

京都市の密集市街地における無電柱化事業による防災効果分析

Analysis of Effects of Underground Cables and Poles in Earthquake Disaster Reduction in The Reduction in The Densely Built-up Area in Kyoto

小原 雅人¹, 馬場 美智子², 岡井 有佳³
 Masato KOHARA¹, Michiko BAMBA², and Yuka OKAI³

¹立命館大学大学院 理工学研究科 博士前期課程

Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

²兵庫県立大学大学院 減災復興政策研究科 准教授

Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo

³立命館大学 理工学部 都市システム工学科 准教授

College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

In the time of occurrence of large-scale earthquake disaster, collapse of power transmission cables and poles can cause road blockage to interfere activities of firefighters to extinguish fire, especially in densely built-up areas with narrow streets and paths in Kyoto. The purpose of this study is to develop the methodology to analyze the effects of undergrounding of cables and poles to prevent their collapse. Then, it is applied to the district near Kamishichiken street in Kyoto to analyze quantitatively and show effects visually of under-grounding of cables and pole.

Keywords : earthquake, fire, undergrounding of electric poles, densely built-up area

1. はじめに

京都市は非戦災都市であることから細街路や伝統的な木造建物が多く残る。これらは京都の魅力の一つであり、長く守られるべきものである。しかし、このようなまちなみは、火災や地震等の災害に対して脆弱である。木造の古い建物が密集した住宅地では、地震や火災による家屋の倒壊や延焼の拡大に加え、災害時の避難や消火活動が困難となる可能性が高く、都市防災上の課題がある。

阪神・淡路大震災や東日本大震災の大地震において、消火活動が遅れた一要因として、地震によって道路上に障害物が散乱し、緊急車両や消防車両の通行に支障をきたしたことが挙げられている¹⁾。障害物としては、電柱倒壊や家屋倒壊等が挙げられ、これらが複数箇所が発生したことで消防車の通行を妨げ、救助活動が遅れたとされている²⁾。このように、電柱は、災害時における倒壊等により、被害を拡大させる原因となりうる。加えて電柱は、街の風景を阻害する要因となり、景観上にも問題がある。

そのような中で、無電柱化事業は全国で進められており、2016年12月には「無電柱化の推進に関する法律」が施行され、より一層無電柱化が推進される事が期待されている。京都市では、幹線系と景観系に分類し、無電柱化事業が行われている。幹線系においては避難道路などの緊急時の重要路線、景観系においては歴史的な市街地などを対象として行われており、全国的にも先進的な取り組み方法となっている。景観系の事業対象地区は、先述したような歴史的町並みを持つ地区であり、防災上の問題を抱えている地区でもある。京都市の景観系の無電柱化事業は、景観保全という京都ならではの目的を果たすとともに、電柱倒壊によるリスクが軽減されることで防災の向上効果も期待できる。

そこで、本研究では、無電柱化で期待できる効果の中でも、防災面に着目した。さらに、地震災害時の被害の中でも本研究では、電柱倒壊被害にのみ着目し、京都市

の景観系の無電柱化路線を対象に無電柱化事業前後における地震発生時の電柱倒壊等による道路閉塞を考慮した消火活動の影響の比較分析を行う。それにより、無電柱化事業の防災効果を定量的に明らかにすることを本研究の目的とする。

2. 自治体における無電柱化事業の取組状況

本章では、無電柱化事業を推進している金沢市、西宮市、芦屋市と研究対象である京都市を事例に挙げて、戦略的な取組内容を考察する。まず、金沢市と西宮市においては、それぞれ「金沢方式無電柱化推進実施計画」、「都市景観向上のための市道等無電柱化計画」の無電柱化に関する計画を策定している。計画では、両市とも、無電柱化すべき路線について、景観面や防災面での評価指標を作成し総合的な評価から優先的に取り組むべき箇所を公表している。防災面の評価指標では、緊急輸送路の指定状況や道路沿線における広域避難場所指定などが考慮されていた^{1) 2)}。

次に、芦屋市においては、現段階では、整備計画を策定してはいないものの、今年度中に計画を策定・公表予定である。今後、さらなる無電柱化の推進に向けて、シンポジウムを開催するなど積極的な取り組み姿勢を見せている。これまでは、大規模な道路整備や団地開発等に合わせ、無電柱化を行っている状況であるが、今後は計画的に進めたいとしている。その上で、防災面としては、緊急輸送路や広域避難場所などにアクセスのある道路について考慮が必要と考えていた³⁾。

京都市においては、主要な文化遺産周辺、観光地等の歴史的なまちなみの保全を図るべき箇所での整備となる景観系路線、緊急輸送路や避難路といった幹線道路などでの整備となる幹線系路線として分類し、事業を行っている。幹線系路線に加え、景観系路線も同様に重要視して事業を行っており、他都市と比べても、景観・観光面をより重要視していることが伺える。現在、無電柱化の

対象と考えている路線を候補路線として公表しており、候補の中から順次実施している状況である。しかし、京都市は、多くの細街路や密集市街地を有しており、想定されている大地震に備え、このようなまちの構造を考慮した防災の観点があると考えられる。町家が建ち並び、路地や袋小路が多いまちは京都の重要な観光資源であり、これらを守らなければならない。詳細な課題、無電柱化によって期待される防災効果については次章で述べていく。

3. 京都市における災害リスクと無電柱化効果

(1) 京都市における都市防災の課題

京都市においては、市内を花折断層が縦断しており、将来大地震を引き起こす可能性がある。市内全域で震度6弱以上、一部では震度7の揺れが予想されている³⁾。

京都市内には、建築物が立ち並ぶ細街路（4m未満）が総延長距離約940km、約13,000路線に及んでいる。この内、幅員1.8m未満の細街路が約170km、約3,400路線存在する。市街化区域面積の約14%を木造密集市街地が占め、総棟数の約22%、約16万戸が木造住宅に当たる⁴⁾。

細街路及び木造密集市街地における火災例として、2016年7月5日に発生した先斗町での火災がある。先斗町は、自動車の通行できない狭隘道路で、茶屋をはじめ伝統的な木造建築物が多く密集する市街地である。火災発生時、通報から3分で消防隊が到着し、消防車30台が出動したものの、消防車が現場手前まで進入することができず、消火活動は難航した。幸い重傷以上の被害者は出ず、事前に準備していた消火活動計画により、消火に4時間かかったものの大規模な延焼は免れた。しかし、対応を間違えていれば大惨事につながった恐れもあった。

地震災害についても1995年の阪神・淡路大震災で、神戸市内の住宅地などで火災が同時多発した際、消火活動が円滑に行えず、多くの犠牲者を出している。消防車の到着が遅れたことに加え、神戸市の中でも木造密集市街地が集積した地域では特に被害が拡大した。細街路及び木造密集市街地を多く有する京都市でも、大地震が発生すれば同様の事態が発生する可能性があり、これらを考慮し無電柱化の優先順位が検討されるべきである。

(2) 無電柱化による防災効果

大規模災害時において、電柱は倒壊の危険性があり、電線の垂れ下がりや切断が発生する恐れがある。被害が発生すると停電やライフラインに影響を引き起こすことに加え、道路の通行にも支障が生じ避難の妨げや人命救助にも悪影響を与えかねない。大震災においては電柱倒壊が一要因として、道路の不通や通行支障が生じている。倒壊は地震災害だけでなく、大型の台風や竜巻においても電柱倒壊が発生している（表1）。ただ、地震災害では非常に多くの電柱が倒壊している。そこで今回は、地震災害時の無電柱化による防災効果に着目することとする。

表1 地震等による電柱の倒壊状況⁵⁾

災害	年月	災害名称	電柱の倒壊
地震	1995年1月	阪神淡路大震災	電力柱: 約4500本 通信柱: 約3600本 (供給支障に至ったもののみ)
台風	2003年9月	台風14号	電柱: 約800本
津波	2011年3月	東日本大震災	電力柱: 約28000本 通信柱: 約28000本 (供給支障に至ったもののみ)
竜巻	2013年9月	-	埼玉県越谷市46本 千葉県野田市: 5本

出典:国土交通省HP より著者編集

4. 無電柱化の防災効果分析

(1) 分析方法

地震時には電柱が倒壊することにより、通行できない道路箇所が複数発生し、消防活動に影響を及ぼす事が考えられる。道路閉塞は、がれきの散乱などの他の要因によるものも考えられるが、ここでは電柱倒壊のみに着目する。具体的には、道路閉塞によって消防車が到着できない状況、消防水利（消火栓・防火水槽）が使用不可能となる状況、消防水利に接続したホースが火災現場に届かない状況が想定される。本研究では、ある地点での消防活動の可否を消防ホースが届くか否かで判断する事とし、消火困難となる区間がどの程度発生するかで評価する。消火困難区間を無電柱化前後で比較することで無電柱化事業の防災効果を分析する。

分析のフローチャートを図1に示す。まず、想定される地震の発生によって倒壊する電柱の本数と、電柱倒壊位置を推定する。次に、電柱倒壊による道路ネットワークの閉塞状況によって影響を受ける消防車と、消火栓から消防ホースで取水して消火活動を行う消防士の活動をシミュレーションする。電柱の有無で地震時に消火活動が困難となる区間を抽出する。消火困難となる区間は、無電柱化事業実施の前と後で比較し、その効果を分析する。

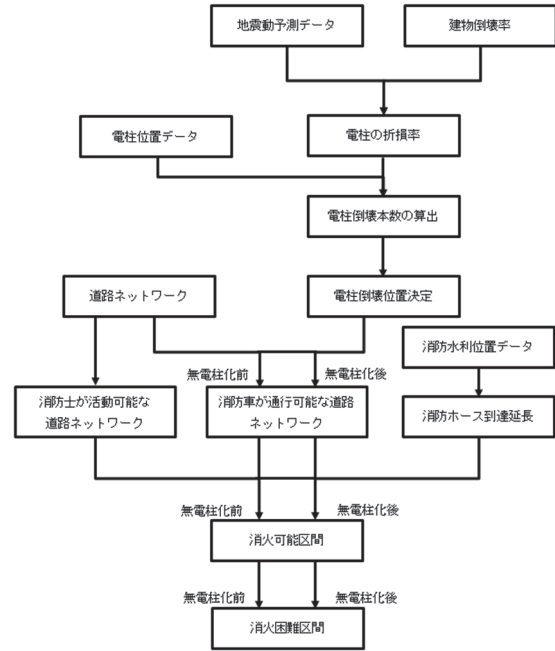


図1 分析のフローチャート

(2) 研究の対象地区

本研究では、京都市の景観系事業として無電柱化事業が行われた上七軒通を中心とする地区を対象とし、実証的に分析を行い効果を明らかにする（図2）。

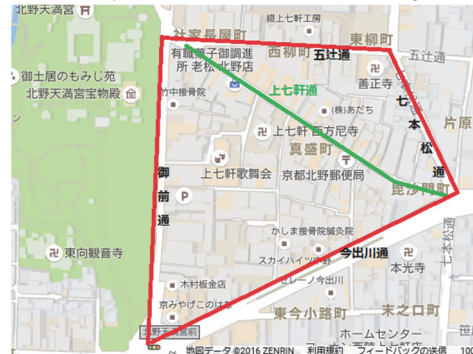


図2 対象地区（京都市上京区）

上七軒は、京都の五大花街の一つであり、その中でも最古の花街である。北野天満宮、千本釈迦堂とそれらの門前町として形成された歴史の古い市街地であり、歌舞練場や古い茶屋建築の町屋などが残っている。また、京都の特徴的なまちなみで路地や入り組んだ袋地が広がっている（図3）。京都の伝統産業を継承する地区でもあることから、上七軒通を中心とした周囲約9ヘクタールの範囲が、界わい景観地区として指定されている。景観保全を目的に、2013年に上七軒通の無電柱化が景観系の位置づけで行われている。



図3 上七軒通近辺の路地、狹隘道路
出典：著者撮影

(3) 前提条件の設定

シミュレーションを行う上での道路閉塞状況の前提条件を設定する。まず、対象地区となる上七軒通り周辺地区において、東側に南北に走る七本松通と南側を東西に走る今出川通は幅員が広く電柱の倒壊による影響が小さいと考えられる事や、アクセス道路が複数ある事から、道路閉塞状態にならないと仮定する。また、対象地区を囲う四方の道路（七本松通、今出川通、五辻通、御前通）へのアクセス道路は道路閉塞がなく消防車が到達可能であると仮定する。

次に地区内の消防車のアクセスについて、消防車の横幅は2.5m前後であるため、幅員が3m未満の道路でも通行可能な場合もあるが、対象地区における3m未満道路のほとんどは路地や狹隘道路であり幅員2m前後であったため、消防車は通行不可とした。

次に、電柱の倒壊については、揺れによって電柱自身が倒れるケースと、木造建物の倒壊によって電柱が倒れるケースがある。地区内の予想倒壊本数は、阪神・淡路大震災のデータを基に作成された内閣府「中部・近畿圏の内陸地震に係る被害想定手法について」に基づき、電柱の被害本数を計算した結果、本分析では8本の倒壊が発生すると仮定した。

次に、消火可能区間、消火困難区間を求めるには、電柱の倒壊位置を決める必要がある。本研究では、電柱倒壊によって道路閉塞がどこで発生するかを考慮し、最大の被害が出るケースを想定し、倒壊する電柱の位置を決める。最大の被害が出るのは、消防活動に支障を来す状況で、最も多くの消防水利が使用できない状況とした。また、シミュレーションで考慮する消防水利から消防ホースの到達できる距離については、140mとした。消防車に積まれているホースを繋ぐと総延長距離180mであり、それに屈折等を考慮した係数を掛け割り出したものである。合計距離から2割程度のロスがあることがわかっていることから係数を0.8に設定した⁽⁴⁾。

(4) 分析結果

① 無電柱化前の被害分析

地震の揺れによって倒壊する電柱が引き起こす道路閉塞を想定する場合の消火可能区間と消火困難区間を抽出する。ここでは、最大の被害となるシナリオを想定し、

電柱倒壊位置を検討する。

まず、消防車ネットワークを分析し、道路閉塞によって使用不可となる消防水利を抽出した結果、全部で21ある消防水利の内、11カ所の消火栓（0、1、4、5、6、7、8、11、12、15、16）と3カ所の防火水槽（0、1、2）は設定された条件下ではアクセスが可能であり、道路閉塞により使用不可にならない事がわかった。したがって、7つの消防水利（9、10、13（上七軒通）、2、14、3、17）の内より多くが使用できないケースが最大の被害となる。消防車ネットワークによる7つの消防水利へのアクセス分析を行い、最大被害が発生する8パターンを得た。これらの中で、無電柱化効果が異なる2パターンについて示す。パターン①は、図4に示す①～⑥の6カ所の道路区間で6～8本の電柱倒壊により道路閉塞となって、7つの消火栓が使用不可となり、最大被害を発生させる場合である。パターン②は、①～⑧の8カ所の道路区間で8本の電柱が倒壊し、最大被害を発生させる場合である。

これら7つの消火栓が使用不可となる最大被害パターンで、使用可能な消火栓から消防ホース140mが伸びる消防士ネットワークをシミュレートして消火可能区間を求めたところ、抽出した消火困難区間は1,114mであった（図5点線）。



図4 通行不可能と想定する区間

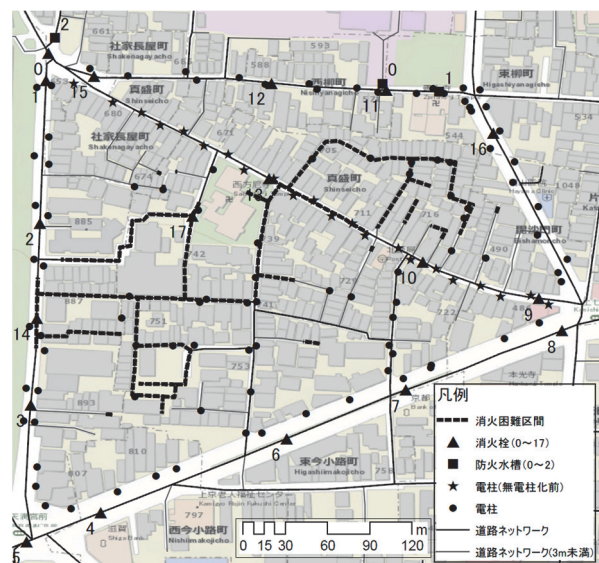


図5 最大被害時の消火困難区間

② 無電柱化後の効果分析

電柱倒壊を発生させる区間のうち、無電柱化により上七軒通の電柱の倒壊による道路閉塞が発生しなくなる。その結果、消防車ネットワークの通行できない区間が2区間減少する。消防車の到達できる消防水利については、パターン①では、一部区間で道路閉塞があるものの迂回することで全消火栓に到達可能となり、パターン②では消火栓2、3、14、17には到達できないままだが、消火栓9、10、3に到達可能となった。無電柱化後の消火困難区間はパターン①で119m（図6ダッシュ線）、パターン②で455m（図7ダッシュ線）となった。また、無電柱化効果は、無電柱化前の消火困難区間が1,114mであったことから、パターン①は995m（図6太線）、パターン②が659m（図7太線）となる。この効果の差は、パターン②が一部の消火栓において使用に関わるリンクで電柱倒壊し道路閉塞が発生する事から効果が小さくなるためである。

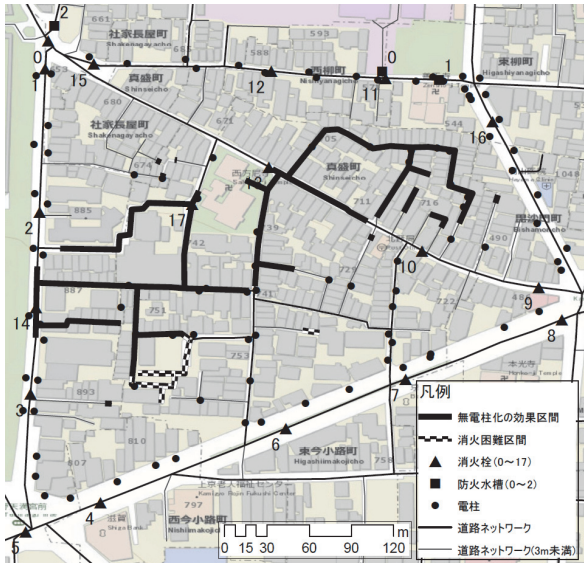


図6 無電柱化後の消火困難区間と効果区間（パターン①）



図7 無電柱化後の消火困難区間と効果区間（パターン②）

(5) 考察

無電柱化された上七軒通においては、電柱の倒壊による道路閉塞が発生しないため、対象地区内の防災性が向上する。特にその効果は、無電柱化された上七軒通りに接続している2つの狭隘道路で表れた。1つ目は、自動車

は通行できるが行き違いが困難な幅員の道路である。2つ目は、自動車の通行が困難な道路や、人の行き違いも困難な幅員の狭い路地、袋路小路である。自動車が通行できない道路に関しては、消火能力の高い消防水利が設置されていない。ゆえに、消防車が入れない路線は、近隣の140m以内のネットワーク上にあたる消防水利の数が限られている。そのため、1つの消火栓が使えなくなると、届くホースの数が限定され、またホースを到達させるための経路も限られているため、消火が困難となる可能性が高い。結果として、無電柱化により電柱倒壊の影響がなくなったことで、消防ホースが確実に到達するようになったことから、今回の分析では効果として表れたと考えられる。他方、幹線道路や比較的幅員が広い道路の周囲では効果が小さい。よって、火災に対して脆弱な細街路が多い密集市街地で効果が大きいことが明らかとなった。

5. おわりに

本研究では、無電柱化の防災効果を明らかにするために、上七軒地区を対象として分析を行った。分析の結果、他の要因がなければ、無電柱化された通りを災害時でも消防車が通行できるようになることから、使用できる可能性の高い消防水利が増加し、消火活動を円滑に行える効果がみとめられた。よって、無電柱化事業で防災への効果は、特に細街路において期待できる。京都市では、上七軒同様に入り組んだ道路や密集した木造建築物群等のまちなみが点在している。分析結果から、細街路が広がる地区周辺で消防水利のある路線を選定し無電柱化することでより効果が大きくなる可能性があると考えられる。

今回の分析では、地震災害時の電柱の倒壊について着目した。そのため、電柱倒壊以外の他の要因による消防車の通行障害について考慮できておらず、今後、検討の余地がある。また、通行障害が複数箇所複数回の要因で発生することも想定し、様々な要因を重ね合わせた消火の困難性についても今後の検討事項である。消防水利においても、既存のものを用いた際のみを考慮しているため、そのほかの消火方法についても探り、消火方法を複数考慮したデータ分析も検討していきたい。

脚注

- (1) 金沢市へのヒアリング調査による（2017年7月20日）
- (2) 西宮市へのヒアリング調査による（2017年6月23日）
- (3) 芦屋市へのヒアリング調査による（2017年6月23日）
- (4) 神戸市消防局 大津暢人氏へのヒアリング調査による（2016年11月11日）

参考文献

- 1) 神戸市「阪神・淡路大震災 被災状況及び復興への取り組み状況（2015年1月1日現在）」
- 2) 小澤盛生(2014)「東日本大震災と復興への取組 道路の防災性向上に向けて:無電柱化,道路の占用の禁止・制限」道路(875), pp.50-52,日本道路協会
- 3) 京都市「第3次地震被害想定」
- 4) 京都市「京都市細街路対策指針」
- 5) 国土交通省「地震等による電柱の倒壊状況」
- 6) 国土交通省「東日本大震災・阪神・淡路大震災時のライフラインへの被害状況」