

岐阜大学工学部 正会員 ○加藤 宏紀
岐阜大学工学部 正会員 能島 暢呂

1. はじめに

災害時における鉄道の運休期間推定は、社会全体の抵抗力と回復力（レジリエンシー）の向上や交通システム全体の運用を検討するうえで有用と考えられる。これを踏まえて筆者らは、東日本大震災の被災事例に基づき、計測震度を説明変数として運休の有無・運休期間を推定するモデル（以降、推定モデル）を構築した^{1), 2)}。推定モデルの高精度化を図るため、本稿では東北地方太平洋沖地震（以降、本震）における鉄道事業者の初動対応に着目した運休・運転再開に関する基礎的な分析を行う。1点目は、推定モデルで用いる震度分布の妥当性について、事業者の地震時運転規制基準・観測値との比較から検証する。2点目は、本震後の事業者における初動対応と関連する支障要因を明らかにするため、首都圏での運休発生から運転再開に至る個々の過程を可視化する。

2. 被害予測に用いる推定震度分布の妥当性の検証

(1) 事業者の地震時運転規制基準と本震の観測値分布

JR 東日本では、SI 値表示の地震計（以降、地震計）に基づいて運転規制（速度規制と運転中止の二段階、表-1 は基準値）が行われている。図-1 は、本震発生時に在来

表-1 JR東日本における運転規制基準値

条件	SI 値[kine] (換算震度)	
	速度規制	運転中止
一般線区	6 (3.87)	12 (4.46)
山間線区	3 (3.28)	6 (3.87)

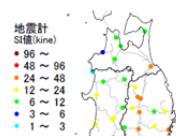


図-1 JR 東日本の地震観測網における本震の SI 値分布 (文献 3 に基づき作成)

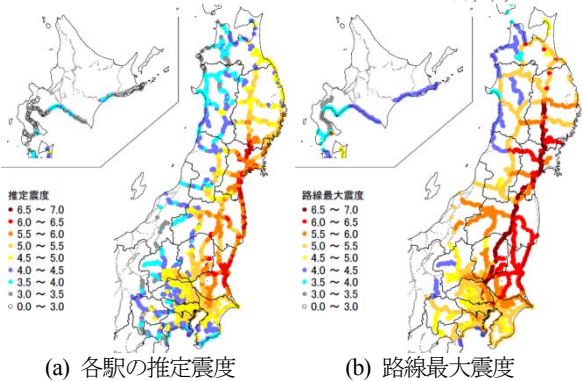


図-2 路線全体を代表とする説明変数に基づく推定震度分布

線の地震計 (176 か所) で観測された SI 値分布³⁾である。太平洋側の地域で高くなる傾向にあり、首都圏の大部分が運転中止基準を超える 12 ~ 24kine を観測した。

(2) 路線全体を代表する説明変数の設定

推定モデルの構築²⁾では、各駅の推定震度を用いた。しかし、鉄道路線は線状構造物であることから、一部区間の不通が路線全体に波及する可能性がある。そこで、各路線の最大値・平均値をとった「路線最大震度」「路線平均震度」を設定する (図-2, 以降、路線平均震度に関する図は省略)。さらに、既往研究^{1), 2)}と同様の方法で運休の有無を震度別に集計した (図-3)。

(3) 運休割合のモデル化と地震時運転規制基準との比較

図-3 に基づく震度別の運休割合を、ロジットモデルでモデル化した (図-4)。モデルの適合度を表す尤度比 ρ^2 は 0.79 ~ 0.89, 的中率は 0.95 ~ 0.97 となり、いずれも推定モデル (0.76, 0.94) よりも適合している。また、構築したモデルと運転規制基準値 (図-4 の青点線) を比較した。路線最大震度のロジットモデルは、運転規制基準の上下限値と極めて近く、他事業者も同程度の水準で運転規制を実施したと推察される。

(4) 被害予測に用いる推定震度分布の妥当性

図-2 の推定震度分布と JR 東日本 (在来線) の地震計 (図-1) が対応する駅について、震度を指標として比較した (図-5)。各駅の推定震度と SI 値換算震度の関係は、最大で震度 1 程度の誤差がある。路線最大震度は、SI 値換算震度より過大評価の傾向にある。しかし、両者の位置が厳密には一致していないことや SI 値換算震度を用いたことを考慮すると、一定の相関性を持っていると考えられ、被害予測にこれらの推定震度分布を用いるのは妥当といえる。

3. 首都圏近傍の鉄道事業者における本震発生直後から運転再開に至る過程の考察

首都圏近傍の鉄道事業者に対して実施されたアンケート調査⁴⁾で詳細な結果が得られている東京駅から 30km 圏内の 21 事業者 73 路線に関する状況を図-6 にまとめた。a) 本震直後の運転判断 (図-6 (a)) : 路線内で少なくとも 1 本以上の列車が駅間停止していれば「駅間停止あり」

と分類した。該当する路線が多いのは、地震発生と運行時間帯が重なったためと考えられる。

b) 乗客避難誘導 (図-6(b)) : 本震発生から乗客避難誘導が完了するまでの所要時間を示す (以降の過程も同様)。地下鉄の多くが大きな被災を免れて列車移動が可能だったことから、短時間で避難が完了したと推察される。

c) 施設点検・復旧 (図-6(c), (d), 破線 : 阻害要因の影響あり, 次項も同様) : 開始・完了時刻が明確に区別されておらず、報告書⁴⁾の記載値を共用した。全対象路線で点検が行われており、大半の路線で数時間以上を要した。復旧作業を要した路線は半数未満であったが、当日の運転再開は困難であった。主な要因が「道路渋滞」のため、人員参集などへの支障があったと思われる。

d) その他の対応 (以降, 本震以外の要因。図-6(e)) : 前項とほぼ同時進行で、主に自社もしくは他社路線との調

整および津波警報に伴う影響があった。

e) 運転再開・終電延長 (図-6(f)) : 東京駅から 30km 圏内の運転再開率 (= 運行を再開した路線 / 全対象路線) は、3 月 12 日 0 時時点で再開率は 45%にとどまっているが、翌 13 日までにはほぼ震災前までの水準に回復した。以上より、東北地方と首都圏の鉄道網では、被害の傾向が大きく異なることが分かった。今後は、これらを分離して推定モデルの構築を行う方針である。

参考文献

- 1) 能島暢呂・加藤宏紀：東日本大震災における鉄道運休に関する基礎的分析，日本地震工学会大会-2012 梗概集，pp.334-335，2012.11.
- 2) 能島暢呂・加藤宏紀：震度情報に基づく鉄道運休の二段階推定モデル，日本自然災害学会学術講演会講演概要集，32 巻，pp.165-166，2013.
- 3) 東日本旅客鉄道株式会社：SED STRUCTURAL ENGINEERING DATA 2011-11 NO.37 特集「東北地方太平洋沖地震と鉄道構造物」，NO.37，p.96，2011.11.
- 4) 国土交通省鉄道局：大規模地震発生時における首都圏鉄道の運転再開のあり方に関する協議会【報告書】，大規模地震発生時における首都圏鉄道の運転再開のあり方に関する協議会，62p，2012.3.

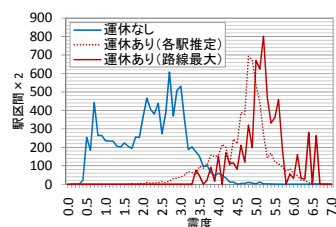


図-3 説明変数としての震度と駅区画の頻度分布

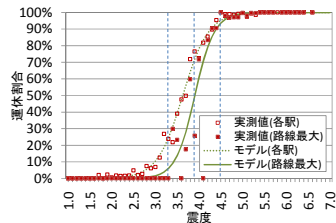


図-4 運休割合と推定震度との関係
(青点線：運転規制基準値の 3・6・12kine)

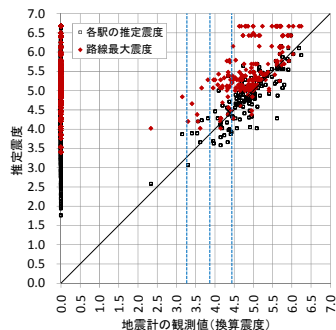
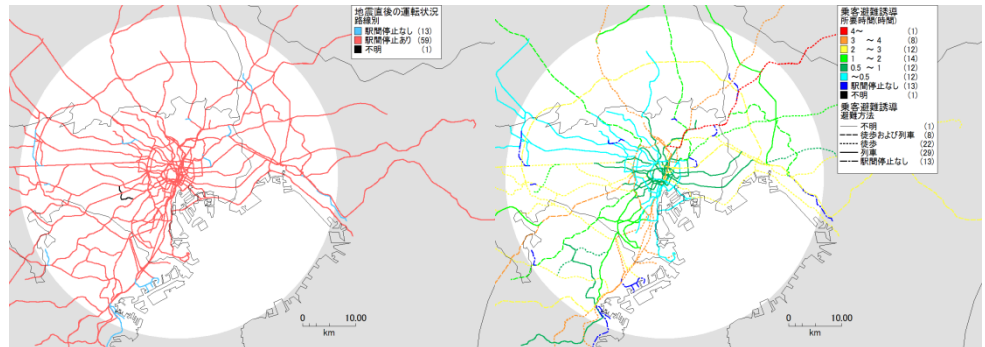
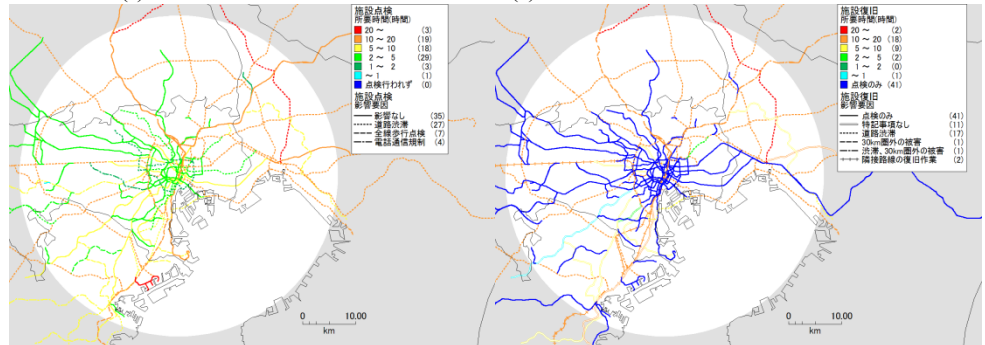


図-5 推定震度分布(縦軸)とJR 東日本の地震計(横軸)との比較
(青点線：運転規制基準値の 3・6・12kine)



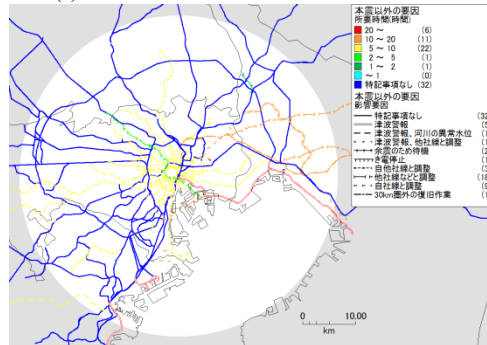
(a) 地震直後の運転状況

(b) 乗客避難誘導における所要時間と避難方法

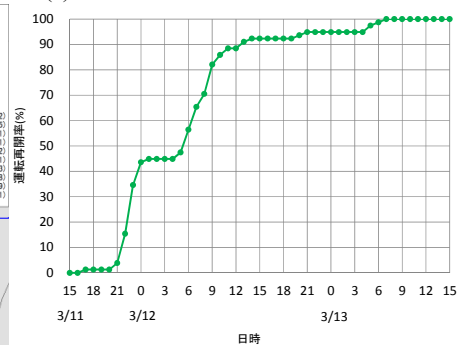


(c)施設点検における所要時間と阻害要因

(d) 施設復旧における所要時間と阻害要因



(e) 本震以外の要因による所要時間と影響要因



(f)東京駅から30km圏内における鉄道運転再開率の時系列変化 (文献⁴⁾を基に作成)

図-6 首都圏近傍の鉄道事業者における本震発生直後から運転再開に至る過程
(白円内：東京駅から30km圏内。実線：影響なし，点線：影響あり)