

## 災害時における鉄道の運行状況に基づくOD間の接続性評価

日本大学大学院 学生員 ○佐野 在人  
 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

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、首都圏の鉄道は施設の点検等のため長時間にわたり運行を停止し、多数の帰宅困難者が発生した。また、その後の計画停電では、部分的な運休や運行頻度の削減等が行われ、通勤・通学をはじめとして利用者に多大な影響を及ぼした。

このように鉄道の運行が広範囲に停止された場合、経済社会活動への影響は甚大である。今後想定されている首都直下地震への対応の観点からも、鉄道の運行停止・再開等による地域別の移動可能性を分析することは、意義があるものと考えられる。

そこで本研究では、災害時における鉄道の運行再開のあり方を検討する一助として、鉄道の運行状況に基づいてOD間の接続性を判定した上で、目的地への到達可能率を地域別に算定し、その結果を地理情報システム(GIS)に表示するシステムを構築する。そして、構築したシステムの実用性を確認するため、東日本大震災時の首都圏鉄道の運行再開過程を対象に、地域別の帰宅可能状況を再現する。

## 2. 関連する既往研究

交通ネットワーク上におけるOD間の接続性を評価する研究として、例えばJeneliusら<sup>1)</sup>は、OD間の未到達需要(unsatisfied demand)を用いた指標を提案しており、瀬戸ら<sup>2)</sup>は、非重複経路が最低N本存在するネットワークを対象に、ODペア毎に最大非重複経路を算出する方法を提案している。

本研究で対象としている鉄道ネットワークは、道路ネットワークと比較して路線密度が低く、代替経路数も限られることから、Jeneliusらの指標を参考として用いることとする。

## 3. 構築するシステムの概要

本研究では、鉄道の運行状況に基づく目的地への到達可能性を定量的かつ視覚的に捉えるために、交通需要分析手法とGISを活用したシステムを構築する。具体的には、特定の線区が途絶した場合のOD間の接続性を評価するため、各ODペアについて選択可能な経路を列挙する。この際、ネットワークのサービス水準(駅間所要時間、運賃、待ち時間、乗り換え時間等)の情報を用意する必要がある。

経路の選択肢集合については、次のような手順で設定する。まず発ゾーンから着ゾーンまでの所要時間が最短となる経路を探索する。次に発ゾーンから駅へのアクセスリンクのうち所要時間の短い順に3駅を選択する。また、駅から着ゾーンへのイグレスリンクにおいても同様に、所要時間の短い順に3駅を選択する。選択した駅同士で最短となる経路を探索し、これらの経路を選択肢集合とする。なお、駅間の経路はすべて鉄道のみを使った経路とする。

次に、目的地への到達状況を表わす指標として、式(1)のような到達率指標を設定する。

$$P_j(k) = \frac{\sum_i Q_{ij}^{(k)}}{\sum_i Q_{ij,all}} \quad (1)$$

ここで、 $P_j$ ：リンク $k$ が途絶した場合のゾーン $j$ への到達可能率、 $Q_{ij}$ ：リンク $k$ が途絶した場合のゾーン $ij$ 間の到達可能トリップ数、 $Q_{ij,all}$ ：ゾーン $ij$ 間のトリップ数である。

本研究では、1本以上の経路が存在する場合を移動可能と判定する。これより、鉄道ネットワークの代替性と利用者のODパターンを考慮して、目的地への到達可能率を地域別に算定することが可能となる。

## 4. 東日本大震災時の復旧過程への適用

## 4-1 検討内容

キーワード：都市鉄道、OD間接続性、災害

連絡先 〒101-8308 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

本研究では、構築した手法を東日本大震災の際の首都圏鉄道の運行再開過程へ適用し、地域別の帰宅可能状況を把握する。そのために、時間帯別・ゾーン別の帰宅可能率を式(2)の通り定義する。

$$P_j^t(k) = \frac{\sum_i Q_{ij}^{t(k)}}{\sum_i Q_{ij,all}} \quad (2)$$

ここで、 $P_j^t$ ：リンク  $k$  が途絶した場合のゾーン  $j$  の時間帯  $t$  の帰宅可能率、 $Q_{ij}^t$ ：リンク  $k$  が途絶した場合の時間帯  $t$  のゾーン  $ij$  間の帰宅可能トリップ数、 $Q_{ij,all}$ ：ゾーン  $ij$  間の帰宅目的トリップ数である。なお、ここでも、OD 間で1本以上の経路が存在する場合を帰宅可能とする。

#### 4-2 利用データ

分析に用いる OD 交通量は、平成 17 年時点のデータを用いる。ここで、OD 交通量は日単位であるため、式(2)の時間帯毎の帰宅可能率は、当該時間帯にすべての帰宅目的トリップが移動した場合を想定して算出された値となる。また、対象地域のゾーン数は、2,910 であり、各ゾーンの中心からは、最低 1 駅以上のアクセスリンクを設定している。

#### 4-3 分析結果

図-1～図-3 に、各時点における地域別の帰宅可能状況を示す。図-1 の 3 月 11 日 22 時時点は、東京地下鉄と東京都交通局の一部路線、西武鉄道、相模鉄道が再開した段階であり、これらの沿線を中心に帰宅可能であることが分かる。ここで、地域別に帰宅可能率が異なるのは、上述以外の路線が再開していないことから、OD ペアによっては帰宅が不可能なためである。特に相模鉄道の沿線では帰宅可能率が 20%以下と低いが、これは相模鉄道に接続する路線が運行再開していないためである。

図-2 は翌 3 月 12 日 1 時の状況を示している。東京圏西部の民鉄線が運転を再開したことから、広範な地域で帰宅可能となっている。なお、部分的に帰宅不可能なゾーンが存在しているのは、JR 東日本の各路線が運行を停止していたためである。

図-3 は、3 月 12 日 8 時の状況を示している。JR 東日本の路線の多くが運転を再開しており、多くのゾーンで帰宅可能となっている。

以上より、路線毎の運転再開に伴って、帰宅可能な状況を適切に再現できていることが確認された。

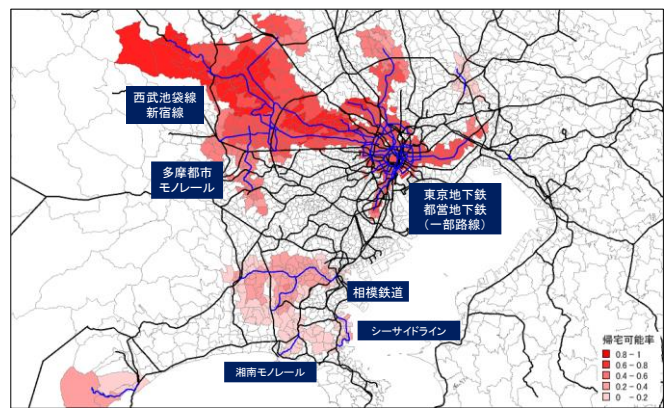


図-1 3 月 11 日 22 時時点での帰宅可能状況

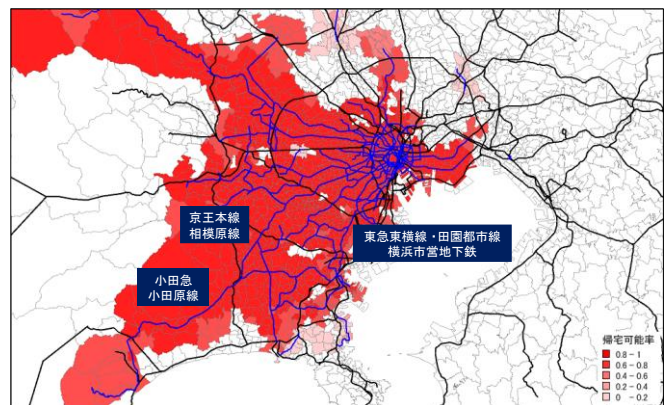


図-2 3 月 12 日 1 時時点での帰宅可能状況

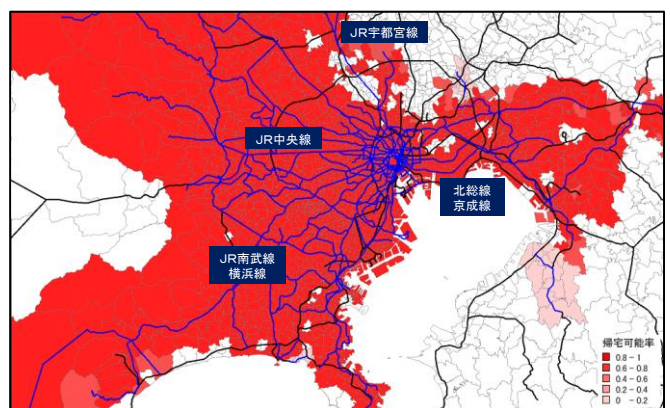


図-3 3 月 12 日 8 時時点での帰宅可能状況

## 5. おわりに

本研究では、鉄道の運行状況に基づき OD 間の接続性を評価し、目的地への到達可能率を地域別に算定するシステムを構築した。今後の課題として、本システムを用いて、首都直下地震発生時の鉄道の運行再開のあり方を検討することなどが挙げられる。

## 参考文献

- 1) Jenelius, E., Petersen, T., Mattsson, L.G.: Importance and exposure in road network vulnerability analysis. *Transportation Research A*, Vol.40, pp.537-560, 2006.
- 2) 瀬戸裕美子・宇野伸宏・塩見康博：非重複経路を考慮したアクセシビリティ指標に基づく医師配置計画モデルの構築，都市計画論文集，No.45-3，pp.487-492，2010.