

# リスク工学グループ演習

## 大規模災害時における電柱倒壊リスク分析

リスク工学グループ演習 3 班

船越 康太 田宮 圭祐 山添 貴哉 TU NIANZHI

アドバイザー教員: 木下 陽平

### 1 テーマの背景・目的

近年、日本では大規模な自然災害が頻発している。例えば、1995 年の兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災) は、死者 6,432 名、重傷者 43,792 名、住宅被害 104,906 棟などの被害をもたらした。また、2011 年の東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) は、死者 15,822 名、重傷者 4,691 名、住宅被害 127,290 棟などの被害をもたらした。地震以外にも、2018 年の大阪府を直撃した台風 21 号や、2019 年に千葉県を直撃した台風 15 号なども我々の生活へ大きな被害を与えた。このように、日本は自然災害が発生しやすい国土であり、今までも甚大な被害を受けてきた。

自然災害による被害は一次災害と二次災害の 2 つに大別される。一次災害とは、地震や台風などの災害そのものによってもたらされる直接的な被害のことで、例として、家屋やビルの倒壊、道路の損壊などが挙げられる。一方、二次災害とは、一次災害をきっかけに連鎖的に発生した被害のことで、例として、火災や断水、停電などのライフラインの寸断が挙げられる。兵庫県南部地震では、約 8,100 本の電柱の倒壊、東北地方太平洋沖地震でも 56,000 本の電柱が倒壊し、停電や交通機関の寸断などの二次災害をもたらした。

ライフラインが寸断された状況で交通機関も寸断された場合、被災者は長期的に避難所・仮設住宅での生活を強いられることになり、そのような劣悪な環境で長期間生活することによって二次災害に加え、さらなる健康被害などを引き起こす負の連鎖が続いてしまう可能性がある。したがって、災害前に二次災害への対策をしておくことは重要であり、災害規模が予測できない一次災害と比べ、二次災害は事前に無電柱化をしておくなどの措置をとることで、事前対策が可能であ

る。しかし、平成 28 年度時点で日本全国にはおよそ 3,578 万本の電柱があり [1]、それらすべてを無電柱化することは難しい。そのため、事前に災害リスクを予測しリスクの高い地域から無電柱化を進める必要がある。そこで、我々は大規模災害時に電柱が倒壊することによる災害リスクを定量的に評価することを研究目的とした。

### 2 関連研究

道路ネットワークの防災機能に関する研究は原田ら [2] によってされている。原田らは、限られた予算の中で災害時にも機能する道路の整備を目的とし、平常時の道路機能に加えて災害時の道路機能を計上し、道路整備の費用対効果を算出する手法を提案した。原田らの研究では災害時の道路機能も考慮されているが、災害時の項目に電柱倒壊などは含まれていない。

無電柱化のもたらす効用についての分析は石井ら [3] がおこなっている。石井らは無電柱化の便益が地域ごとに異なることに着目し、各地域で無電柱化がもたらす便益を費用便益分析を用いて客観的に評価した。しかし、便益の評価項目には景観の改善効果・ライフラインの安定化・バリアフリー化で構成されており、災害時における損害などが考慮されていない。

### 3 手法

本研究では GIS シミュレーションを土台とした自作プログラムを作成した。分析時には、電柱の位置データとして 2018 年版東電タウンプランニングのつくば市電柱データ、道路網のデータとして 2016 年版 DRM デジタ

ル道路地図, その他地図の構成要素として 2016 年版ゼンリン ZmaptownII を使用した. 分析に使用したソフトは, MATLAB 2016b(macOS 10.13.4, CPU:2.7GHz Intel Core i5) と ArcGIS10.6.1(Windows10 Pro, CPU:3.4GHz Intel Core i5) である.

エリア内の電柱は高さが 10m で, 倒れる方向は一様分布に従うものと仮定し, 倒れる確率は兵庫県南部地震の際に倒れた電柱の割合 [4] を参考に一律 0.5% とした. そして, エリア内の電柱一本一本に対して「電柱が倒れ, かつ残った道幅が 2.5m 以下になる確率」, 「電柱が倒れ, かつ残った道幅が 2m 以下になる確率」を定めた. 定め方の例を図 1 に示す.

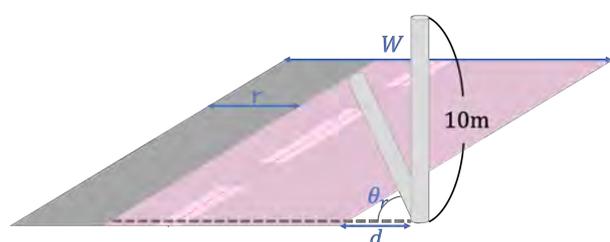


図 1: 電柱と道路閉塞の概念図

ここで,

$W$ : 道幅 [m]

$r$ : 残す道幅 [m]

$d$ : 電柱から道路までの距離 [m]

$\theta_r$ : 残った道幅が  $r$  となるときの角度 [rad]

である.

この場合「電柱が倒れ, かつ残った道幅が  $r$  [m] 以下になる確率  $P_r$ 」は

$$P_r = 0.5 \times \frac{\cos^{-1}\left(\frac{W+d-r}{10}\right)}{\pi}$$

と表される. これらを MATLAB を用いて実装し, GIS シミュレーションにより可視化した.

## 4 結果と考察

本研究では, つくば市内の道路を対象に, 一般的な乗用車 (車幅 1.7 1.9m 前後) と作業用車 (車幅 2.3m 程度

のトラックを想定) それぞれの車幅限界を鑑みて, 残った道幅の基準は 2m, 2.5m として分析を行った. また, 閉塞率の計算は道路を表すリンク 1 本単位 (交差点又は T 字路間で結ばれる線) で行っており, リンク内にて 1 本でも電柱が倒壊し, かつ任意の幅以上に閉塞していた場合そのリンクは閉塞されたとみなす.

シミュレーション・計算結果を図 2, 図 3 に示す.

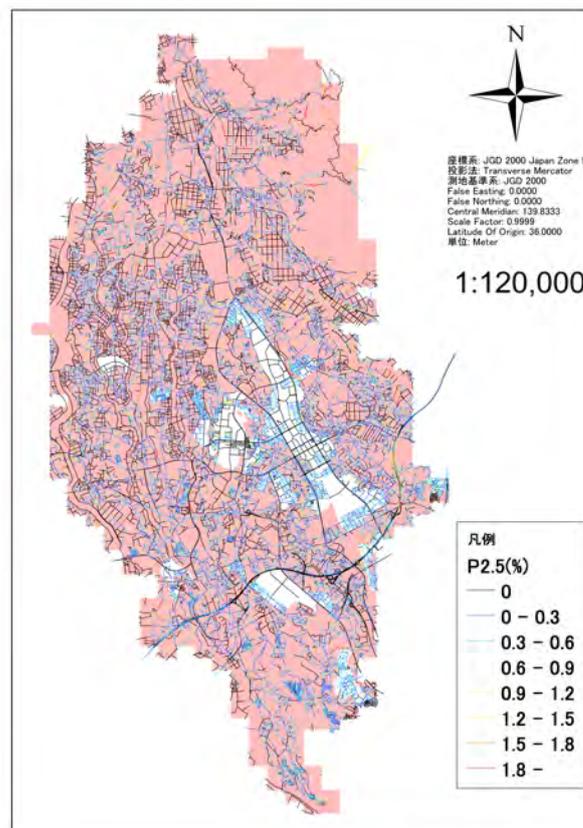


図 2: つくば市内での  $P_{2.5}$  の分布

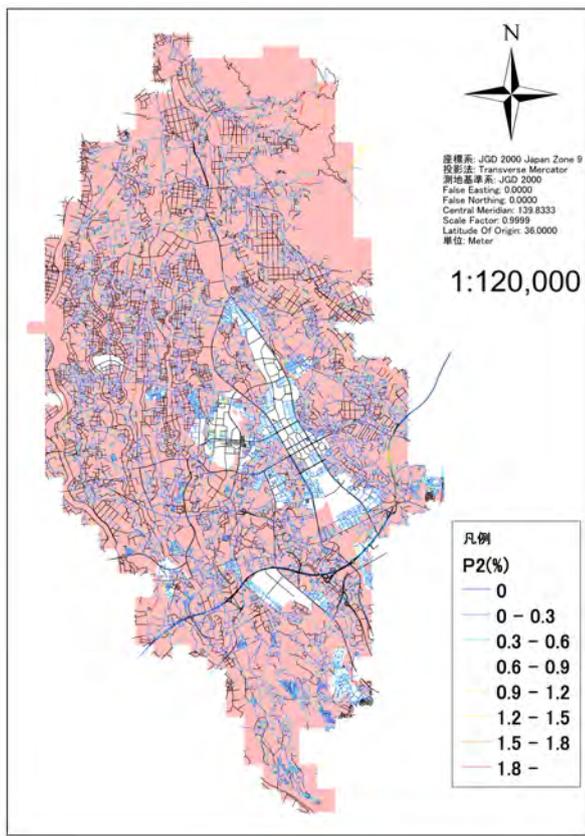


図 3: つくば市内での  $P_2$  の分布

$P_{2.5}$  の最大値は 2.80%，平均値は 0.28%， $P_2$  の最大値は 2.51%，平均値は 0.25% となり，電柱倒壊率も相まって非常に低い水準となった。大学周辺の緊急輸送道路である国道 408 号線・県道 24 号線付近(図 4)に着目すると，西平塚交差点以北及び以東は目立った閉塞が見られなかった。とはいえ，豊里方面に向かう西方向の区間は，値は低いものの連続的に閉塞リスクが存在する。住宅街のような道路の集中するエリアでの閉塞リスクも確認され，例えば学園の森 2 丁目周辺(図 5)では，閉塞率が 1% 以上となるリンクが多く見られた。なお，この結果は  $P_2$  を表しており，乗用車でのアプローチも難しくなる恐れのあるエリアである。

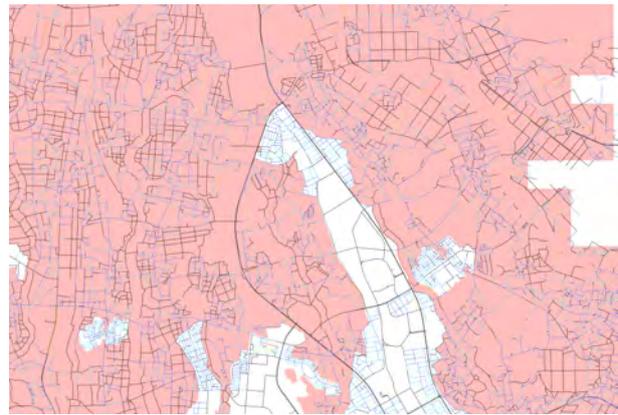


図 4: 県道 24 号線・国道 408 号線周辺の  $P_2$  の分布



図 5: 学園の森 2 丁目周辺の  $P_2$  の分布

このように，確率に基づくモデルでも潜在的な閉塞リスクのあるリンクを確認できた。緊急輸送道路での目立った閉塞リスクは見られなかったが，住宅街ではいくつか見られ，自立して歩くことが難しい人を引率した避難をする際のリスク認知や，復旧現場の末端部分でのボトルネック把握に対する知見となり得る。

ケーススタディとして，図 6 に，ある 1 回のシミュレーション結果を示す。

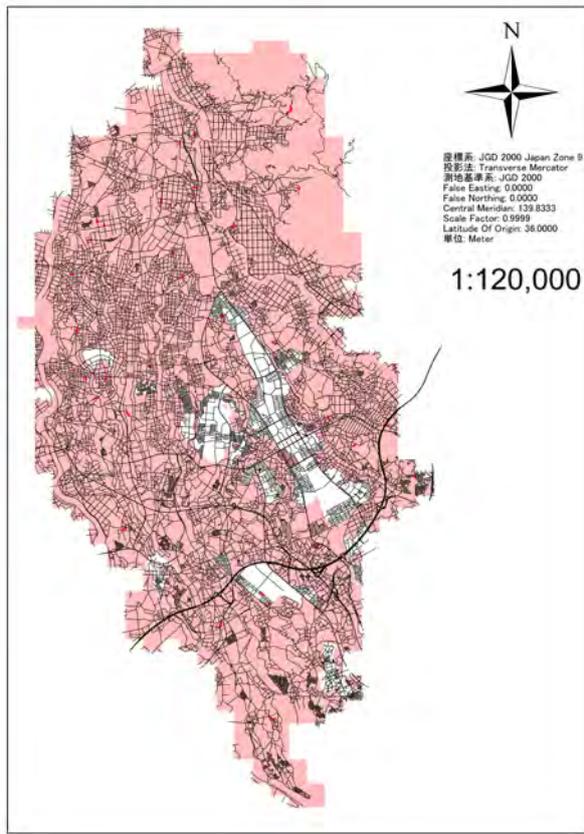


図 6: つくば市内でのある 1 回のシミュレーション結果

ここでは、閉塞の生じたリンクのみ着色している。幹線道路での閉塞は確認されず、一部では住宅街の街路の閉塞が確認できる。経路シミュレーションにこの結果を反映することにより、より具体的な時間損失の計測が可能となる。しかし、閉塞率はリンク毎に大きく異なり、個別のケースに関して分析を進める必要がある。

## 5 今後の課題

本研究では、電柱の倒壊によって引き起こされる道路網寸断のリスクを計算した。道路網寸断以外にも電柱倒壊リスクは存在するため、今後の課題として、それらを本研究の提案手法の勘定に入れることが考えられる。具体的には、

- 道路の閉塞状況と交通量に基づいた迂回にかかる時間、ガソリンなどの支出

- 電柱などの設備の本体価格と修理価格に基づいた経済損失

- 道路の復旧難易度と復旧速度に基づいた復旧時間

などを計算し、これらのリスクも考慮し、無電柱化など二次災害対策を進めていく上での優先順位を選択する。

## 6 まとめ

本研究では、電柱が倒れる確率、倒れる方向、倒れた電柱が道路閉塞に及ぼす影響を考慮し、東京電力電柱データと DRM デジタル道路地図に基づいて、大規模地震を想定した電柱の倒壊に関するシミュレーションを設計した。その結果、潜在的な閉塞リスクのあるリンクを確認した。そして、これらの結果をもとに閉塞の生じたリンクマップを作成した。本研究は二次災害の事前予防にとって重要な意味があると考えられる。

## 参考文献

- [1] 国土交通省，電柱本数の推移，[https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi\\_13\\_03.html](https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_03.html).
- [2] 原田剛志・小野剛史・倉内文孝・高木朗義，道路ネットワーク防災機能の便益評価に関する研究，土木学会論文集，Vol.73，No. 2，109-123，2017.
- [3] 石井友梨・郭家鳴・田中孝直・廣瀬俊，無電柱化に関する費用便益分析.
- [4] 商務流通保安グループ 電力安全課，東日本大震災時の評価，[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan\\_shohi/denryoku\\_anzen/denki\\_setsubi/pdf/001\\_s02\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/001_s02_00.pdf).