

# 既往地震データに基づく高速道路復旧予測に関する基礎的検討

千葉大学大学院工学研究科 学生会員 ○上原康平  
 千葉大学大学院工学研究科 正会員 丸山喜久

## 1. はじめに

2004年新潟県中越地震, 2007年新潟県中越沖地震, 2011年東北地方太平洋沖地震などの地震が発生した際に, 人的被害や建物被害に加え道路ネットワークやライフライン等にも多大な影響が生じた. また, 中央防災会議では, 南海トラフ巨大地震や首都直下地震も近い将来発生すると予想している<sup>1)</sup>. 道路ネットワークは被災地への緊急対応を司る重要なライフラインであるため, 地震後の復旧状況を予測することは災害対応策の立案に貢献できる.

そこで, 本研究では, 震度曝露人口<sup>2), 3)</sup>の考え方を応用した震度曝露道路延長を用いて, 高速道路の復旧日数を予測することを目的とする. 既往地震の復旧状況にもとづき, 高速道路の復旧確率を予測する多重ロジスティック回帰モデルを構築し, 震度曝露道路延長から復旧日数を推定することを試みる.

## 2. 既往地震における震度曝露道路延長の算出

平成17, 22年度の道路交通センサデータ<sup>4)</sup>を用いて, GIS上に対象地域のデータを反映させた. これに震度情報を付加させるために, 対象とする地震の震度分布を重ね合わせた(図1). 本研究では, 新潟県中越地震<sup>5)</sup>, 新潟県中越沖地震<sup>6)</sup>, 東北地方太平洋沖地震<sup>9)</sup>の既往3地震を対象とした. 最大速度(PGV)の空間分布を式(1)を用いて計測震度 $I$ に変換した<sup>7)</sup>.

$$I = 2.42 + 1.82 \log_{10} PGV \quad (1)$$

震度曝露道路延長はインターチェンジ(IC)間ごとに震度階別に集計した. また, 道路構造種別ごとに集計するなどとした.

## 3. 復旧予測モデルの構築

統計解析システムのR<sup>8)</sup>で, 高速道路の復旧確率を予測する数理モデルを構築することを目的に, 式(2)のようにロジスティック回帰分析を行った(図2).

$$p = \frac{1}{1 + \exp\{- (b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3)\}} \quad (2)$$

この際に, IC毎に震度曝露道路延長と開通までに要した日数<sup>9), 10), 11)</sup>をまとめ, データフレームを作成した. 本研究では3つの説明変数を用いたモデルを仮定し,  $x_1$ は震度5弱および5強の曝露道路延長の和(km),  $x_2$ は震度6弱以上の曝露道路延長(km), 開通までに要した日数を $x_3$ とした. また $p$ は復旧確率,  $b_0 \sim b_3$ は回帰定数である.

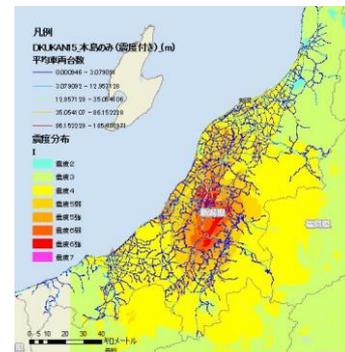


図1 新潟県中越地震の震度分布

さらに, 構築した数理モデルの説明変数に対する感度を図3のように評価した. 説明変数 $x_1, x_2$ の一方を固定し, もう一方の説明変数に任意の数値を与え, 復旧日数と復旧確率の関係を比較した. 震度曝露道路延長が長くなると, 同一の復旧確率が得られるまでに要する時間が長くなる傾向が得られ, 合理的な予測値を示すことが確認できた. また, 説明変数 $x_2$ の値を変化させた時の方が, 同一の復旧確率に達するまでに要する日数の違いが大きくなったため, 震度6弱以上の曝露道路延長の方が, 震度5弱および5強の曝露道路延長よりも, 復旧日数に大きな影響を与えているものと考えられる.

## 4. 高速道路の復旧日数と震度曝露道路延長の関係

構築した復旧予測モデルを用いて, 新潟県中越地震, 新潟県中越沖地震, 東北地方太平洋沖地震時の関越自動車道, 北陸自動車道, 東北自動車道を対象に, 震災後の高速道路の開通までに要した日数と, モデルで推定した復旧日数を比較した. ここで, 高速道路の復旧日数は, 式(2)の復旧確率 $p$ が0.5となるときの $x_3$ とした. 東北地方太平洋沖地震の際の東北自動車道の実際の復旧日数とモデルで推定した復旧日数をIC毎に図4で比較する. 実際の復旧時間は11日および13日の区間が隣接して存在する<sup>11)</sup>. 一方, 本研究の推定結果はIC間の連続性を考慮していないため, 復旧時間の長短はある程度現実に則しているもののばらつきが大きい予測結果となっている.

そこで, 復旧予測モデルにおいてもIC間の連続性をある程度考慮することができるよう, 高速道路の管理事務所の管轄区間<sup>12)</sup>を参考に, 4つ程度のIC間を一つの区間としてまとめ, 式(2)を仮定したロジスティック回帰分析を再度行った. また, 震度5強以下の曝露道路延長は, 復旧日数にあまり影響を与えないと考えられるため, 説明変数を二つとし,  $x_1$ を震度6弱以上の曝露道路延長

キーワード 高速道路, 震度曝露道路延長, 復旧予測, ロジックモデル

連絡先 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33千葉大学大学院工学研究科 TEL 043-290-355

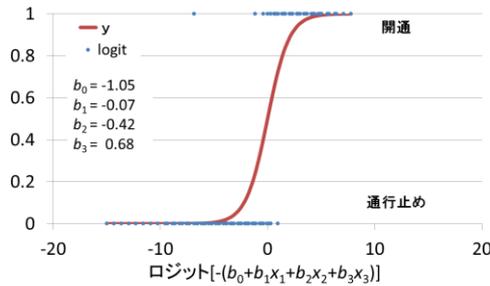


図2 作成したロジットモデル

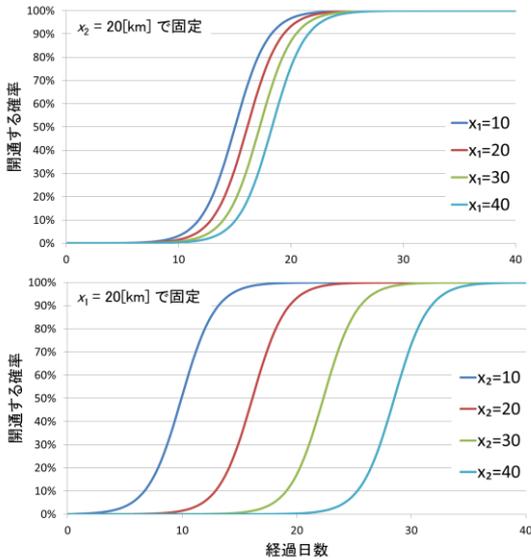


図3 ロジットモデルの検証

(km),  $x_2$ を開通までに要する日数とした. 新潟県中越沖地震では, 震度曝露道路延長の大きさの割に開通時間が早かったため, モデルの対象から外し, 新潟県中越地震, 東北地方太平洋沖地震のみを対象とした.

このように構築したロジットモデルを用いて, 実際の復旧時間と, モデルで算出した復旧時間を図5に示す. 図5より, 概して評価すれば, 実際の復旧日数とモデルで推定した復旧日数の差が小さくなった. 今後は, 他の地震への適用性の検討, 構造種別ごとの復旧日数の整理などが課題と考えられる.

5. まとめ

本研究は, 既往地震における高速道路の復旧時間をもとに, 復旧予測モデルを構築した. 連続する4つ程度のICをまとめた上で予測モデルを構築すると, 実際の復旧日数を精度よく推定することが可能となることがわかった. 今後は, 他の地震への適用性を評価するとともに, 復旧日数が短い地震についても推定精度が向上するようなモデルを構築することを目指す.

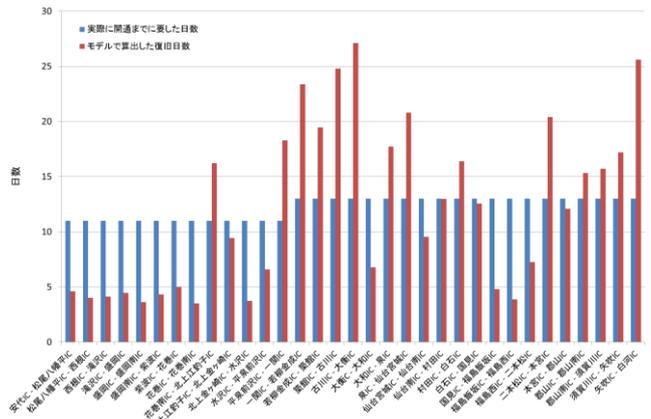


図4 実際の復旧日数と推定結果の比較 (東北地方太平洋沖地震)

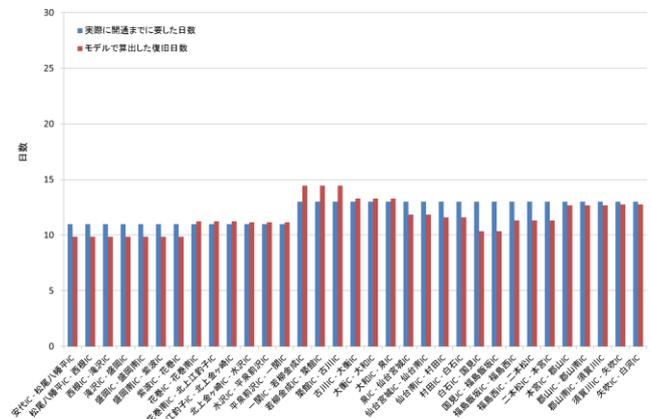


図5 実際の復旧日数と推定結果の比較 (東北地方太平洋沖地震) (4つ程度のICをまとめて評価)

参考文献

- 1) 内閣府: 防災情報のページ, <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/index.html>
- 2) 能島暢呂, 杉戸真太, 久世益充, 石川裕, 奥村俊彦, 宮腰淳一: 地震動予測マップの活用—その2: 震度曝露人口の試算—, 土木学会地震工学論文集, 4p, 2003.
- 3) 能島暢呂, 杉戸真太, 久世益充, 濱本剛紀: 震度情報ネットワークによる震度曝露人口のリアルタイム推計, 地域安全学会論文集, No.6, pp. 181-190, 2004.
- 4) 一般社団法人交通工学研究会: 平成17/22年度道路交通センサス, 全国道路・街路交通情勢調査, 一般交通量調査
- 5) Maruyama, Y., Yamazaki, F., Mizuno, K., Tsuchiya, Y., and Yagai, H.: Fragility curves for expressway embankments based on damage datasets after recent earthquakes in Japan, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 30, No. 11, pp. 1158-1167, 2010.
- 6) 地震動マップ即時推定システム, <http://qq.ghz.geogrid.org/QuakeMap/index.html>
- 7) Karim, K. R. and Yamazaki, F.: Correlation of the JMA Instrumental Seismic Intensity with Strong Motion Parameters, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, No. 5, pp. 1191-1212, 2002.
- 8) 青木繁信: Rによる統計解析, オーム社, 2009.
- 9) 社団法人地盤工学会: 土構造物の地震時における性能設計と変形量予測に関するシンポジウム発表論文集, 2007.
- 10) NEXCO東日本: 平成19年新潟県中越沖地震～高速道路の被災及び復旧状況～, <http://www.e-nexco.co.jp/>
- 11) NEXCO 東日本: 東日本大震災関連記者発表資料等, [http://www.e-nexco.co.jp/pressroom/tohoku\\_eq/](http://www.e-nexco.co.jp/pressroom/tohoku_eq/)
- 12) NEXCO 東日本: 企業情報, 事業所案内 [http://www.e-nexco.co.jp/company/office\\_list/tohoku\\_office/](http://www.e-nexco.co.jp/company/office_list/tohoku_office/)