歴史都市の市街地条件と延焼特性に関する研究

KDDI 株式会社　正会員　○國見剛士
立命館大学　フェロー会員　村橋正武
立命館大学　正会員　塚井誠人

１．はじめに

大地震に伴う同時多発型火災の延焼から京都の文化遺産を守るため、市街地や文化遺産の延焼危険度を把握することが注目されている。そのため、市街地評価手法や延焼シミュレーション等が開発されているが、市街地の延焼特性を簡便かつ的確に把握できる手法は未だ構築されていない。そこで本研究では、既往の市街地評価手法の CVF の考え方を基に、比較的入手が簡単なデータを用いて個々の建物から広範囲な市街地までさまざまな評価対象の延焼特性を把握できる手法の提案を試みる。

２．延焼特性評価手法の提案

本研究で提案する延焼特性評価手法で重要な概念となる「延焼クラスタ」を定義する。延焼クラスタは、個々の建物から延焼限界距離の半分のバッファを発生させ、互いに重なる範囲をまとめて延焼クラスタと定義する。つまり、延焼限界距離を用いて連担する建物を塊として市街地を捉えたものである。ここで用いる延焼限界距離は、既往の研究成果を基に出火後の時間、建物構造、建物規模、階数に応じた延焼限界距離である。次に、「延焼クラスタの出火確率」を定義する。建物の出火が 2 項分布に従う空間では延焼クラスタの出火確率は建物の出火確率で示される。これを実際の市街地で適用させるために、延焼クラスタ内の n 地点のうち x 地点が出火する確率が 2 項分布に従う基本出火単位を設定する。「同一の大きさと出火確率を有するバッファ」が重ならずに延焼クラスタを埋め尽くした場合、バッファの出火確率は独立かつランダムであり、バッファ n 地点のうち x 地点が出火する確率は 2 項分布に従う。この「同一の大きさと出火確率を有するバッファ」を基本出火単位とする。基本出火単位の出火確率は基本出火単位内の出火点の関数として求めることができる。一つの基本出火単位内に存在する出火点の期待値は式(1)で示される。

$$n_i' = \frac{n_i}{A_i} \times \overline{A_b} \qquad -(1)$$

ここで、n_i' は延焼クラスタ i 内の基本出火単位内の出火点の期待値、n_i は延焼クラスタ i 内の総建物数、A_i は延焼クラスタ i の面積、$\overline{A_b}$ は延焼クラスタ i 内の基本出火単位の面積である。基本出火単位内の出火点の出火確率はランダムかつ独立であり、出火点 n 地点のうち x 地点が出火する確率は 2 項分布に従う。よって、式(2)が成立する。

$$P'(x) = {}_nC_x p^x (1-p)^{n-x} \qquad -(2)$$

ここで、$P'(x)$ は基本出火単位内の出火点 n 地点のうち x 地点が出火する確率、p は 1 箇所の出火点が出火する確率である。これより、延焼クラスタ i 内の基本出火単位内で 1 箇所以上の出火が起こる確率は式(3)で算出される。

$$q_i = 1 - {}_{n_i'}C_0 p^0 (1-p)^{n_i'-0} = 1-(1-p)^{n_i'} \qquad -(3)$$

ここで、q_i は延焼クラスタ i 内の基本出火単位内の 1 箇所以上出火する確率、p は 1 箇所の出火点が出火する確率、n_i' は延焼クラスタ i 内の基本出火単位内の出火点数である。建物の出火が 2 項分布に従う空間では延焼クラスタの出火確率は建物の出火確率で示されるのと同様に、基本出火単位の出火確率が 2 項分布に従うため、延焼クラスタの出火確率は基本出火単位の出火確率 q_i で示すことができる。

延焼特性評価手法は、延焼クラスタ毎の面積と出火確率に基づいて期待焼失面積を算出し評価する。出火確率を用いることで同じ面積の延焼クラスタでも建物密度の高い延焼クラスタの方が期待焼失面積が高いと判定できる。延焼クラスタの期待焼失面積は式(4)で示される。

$$E_i = A_i q_i \qquad -(4)$$

ここで、E_i は延焼クラスタ i の期待焼失面積、A_i は延焼クラスタ i の面積、q_i は延焼クラスタ i の基本出火単位の出火確率である。

３．市街地と文化遺産の延焼特性の把握

市街地の延焼特性は、市街地 l に重なる延焼クラスタの面積によって、延焼クラスタの期待焼失面積を加重平均することで市街地 l が持つ期待焼失面積を示す。市

キーワード　文化遺産，延焼，GIS，防災対策，市街地評価手法
連絡先　〒525-8577　滋賀県草津市野路東 1-1-1　都市開発システム研究室　ＴＥＬ077-566-1111

街地の期待焼失面積は式(5)で示される。

$$E_l = \frac{\sum^{i} a_{il} E_i}{A_l} \qquad -(5)$$

ここで、E_l は市街地 l の期待焼失面積、a_{il} は市街地 l と延焼クラスタ i が重なる面積、E_i は延焼クラスタ i の期待焼失面積、A_l は市街地 l の面積を表す。

文化遺産の延焼特性評価では、市街地の延焼特性評価を評価対象領域に重なる延焼クラスタの期待焼失面積で表したのと同様の考え方で評価する。つまり、文化遺産の延焼危険度は文化遺産を含む延焼クラスタの期待焼失面積として式(6)で示すことができる。

$$R_m = E_i \qquad -(6)$$

ここで、R_m は文化遺産 m の延焼危険度、E_i は文化遺産 m を含む延焼クラスタ i の期待焼失面積である。

研究対象地域である京都市上京区(一部、北区・中京区）と東山区(一部、左京区)の町丁目の出火後 10 分、30 分、60 分、60 分以上の 4 時点について延焼特性を評価した。図 1 に上京区の出火後 60 分以上の期待焼失面積を、図 2 に東山区の出火後 60 分以上の期待焼失面積を示す。東山区に比べて上京区の危険度が高いこと、特に上京区の堀川通西側の市街地の危険度が高いことがわかる。次に上京区、東山区に位置する国宝に指定されている木造建造物の文化遺産に対して延焼特性を評価した。図 3 に 4 時点の文化遺産の延焼危険度を示す。大報恩寺と北野天満宮の文化遺産の出火後 60 分以上の延焼危険度が高いことがわかる。一方、出火後 60 分以上でも南禅寺、知恩院、妙法院の延焼危険度はほとんど上がらない。これらの文化遺産の周辺には大きな空地が設けられており、文化遺産が大きな延焼クラスタに含まれないため、延焼危険度が極めて低い。つまり、文化遺産周辺の境内等の空地が十分な延焼遮断効果を持つ空地であることがわかる。

４．おわりに

本研究では、個々の建物から市街地まで任意の対象について延焼特性を評価できる評価手法を提案した。今後は延焼特性評価手法を用いた防災対策の評価を行う。

参考文献

1) 国土交通省(2003)、「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・対策技術の開発報告書」
2) 浜田稔他(1956)、「建築学体系 21　建築防火論」、彰国社
3) 堀内三郎(1972)、「建築防火」、朝倉書店

図 1　出火後 60 分以上の期待焼失面積(上京区)

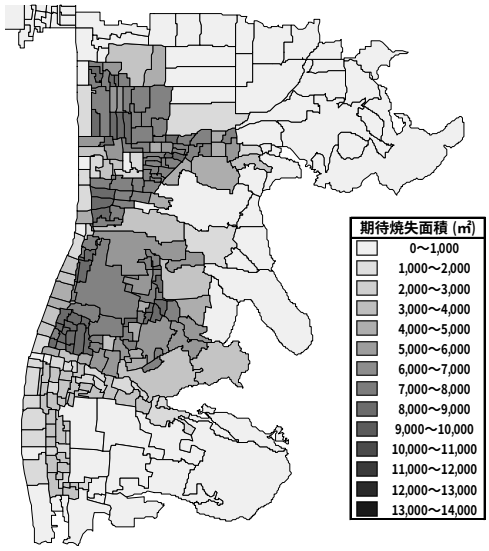

図 2　出火後 60 分以上の期待焼失面積(東山区)

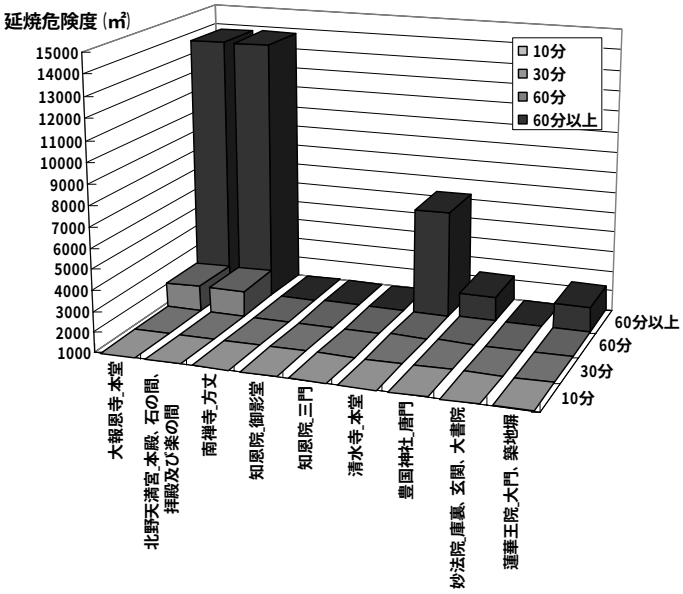

図 3　4 時点の文化遺産の延焼危険度