

# 地震時の高速道路復旧予測モデルの高精度化に向けた基礎検討

千葉大学大学院融合理工学府 学生会員 ○五十嵐翼  
千葉大学大学院工学研究院 正会員 丸山喜久

## 1. 研究背景と目的

我が国では2004年新潟県中越地震, 2011年東北地方太平洋沖地震, 2016年熊本地震など大規模な地震が多数発生しており, そのたびに多大な人的被害や建物被害等が発生している. このような大規模な地震によって, 人的被害や建物被害に加えて道路ネットワークやライフライン等にも多大な被害が発生している. さらに, 内閣府の中央防災会議では, 南海トラフ地震や首都直下地震の危険性が指摘されている. とくに南海トラフを震源とする巨大地震では, 関東から西日本の広い範囲が大きな揺れに見舞われ, 人的被害や建物被害のみならず, 高速道路等へも多大な被害が見込まれる. 道路ネットワークの地震発生後の復旧状況を予測することによって, 災害対策の立案に貢献することができる.

既往研究<sup>1)</sup>では, 震度曝露道路延長を説明変数として, 既往地震の際の高速道路の復旧状況にもとづき, 多変量のロジスティック回帰分析を用いて復旧日数の予測モデルが構築されている. しかし, この既往研究の予測モデルでは説明変数に震度暴露道路延長を用いているため, それぞれのインターチェンジ(IC)間の延長の大小が, 復旧予測モデルに大きく影響を与えていた. また, IC間の延長は, 区間ごとでも大きく違いがあるため, 隣接する区間でも予測された復旧日数に大きな差が生じるなど, 予測日数が現実に即さない部分が見られた.

そこで, 本研究では既往研究で構築された復旧予測モデルの再検討を行い, モデルを改良することで精度の向上を図る. さらに高速道路の道路構造を考慮した復旧予測モデルを検討し, 高精度な予測モデルの構築を目指す. そして得られた予測モデルをもとに今後発生が予測されている南海トラフ地震の際の高速道路復旧日数の予測を試みる.

## 2. 本研究で使用したデータ

本研究が対象とした既往地震は, 2004年新潟県中越

地震, 2007年新潟県中越沖地震, 2008年岩手・宮城内陸地震, 2011年東北地方太平洋沖地震, 2016年熊本地震の5地震である. 各地震の震度分布は地震動マップ即時推定システム(Quick estimation system for earthquake maps triggered by observation records)<sup>2)</sup>から入手し, 高速道路路線データと地理情報システム(GIS)上で重ね合わせることで, 震度曝露道路延長の算出等を行った. 本研究で作成した熊本地震における震度分布図と高速道路の復旧時間<sup>3)</sup>を図-1に示す.

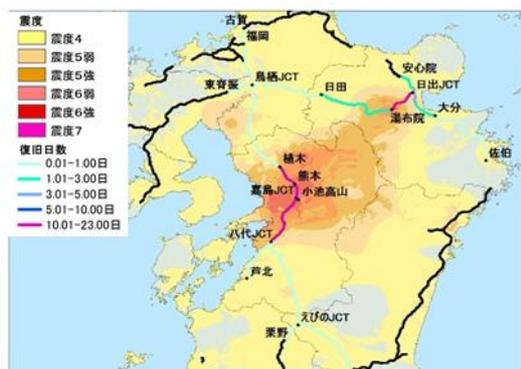


図-1 熊本地震の際の震度分布図と高速道路の復旧日数

## 3. 復旧予測モデルの改良

本研究は既往研究<sup>1)</sup>と同じデータセットで復旧予測モデルを再検討する. つまり, 熊本地震は回帰分析の際のデータには含んでいない. 本研究の予測式では,  $x_1$ をインターチェンジ(IC)間の距離に対する震度5弱および震度5強の揺れに曝された距離の割合,  $x_2$ をIC間の距離に対する震度6弱以上の揺れに曝された距離の割合とした. また, 既往研究と同様に,  $x_M$ はモーメントマグニチュード(Mw),  $x_t$ は実際の高速道路の復旧日数とし,  $b_0 \sim b_2, b_M, b_t$ は回帰定数である(式(1)).

$$p = \frac{1}{1 + \exp\{-(b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_Mx_M + b_tx_t)\}} \quad (1)$$

Key words 高速道路, 震度曝露道路延長, ロジスティック回帰分析, 復旧予測

連絡先: 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学大学院融合理工学府都市環境システムコース TEL 043-290-3555

表-1 式(1)のロジットモデルの回帰定数

$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_M$	$b_t$
16.0	-2.25	-4.59	-2.00	0.41

本研究により得られた式(1)の関数形のロジスティック回帰分析の結果を、ROC (Receiver Operating Characteristics) 曲線を用いて検証した結果、AUC (Area Under the Curve) の値は0.95となり判別能力の高いモデルが構築できた (表-1)。

図-2 は式(1)と既往研究の復旧予測日数、実際の復旧日数を IC 間ごとに比較した結果である。式(1)の回帰分析には熊本地震を含んでいないが、式(1)の方が予測精度が高いことが確認できる。

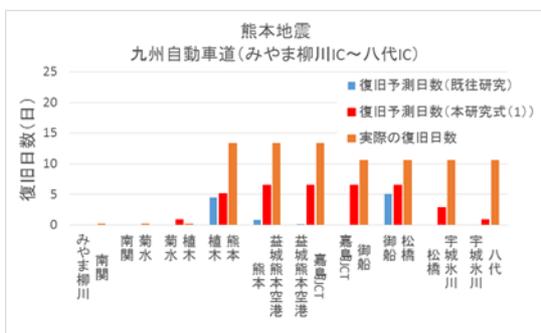


図-2 熊本地震における復旧予測日数と実際の復旧日数の比較

4. 道路構造の影響の検討

高速道路の復旧期間には、被災した道路構造の影響があるものと考えられるので、道路構造の違いを反映した数理モデルに関して検討を行った。ここでは、式(2)で表される関数形を仮定した。説明変数の  $x_1, x_2, x_M, x_t$  は式(1)と同様であり、 $r$  は IC 間の距離に対する盛土の延長の割合とした。 $b_0 \sim b_2, b_M, b_t, b_r$  は回帰定数である。式(2)の AUC は 0.952 となり、式(1)と同程度に判別能力の高いモデルとなった。

$$p = \frac{1}{1 + \exp\{-(b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_r r + b_M x_M + b_t x_t)\}} \quad (2)$$

表-2 式(2)のロジットモデルの回帰定数

$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_r$	$b_M$	$b_t$
14.8	-2.48	-5.03	3.82	-2.24	0.42

5. シナリオ地震への適用

式(1)、式(2)を用いて今後発生が予測されている南海トラフ地震の際の地震後の復旧予測日数の推定を試みた。ここでは式(1)を用いた推定結果を示す。

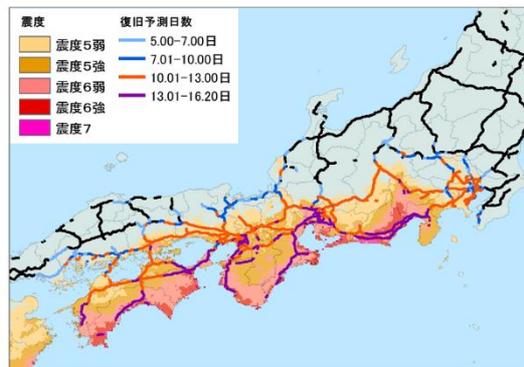


図-3 式(1)で得られた南海トラフ地震の際の高速道路の復旧予測日数

東京、名古屋間では震源域に近い東名高速道路では13日から16日程度復旧に要すると見込まれる。式(1)では道路構造の違いを考慮していないため、新東名高速道路でもほぼ同じ復旧日数が推定された。中央自動車道は10日程度と東名高速道路よりも早く復旧する見込みであるため、中央自動車道を利用しての迂回輸送が期待できる。

6. まとめ

本研究は、地震による高速道路の復旧予測モデルの検証を行い、問題点を明らかにした。さらに、モデルの改良、道路構造を考慮した復旧予測モデルを検討し、精度の向上を図った。予測モデルの判別能力は既往研究よりも高く、既往地震に適用した際にも実際の状況に近い復旧予測日数が得られた。道路構造を考慮したモデルでは、IC 間に含まれる盛土の割合を考慮した結果、判別能力の高い数理モデルが構築できた。

参考文献

- 1) 上原康平, 丸山喜久: 既往地震データに基づく高速道路の復旧予測に関する統計分析, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 72, No. 4, pp. L110-116, 2016.
- 2) 地震動マップ即時推定システム, <https://gbank.gsj.jp/QuiQuake/index.html>
- 3) 内閣府: 防災情報のページ: 熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について, <http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jjishin/>