

大阪府北部地震による鉄道の運休状況の分析

15T0310W 藤村 奈生
指導教員：丸山 喜久

1. 研究背景と目的

2018 年 6 月 18 日午前 7 時 58 分に最大震度 6 弱、気象庁マグニチュード 6.1 の大阪府北部を震源とする地震が発生した。この地震は、過去に日本で発生した 1995 年兵庫県南部地震、2004 年新潟県中越地震、2011 年東北地方太平洋沖地震などと比べると、マグニチュードは小さく、人的被害も極めて少なかった。

しかし、大阪府北部地震では、鉄道機関の運休及び大幅な遅れが生じた。地震発生時は通勤・通学のラッシュの時間帯であり、多くの利用客に影響を与えた。そのため、帰宅困難者が発生し駅が多くの人で溢れかえる様子や列車から降りた乗客が線路を歩くといった様子が被災各地で見られた。

また、内閣府の中央会議では南海トラフ地震や首都直下地震の発生が予測されている。これらの地震は、今回発生した地震よりも広い範囲での被害が予想されており、鉄道機関をはじめとする公共交通機関へより大きな影響を与えると考えられる。

そこで、本研究の目的は、大阪府北部地震における鉄道の運休・遅延状況を分析し、各鉄道会社の地震対応や地震による運休状況を整理する。さらに、地震動強さと鉄道運休の関係に基づき、鉄道構造物の被害が軽微な際に点検作業に起因する復旧時間予測モデルを構築する。

2. 本研究で使用したデータ

本研究は地理情報システム (GIS) を用いて行った。基礎データとなる鉄道路線のデータは国土数値情報ダウンロードサービスより入手した。大阪府北部地震では、最大 14 事業者 77 路線 996 区間が運転休止となった。運休路線は、大阪府、京都府、兵庫県、奈良

県、滋賀県、和歌山県、三重県、岡山県、福井県の 2 府 7 県に及んだ。しかし都道府県ごとにデータの整理状況が異なることから、本研究においての対象地域は大阪府、京都府、兵庫県、奈良県、滋賀県、和歌山県の 2 府 4 県とした。またこの対象地域の境界をまたぐ区間は本研究のデータとして含むことにする (図-1)。

3. 通勤・通学への影響

地震発生時は朝の通勤・通学ラッシュの時間に重なり、鉄道利用者への影響が出た。長時間車内で身動きがとれなかった人や線路を歩く人がいたり、駅構内に利用者があふれかえる状態が見られ「帰宅困難者」が発生した。

国土数値情報の交通流動量パーソントリップ発生・集中量データ (平成 22 年調査) の鉄道による通勤データ、通学データの発生・集中量を用いて、鉄道運休の影響を受けた人数を都道府県単位で推計した (表-1)。具体的には、全ゾーンの合計トリップ数に対する運転休止となった路線を含むゾーンの合計トリップ数の割合を影響率として算出した。発生量に関して集計すると、影響率は 2 府 4 県すべてで 70%以上を占めており、特に大阪府と滋賀県では約 90%に及ぶ。集中量をみると、発生量と同じく影響率は 2 府 4 県すべてで 70%以上を占めており、大阪府と滋賀県では約 95%の割合を示している。この結果から、発生量・集中量ともに大阪府と滋賀県において、最重要的な路線が地震によって運転休止したことが分かる。

表-1 都道府県別の発生・集中量と影響率

		集中量			発生量		
		全ゾーン(人)	被害ゾーン(人)	影響率(%)	全ゾーン(人)	被害ゾーン(人)	影響率(%)
都道府県	大阪府	1814370	1732693	95.49	1513975	1359745	89.81
	京都府	334311	263215	78.73	303917	254704	83.81
	兵庫県	587779	429849	73.13	774545	582776	75.24
	奈良県	104100	85365	82.00	216793	154311	71.18
	滋賀県	97107	93152	95.93	131663	119402	90.69
	和歌山県	30470	23625	77.54	38239	27232	71.22

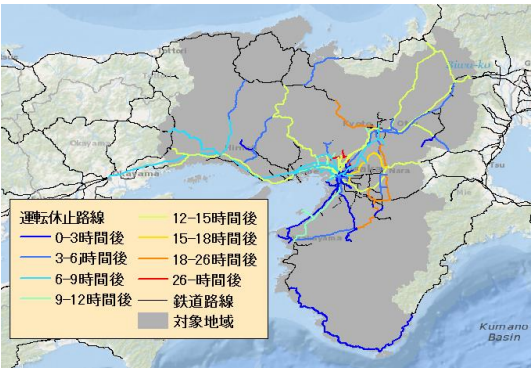


図-1 研究対象 2 府 4 県の運転休止路線

4. 地震動強さと運休時間の関係

地震動強さと運転休止路線との関係性を分析するために、運転休止区間(1 駅分)それぞれに最も近い位置の計測震度を空間結合させた。計測震度分布は地震動マップ即時推定システム (QuiQuake) ²⁾より入手した (図-2)。計測震度が 2.5 以下 (震度 2 以下) の地域

でも鉄道が運休したことが分かる。すなわち広範囲で地震による鉄道運休が生じたということである。

これに基づき、地震発生から3時間ごとに運転休止区間を集計した。時間の経過と共に、運転休止区間が徐々に減少していることが分かった。また、2府4県の全線全区間(1590区間)に対する震度階級ごとの運転休止区間の占める割合を3時間ごとに算出した(図-3)。震度が大きいほど運転率が長く続くことから、震度と鉄道の運転休止時間には相関関係があることが分かった。

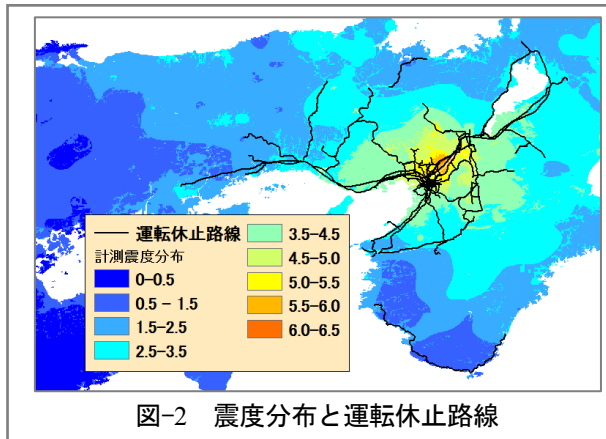


図-2 震度分布と運転休止路線

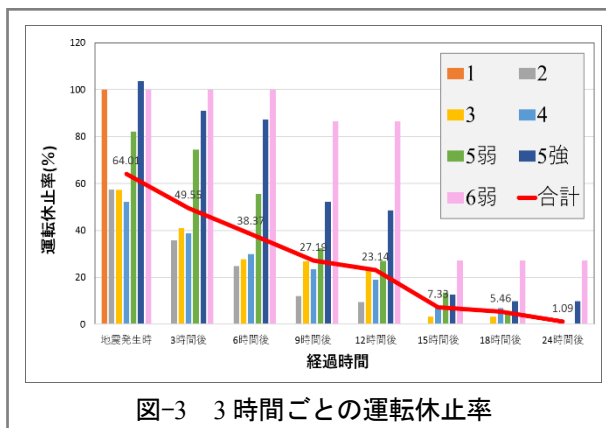


図-3 3時間ごとの運転休止率

5. 復旧時間予測モデルの構築

既往研究³⁾のモデル式を参考に、鉄道の運休に対応する復旧時間予測のモデル式を構築する。本研究におけるモデル式は中小規模の地震発生時に生じる安全確認等による運休の復旧時間予測である。そのため、本研究の対象路線から機器の不具合が生じたために運休した大阪モノレール(本線及び彩都線)の2路線は除外してデータを扱う。式(1)で表されるロジスティック回帰分析による数理モデルを仮定する。説明変数である X_1 は計測震度、 X_2 は運休時間(h)とした。 X_1 、 X_2 は各区間(1駅間)でのデータを用いる。 p は各区間の地震後の経過時間に応じた復旧確率を示す。また運休時間の予測式の適用については、 p に適切な閾値を設定し、復旧確率が閾値 p に達すると

きの X_2 を当該区間の運休時間と見なすこととする。回帰定数は表2のようになった。

$$p = \frac{1}{1 + \exp\{-(b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2)\}} \quad (1)$$

表2 モデル式の回帰定数

b_0	b_1	b_2
-0.56	-0.39	0.26

式(1)のAUCは0.877で精度は良いとされる。最適な閾値は $p=0.70$ となり、TPRは0.766、TNRは0.818である。その値をもとに算出した予測運休時間を図示してみると震源に近い程すなわち震度が大きい場所に位置する路線は復旧予測時間が大きくなった(図-4)。そこから、復旧時間は計測震度によって変化することが分かった。

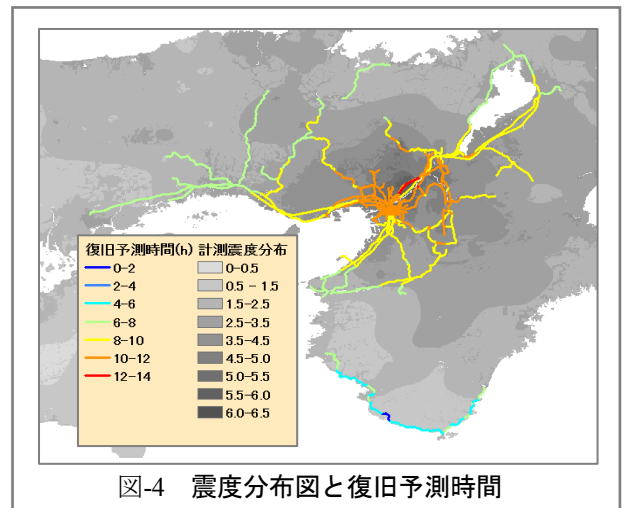


図-4 震度分布図と復旧予測時間

6. まとめ

本研究では、大阪府北部地震による鉄道への被害及び影響を分析し、既往研究を参考に運休時間の予測のモデルを構築した。計測震度が大きいほど鉄道運休による影響は大きくなり、運休時間も大きくなることが分かった。今後、他の地震の際の鉄道の運休時間を考慮するなどして、さらなるモデル式の精度向上が必要である。

参考文献

- 1) 国土数値情報 ダウンロードサービス,
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 2) 地震動マップ即時推定システム,
<https://gbank.gsj.jp/Quake/index.html>
- 3) 五十嵐翼, 丸山喜久: 道路構造の影響を考慮した大規模地震後の高速道路の復旧時間モデル, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学), Vol. 74, No. 4, pp. I_258-266, 2018.