

文化遺産周辺市街地における防災基盤整備による危険回避効果に関する研究*

-京都市清水産寧坂地区を対象として-

A Study on the effect of risk hedge by disaster mitigation maintenance in urban cultural heritage*

-Case in Kiyomizu-Sannenzaka-District in Kyoto-City-

岩口泰徳**・村橋正武***

By Yasunori IWAGUCHI **・Masatake MURAHASI ***

1. はじめに

日本文化の象徴でもある伝統的な木造建造物等の文化遺産は、地震や火災等の災害に対して脆弱である。また、絵画、障壁画、屏風絵、襖絵、仏像、彫刻、書籍等といった文化遺産については、一度焼失してしまうと修復ができないといった特徴を有する。京都市東山区の清水産寧坂地区周辺の市街地では、世界文化遺産である清水寺や産寧坂重要伝統的建造物群保存地区等、多くの文化遺産を有する。このため清水産寧坂地区周辺の市街地においては防災整備の必要性が強いと言える。

これらを背景に、現在清水産寧坂地区においては、京都市による電線類地中化事業の検討と、NPO 等による環境防災水利整備の事業化に向けた取組みの 2 点の防災基盤整備対策が進行中である。両防災基盤整備事業は、基本的に道路においてなされる事業で、同じ掘削作業を伴うことや費用面等から同時施工されることが望まれており、現在一体的整備に向け活動が活発化している。しかし、実際に先の両防災基盤整備事業が行われた後の防災効果については、定量的に把握されていない。防災効果を事前に把握することができれば、防災上の整備路線の優先度が決定でき、効果的に防災整備を推進する上での決定項目となることが考えられる。

そこで本研究では、文化遺産周辺市街地における被災特性を踏まえ、電線類地中化と環境防災水利の両防災基盤整備事業の防災効果を定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 防災基盤整備事業による防災効果

本研究で扱う電線類地中化事業と環境防災水利整備の両防災基盤整備事業の事業効果としては、災害時における減災効果をはじめ、集客効果・不動産価値効果・交通事故の抑制効果・建設系経済波及効果・地域住民等の満足度向上効果等、多岐に亘る。特に防災上の効果をみると、電線類地中化事業に関しては、地震時の道路閉塞危険回避効果等が挙げられ、環境防災水利整備に関しては、地震時の大規模火災時の焼失建築面積の減少等が考えられる。

(1) 電線類地中化事業の防災効果

地震時には、建物倒壊や電柱倒壊等により、道路が閉塞することが考えられる。そこで、電線類地中化事業によって、道路閉塞確率がどの程度改善されたのかを定量的に計測する手法を考察する。

a) 既往研究のリンク閉塞確率モデル式

阪神・淡路大震災において、道路閉塞の最も大きな原因は建物倒壊による瓦礫の流出であった。このため、既往研究¹⁾では、リンク閉塞確率を求める際、各沿道建物の倒壊確率を基に算定される。具体的には、「建物*i*によって道路が閉塞される確率*P_i*」は、「建物*i*が倒壊する確率(全壊率)」「瓦礫が道路側へ流出する確率*P_F*」「流出した瓦礫によって道路が閉塞される確率*P_B*」の 3 つの確率の積によって構成される。さらに*P_i*の余事象を、「建物*i*前の通過確率」とし、対象とする道路において各沿道建物の通過確率を積にしたものが、リンク通過確率となり、リンク通過確率の余事象がリンク閉塞確率となる。

$$(\text{リンク閉塞確率}) = 1 - \prod_{i \in \text{沿道建物}} (1 - P_i) \quad (1)$$

また、市街地のマクロ評価において、建物の全壊率は地区の全壊率と読み替えるため、以下の(2)式のようなになる。

*キーワード: 電線類地中化、環境防災水利、GIS

** 学生員、立命館大学大学院理工学研究科環境社会工学専攻

(滋賀県草津市野路東1-1-1、TEL077-566-1111、FAX077-561-3418)

*** フェロー、工博、立命館大学理工学部都市システム工学科

(滋賀県草津市野路東1-1-1、TEL077-566-1111、FAX077-561-3418)

$$(\text{リンク閉塞確率}) = 1 - (1 - \text{地区の全壊率} * PF * PB)^n \quad (2)$$

$$PF = \min \{1, 1.1753 * (\text{ネット建蔽率}) - 0.0514\} \quad (3)$$

$$PB = \exp(-(Wr - Wt)/a) \quad (4)$$

Wr : 道路幅員

Wt : ある移動主体が移動するのに必要な通行可能幅員

a : 平均瓦礫長

n : リンク当り棟数

本研究では、これらの既往研究¹⁾のリンク閉塞モデル式を援用し、新たに建物倒壊による電柱倒壊を考慮したリンク閉塞モデル式を考察する。

b) 電柱倒壊を考慮したリンク閉塞モデル式の考察

阪神・淡路大震災時においては、多くの電柱が折損し倒壊した。折損した電柱の82.2%²⁾が建物倒壊による2次の被害であり、建物倒壊によって発生した瓦礫によって、電柱倒壊を含んだ道路閉塞を誘発させることが考えられる。このため、倒壊建物に近接する電柱については、何らかの被害を受けるとする。被害を受けた電柱の折損割合は29.2%²⁾であるから、この値を流出した瓦礫によって折損する確率(被害を受ける電柱の折損確率 PC)とする。

地震により建物倒壊が発生し、道路側に流出した瓦礫により、電柱が折損し倒壊するイメージは図-1のようになると考える。電柱の高さは規格によって様々であるが、本研究では平均的な電柱の高さ L を12mと仮定した。倒壊する電柱の道路に対する向き θ が $0 \sim \pi$ の間で不規則であり、且つ倒れる向きの確率が一樣に同じであると仮定すると、道路側に流出する電柱の長さ $\sin \theta$ の平均(平均電柱流出長 e)は約7.60mとなる。

この電柱倒壊の考え方を基に、電柱倒壊を考慮したリンク閉塞モデル式を以下に示す。

$$(\text{リンク閉塞確率}) = 1 - (1 - \text{全壊率} * PF * PB)^{n-m*PC} * (1 - \text{全壊率} * PF * PE)^{m*PC} \quad (5)$$

$$PE = \exp(-(Wr - Wt)/e) \quad (6)$$

PE : 建物倒壊に付随して電柱倒壊が起こる条件での各建物前の道路閉塞確率

PC : 被害を受ける電柱の折損確率 ($PC = 0.29$)

e : 平均電柱流出長 ($e = 7.60$)

m : リンク当りの電柱に近接する棟数

c) 電線類地中化事業による道路閉塞確率の改善効果

上記の電柱倒壊を考慮したリンク閉塞確率モデル

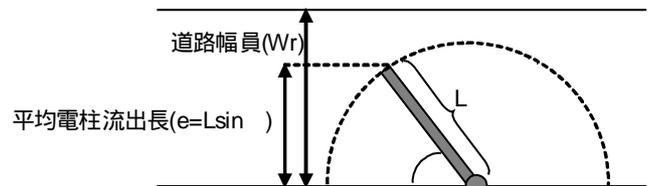


図-1 建物倒壊による電柱倒壊のイメージ
ル式を検証するため、京都市東山区清水産寧坂地区の京都市認定道路において、立命館大学21世紀COEプログラムの京都市市街地建物実態調査に基づくGISデータを用いて分析を行った。また、建物と電柱との距離が1m以内の電柱を、建物に近接する電柱とした。さらに各認定道路の沿道建物数等の指標を100mのリンクに換算し、100m当りの道路閉塞確率を算出した。また、ある主体が移動するのに必要な通行可能幅員 Wt は、本研究では0mとした。対象とする地震は、この地域において最も被害が甚大であると想定される花折断層による地震とした。

以上の条件のもとに道路閉塞確率を算出し、さらに電線類地中化事業前後の道路閉塞確率の差を取ったものを道路閉塞危険回避効果とし、図-2に示す。道路幅員が比較的広い条件のもとで、電柱に近接する沿道建物数が多く、沿道建物数も多い認定道路においては電線類地中化事業による道路閉塞危険回避効果が得やすいことが判明した。また、道路幅員が広く、且つ沿道建物数が少ない認定道路については、建物倒壊による道路閉塞確率が元々低いため、電線

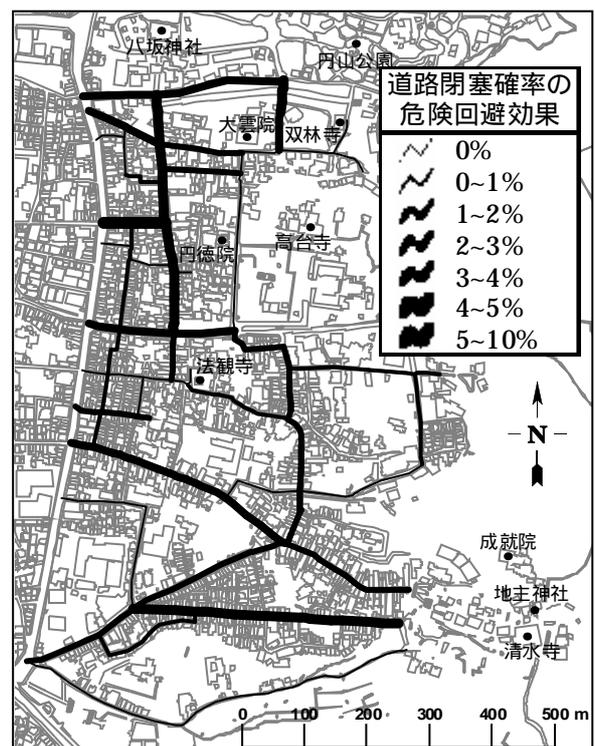


図-2 道路閉塞危険回避効果

類地中化事業による道路閉塞危険回避効果が得にくいと考えられた。また、道路閉塞危険回避効果は、研究対象地区の認定道路全体では平均で1.7%、最大で7.6%であった。

(2)環境防災水利整備の防災効果

地理的高低差に恵まれている清水産寧坂地区においては、山の中腹に貯水槽を設け、そこから導水管を文化遺産周辺市街地に張り巡らし、自然水頭差によって水を噴出させるシステム（重力式水供給システム）が提案されている。特に大規模火災時における延焼防止策に関しては、固定式街路散水設備を道路沿いに設け、重力式水供給システムによって得られた動力により、沿道建物に直接散水させることで延焼を食い止める方策を検討している。

a)道路を基準とした市街地の火災延焼危険性の考察

沿道建物数が多く、道路幅員が狭隘といった特徴を有する道路は、道路を跨いで延焼する危険性が高く、環境防災水利整備による延焼防止策の必要性が高い道路と言える。つまり、道路を基準とした延焼危険性を把握することで環境防災水利整備が必要であるラインを抽出できると言える。そこで既往研究¹⁾において提案されているCVFの概念を用い、道路を基準とした市街地の火災延焼危険性を考察する。

分析方法としてはまず、対象となる京都市の認定道路を抽出し、その認定道路の面積（図-3の灰色部）を抽出する。そして、周辺建物に対してCVFの概念である延焼限界距離の半分のバッファをとり、そのバッファで囲まれたエリアを延焼到達エリアと定義する。その延焼到達エリアと道路の面積が重なる部分（図-3の黒色部）を取る。そして、重なった部分の面積を道路面積で割ることで、道路における延焼危険度と定義した。

b)研究対象地区の道路における延焼被災特性

先のGISデータを用い、研究対象地区内の京都市認定道路について同様の計測を各認定道路について行った。延焼危険度の計測結果を図-4に示す。この結果より、清水坂、産寧坂、二年坂、茶わん坂といった観光地において延焼危険度が高いことが分かる。つまりこれらの道路においては、沿道建物が延焼限界距離の長い木造建物であり、かつ道路幅員も狭小であることが数値上でも把握できた。

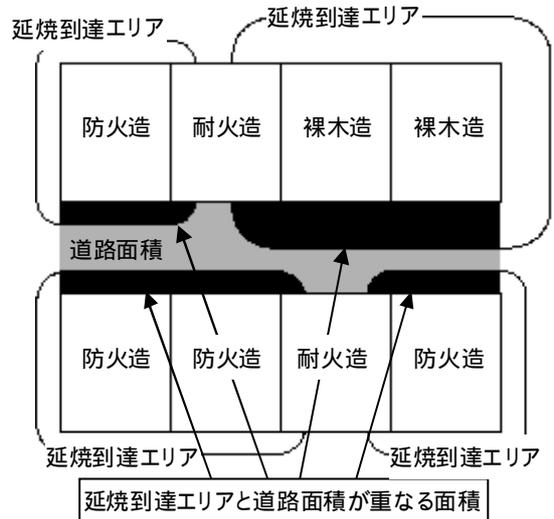


図-3 延焼到達エリアと道路面積

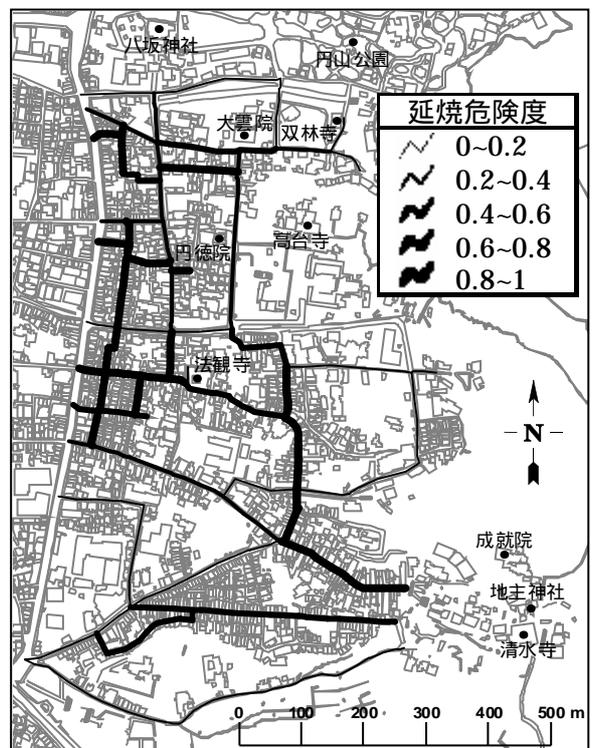


図-4 道路における延焼危険度

c)研究対象地区における平均焼失建築面積

環境防災水利整備の散水設備を設けることによって得られる効果としては、延焼到達エリアが分割されることによる大規模火災における焼失建築面積の減少が考えられる。1つの火災が発生し、降水や消火活動等の延焼抑制要因がなく延焼してしまった場合において、焼失する建築面積の平均は、既往研究¹⁾より以下の式によって求めることができる。

$$\text{平均焼失建築面積} = \frac{\sum_{j=1}^I t_j * A_j}{\sum_{j=1}^I t_j} \quad (7)$$

A_j : 延焼到達エリア内の建築面積の合計

t_j : 延焼到達エリア内に存在する建築物の数

l : 延焼到達エリアの総数

研究対象地区全体の市街地の平均焼失建築面積は、現状の市街地では 20831.1 m^2 となった。つまり、1 つの火災によって降水や消火活動等の延焼抑制要因がなく、延焼してしまった場合、平均 2ha 以上の建築面積が焼失する結果となった。

3. 防災基盤整備事業の事業効果が高い道路の抽出

認定道路の全てに環境防災水利整備の散水設備を設けるには莫大な費用が必要となる。また、電線類地中化事業も高額な費用を要する。そこで、環境防災水利事業と電線類地中化事業を組み合わせた防災基盤整備事業の事業効果が高い道路を抽出し、この路線を対象に重点整備を図ることが効率的である。

(1) 防災基盤整備重要道路の抽出

図-2の道路閉塞危険回避効果が高い認定道路は、電線類地中化事業による防災効果が高い道路である。また、図-4の延焼危険度が高い認定道路は、環境防災水利整備の散水設備により高い防災効果が期待できる認定道路である。そこでこの2変数を各認定道路について基準化しクロス集計をした。道路閉塞危険回避効果と道路の延焼危険度がともに平均よりも大きな第1象限については、防災の観点から、電線類地中化事業と環境防災水利整備の必要性が相対的に高い象限である。これら防災基盤整備の必要性が高い第1象限に含まれる認定道路を防災基盤整備重要道路として抽出し、図-5に示す。

(2) 防災基盤整備重要道路の防災効果分析

抽出した防災基盤整備重要道路について、両整備を図った場合における防災効果は、道路閉塞確率は事業前より平均で3.37%危険回避でき、環境防災水利整備により平均焼失面積は現状の20831.1 m^2 より43.6%減少し、11753.0 m^2 となった。

4. おわりに

本研究では、文化遺産とその周辺市街地を守るた

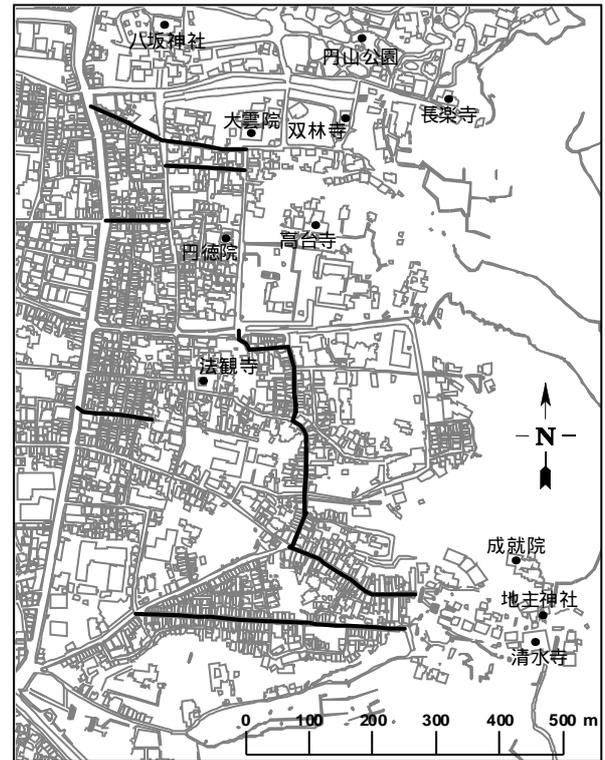


図-5 防災基盤整備重要道路

めの防災基盤整備事業について、防災基盤整備事業として電線類地中化事業と環境防災水利整備を例に、防災の視点から事業効果を定量的に把握することを試みた。具体的には、電線類地中化事業については道路閉塞危険回避効果として道路閉塞確率の減少を把握し、環境防災水利整備については延焼危険回避効果として焼失建築面積の減少を把握した。

しかし、本研究で用いた指標は阪神・淡路大震災を基にした指標に基づいており、木造家屋が連なる京都等においては阪神・淡路大震災の事例とは異なると考えられる。このため、今後は京都等の歴史的市街地における都市構造に適した指標を整備する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：「総合技術開発プロジェクト報告書 まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発」2003.3
- 2) 資源エネルギー庁：「地震に強い電気設備のために 電気設備防災対策検討会報告（耐震性関係）」1996.4
- 3) 土岐憲三：「地震火災から木造都市を守る環境防災水利に関する研究開発」国土交通省平成13年度建設技術研究開発費補助金研究報告書, 2002.3