

# 震度情報に基づく鉄道運休期間の推定モデルの構築

岐阜大学工学部 学生会員 ○伴 亮丞  
岐阜大学工学部 正会員 能島暢呂・加藤宏紀

## 1. はじめに

鉄道が地震時の安全確認や施設被害により運休すると、市民生活や社会経済活動に多大な支障をきたす。既往研究<sup>1)</sup>では、東北地方太平洋沖地震における鉄道の運休発生および運休期間の二段階推定モデルの構築を各駅の推定震度を用いて行った。しかし線状構造物である鉄道は路線として初めて機能を果たすものであり、各駅で個別に推定される震度を説明変数とすることは必ずしも適切とはいえない。そこで本研究では、各路線を一つのまとまりとして捉えた説明変数として、路線ごとの最大震度および平均震度を採用し、モデルの再構築を試みる。

## 2. 推定モデルの説明変数としての推定震度の扱い

モデルの説明変数としては、既往モデル<sup>1)</sup>では①各駅の推定震度を採用していた。本研究では新たに①路線最大震度、②路線平均震度、③運休日数別最大震度、④運休日数別平均震度を設定する。

ああ①路線最大震度は、各駅の推定震度の路線ごとの最大値をとったものである。鉄道は線状構造物であり一カ所の被害が路線全体に影響するため、推定上安全側の立場から設定したものである。

②路線平均震度は、各駅の推定震度の路線ごとの平均値をとったものである。先の①路線最大震度では震度を過大評価する可能性があるため平均値が妥当であるとの立場から設定したものである。

実際の列車運転再開のオペレーションにおいては、必ずしも路線全体で一体として運用されず、再開可能となった区間から順次再開することがある（特に延長距離が長い場合や、路線内の被災状況が大きく異なる場合）。東日本大震災においても、路線内で部分的な運転再開が実施され、運休日数が異なる路線が30存在している。そこで③運休日数別最大震度、④運休日数別平均震度を設定した。

## 3. 推定震度と運転停止の関係に関する考察

### 3.1 推定震度による運転停止確率のモデル化

上記のように本研究では5つの説明変数を扱っているが、本報では①各駅の推定震度と①路線最大震度の2つを代表例として説明する。推定震度分布を図1に示す。これらの分布と地震に伴う運休の有無とを重ね合わせ、運休の有無を推定震度を集計した頻度分布を図2に示す（津波被災区間は震度に関係なく長期的に運休してしまうため除外）。これを推定震度に対する二項反応ととらえて、震度別の運休割合としてロジットモデルでモデル化した(図3)。①各駅の推定震度におけるモデルの適合度を表す尤度比 $\rho^2$ は0.76、的中率は0.94であるが、①路線最大震度では尤度比0.89、的中率0.97となり、若干改善した。

### 3.2 JR 東日本の運転規制基準値との比較

JR 東日本の運転規制基準値<sup>2)</sup>はSI値を採用しており、一般線区では速度規制6カイン(換算震度3.87)、運転中止12カイン(換算震度4.46)、山間線区では速度規制3カイン(換算震度3.28)、運転中止6カイン、となっている。これを図3の運休割合モデルと比較する。まず①各駅の推定震度については、震度2.8付近で運転中止が発生しはじめ、震度4.46でほぼすべての路線が運転中止となっている。運転中止の出現震度は運転規制基準値よりも低震度となっている。

①路線最大震度については、震度3.28付近から運転中止路線が発生し始め、震度4.46でほぼすべての路線が運転中止となっている。これはJRの運転規制基準値に極めて近い値である。運休割合では路線を一つのまとまりとして捉えることが有効である。

## 4. 推定震度と運休日数の関係に関する考察

①各駅の推定震度と運休日数（地震発生当日の運転再開：0.5日、翌日の運転再開：1日、2日目の運転再開：2日、以下同様）の関係を図4に示す。震度3未満でも運休日数が10日程度に及ぶ区間があり、ばらつきが大きく路線ごとのまとまりを持ったデータとなっていない。①路線最大震度と運休日数の関係ではこうした傾向が解消しており、震度が大きくなるにつれて運休日数も長期化していくことが分かる。震度4.6~5.6程度で運休日数が0.5日、1日となっている路線は首都圏に集中している。

これに基づき、任意の時間断面における運行可能率を震度に基づいて予測する運行可能率曲線を図5に示すようにモデル化した。震度に応じて地震発生直後に一旦低下し、時間経過に伴い平常時の機能まで復旧することが表現されている。

①推定震度については、震度5.0と5.5で大きな違いが表れている。震度6.0と6.5のモデルは同一となったためプロットが重複している。①路線最大震度についても同様であるが、震度5.0および5.5が低い震度よりも早急に復旧するという逆転現象がみられる。前述のように1日以下で復旧された首都圏の路線の震度がこの範囲に相当していることが理由と考えられる。

またいずれのモデルにおいても、震度4.5以下の低震度で数日運休するパターンが確認できる。こうした路線は東北地方の山間部や日本海側と北海道にみられる。電力不足による鉄道施設の停電、ディーゼル車両の燃料不足などの震度以外の原因による運休があったことを聞き取り調査で確認しており、今後、これらを踏まえてモデルの改良を行う。

## 参考文献

1) 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

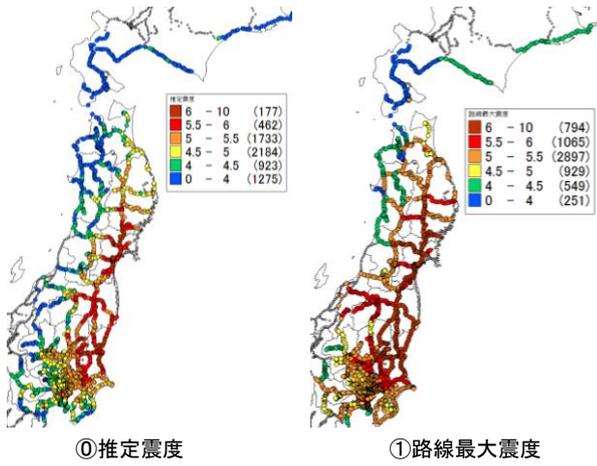
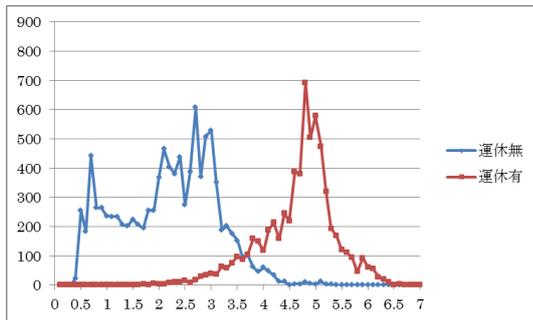
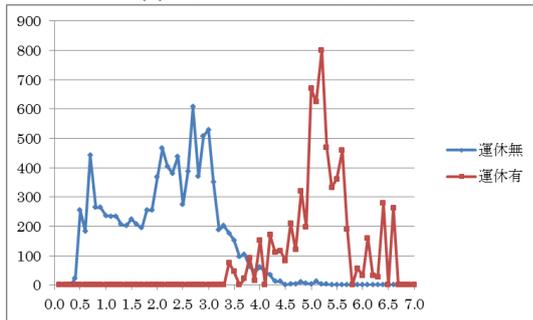


図1 震度分布

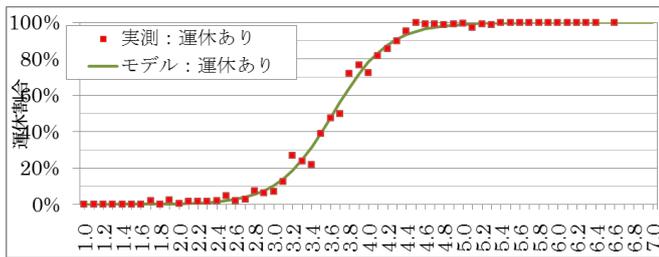


(a) ①各駅の推定震度

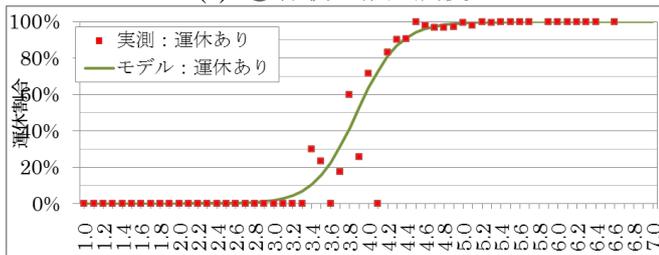


(b) ①路線最大震度

図2 運休の有無における推定震度別の頻度分布



(a) ①各駅の推定震度

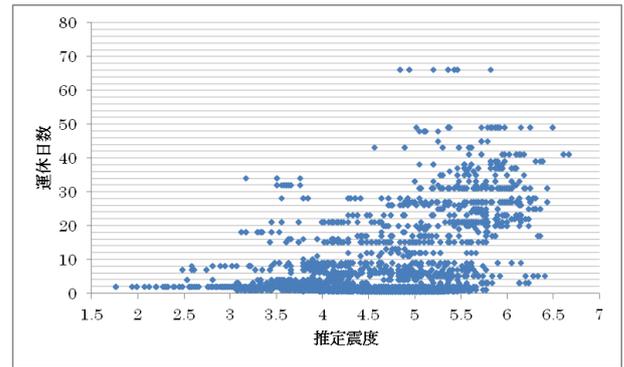


(b) ①路線最大震度

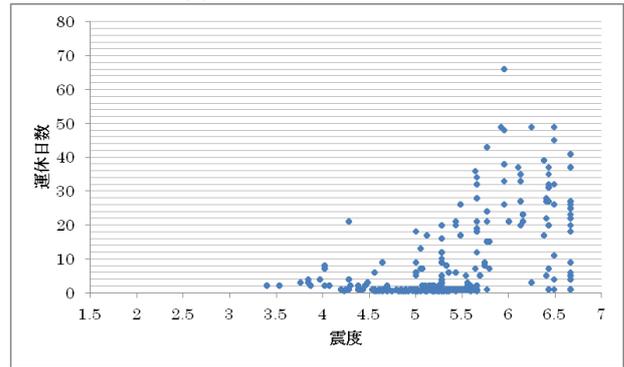
図3 ロジットモデルによる運休割合の推定モデル

デル, 自然災害学会 2013.

2) JR 東日本: 構造物への被害と相関性の高い地震動指標の採用について, 2003.

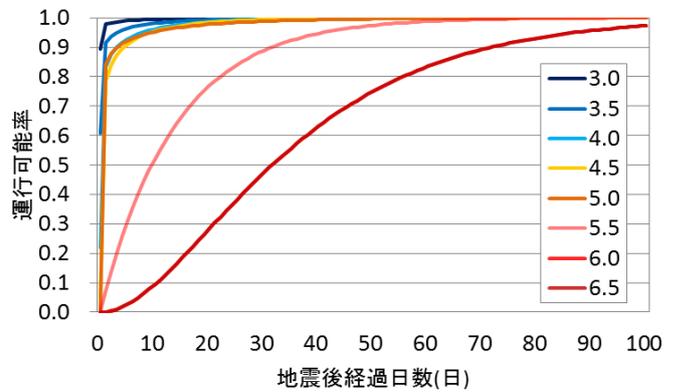


(a) ①各駅の推定震度

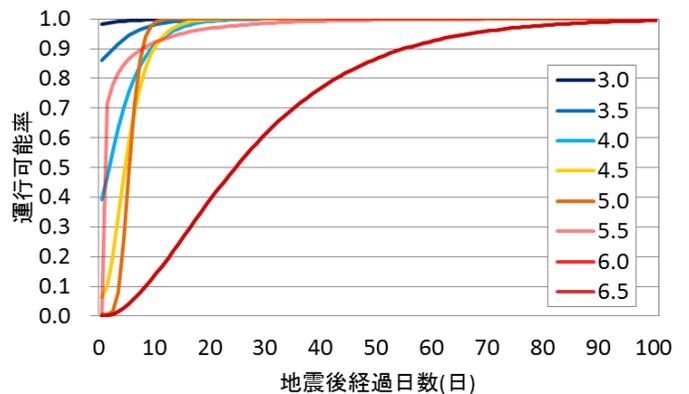


(b) ①路線最大震度

図4 推定震度と運休日数の関係



(a) ①各駅の推定震度



(b) ①路線最大震度

図5 推定震度に基づく運行可能率曲線