である。全14ケースのうち①から⑭は、都区部及び首都地域の中心都市等の直下に想定される震度分布である。



注：震度分布は内閣府：首都直下地震モデル検討会によるデータを利用。

図-1 首都直下地震の想定震度分布

3. 都市鉄道における首都直下地震対策

都市鉄道の地震対策については、1995年1月に発生した阪神・淡路大震災以降、鉄道事業者によって高架橋やトンネル、駅部の耐震補強などを中心に様々な対策が講じられている。

一方、今後については、交通政策審議会鉄道部会において、早期復旧を図る観点から、盛土等の土構造物や高架橋柱の更なる耐震性能の向上(曲げ破壊先行型など)が必要であると指摘されている³⁾。

4. 脆弱性の評価方法

4-1 評価方法

本研究では、高架橋及び橋梁を含むリンクが途絶した場合を想定して、ネットワークの脆弱性評価を行う。高架橋等については、上述したとおり耐震化が進められているものの、大規模地震が発生した場合、被害状況を把握するための点検に時間を要するほか、仮に重大な損傷を受けている場合、復旧までに一定の時間を要すると想定されるためである。

具体的には、図-1の各想定震度分布で震度6強以上の地域に含まれるリンクのうち、高架橋及び橋梁を含むものを抽出し、これらが途絶した場合の脆弱性指標値(後述の式(1))を算出する。また、併せてリンク途絶によってゾーン間の移動が不可能となる交通量の割合も算出する。

4-2 土木構造物の確認

各リンクの土木構造物の有無については、Google Earthの機能を用いて把握し、高架橋・橋梁・トンネル・盛土の4つに分類する。例えば図-1の①都心南部直下地震の場合のリンク数は、高架橋が368、橋梁が85、トンネルが65、盛土が86である。

4-3 脆弱性の評価方法

鉄道ネットワーク上の特定のリンクを途絶させた場合、他経路に迂回することで一般化費用は増加

キーワード：都市鉄道，脆弱性，災害

連絡先 〒131-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部土木工学科 TEL&FAX: 03-3259-0664

する．この一般化費用を交通量で重み付けしたものを脆弱性指標値として用い，式(1)で表される¹⁾．

$$V = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} GC_{ij}^{with} \cdot Q_{ij} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} GC_{ij}^{without} \cdot Q_{ij} \quad (1)$$

ここで， GC_{ij} ：ゾーン ij 間の一般化費用， Q_{ij} ：ゾーン ij 間 (OD 間) の交通量である．特定のリンクを途絶させた場合を *with*，途絶させない場合 (平常時) を *without* と表記している．この指標値 V が高いほど，当該リンクの途絶による影響が大きいことを表している．また，ゾーン間の移動不可能な交通量の割合は，代替経路が存在しないために目的地へ到達できない交通量を全交通量で除して算出する．

5. 脆弱性の評価結果

5-1 脆弱性指標値の算出

各ケースの脆弱性指標値を算出した結果を図-2に示す．図中の▲は途絶リンク数を示している．これより，都心直下 (西部，東部，南部) ケースで指標値が高い，すなわち途絶による影響が大きいことがわかる．また，脆弱性指標値と途絶リンク数との関係については，一部ケースを除いて正の相関関係が見られる．途絶リンク数が多いほど，脆弱性指標値も高い傾向が見られる．

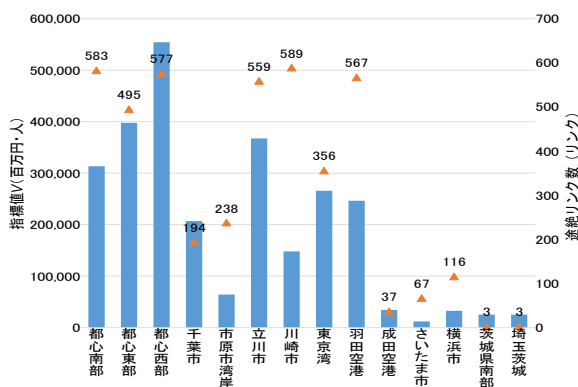


図-2 各ケースの脆弱性指標値の算出結果

5-2 ゾーン間の移動不可能な交通量の算出

各ケースの移動不可能な交通量の割合を図-3に示す．全体的に途絶リンク (図中の青線) 周辺ゾーンでは移動不可能な割合が高いものの，代替経路が存在する場合，割合は低下する傾向が見られる．また，全14ケースの割合の平均 (発生確率を同一と仮定) を図-4に示す．埼玉県南部，川崎市，横浜市などの東京外縁部において移動不可能な割合が高い．これは

路線密度や想定震度，高架橋の有無が影響しているものと考えられる．

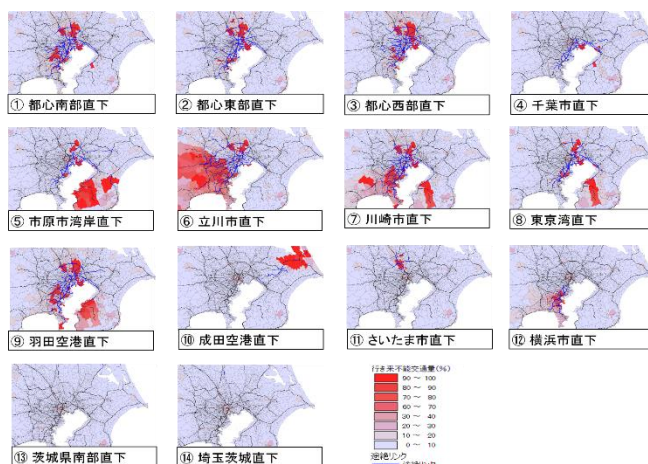


図-3 ゾーン間の移動不可能な交通量の割合

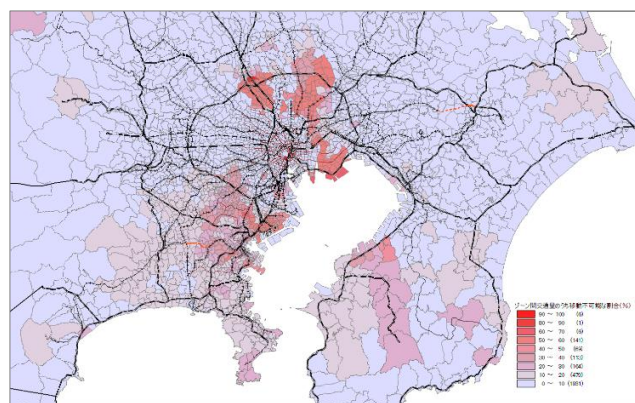


図-4 ゾーン間の移動不可能な交通量の割合 (全14パターン平均)

6. おわりに

本研究では，首都直下地震の想定震度分布 (14 ケース) を基に，東京圏の鉄道ネットワークの脆弱性評価を行った．その結果，アクセシビリティへの影響が大きい震度分布を把握できた．今後の課題として，影響の大きいリンクの特定化などが挙げられる．

付記

本研究の一部は，科学研究費助成事業基盤研究 C (課題番号 15K06258) の支援を受けて実施した．

参考文献

- 1) 金子雄一郎他：都市鉄道ネットワークの脆弱性評価ー東京都市圏を対象とした検討ー，鉄道工学シンポジウム論文集，第17号，pp.65-71，2013．
- 2) 金子雄一郎他：東京圏の鉄道ネットワークの脆弱性に関するリンク別評価，鉄道工学シンポジウム論文集，第18号，pp.171-177，2014．
- 3) 交通政策審議会鉄道部会東京圏における今後の都市鉄道のあり方に関する小委員会 第17回資料．