

## 歴史都市における市街地防火性能評価シミュレーション手法の開発

(株) 日立システムバリュー 正会員 川崎飛鳥  
 広島大学大学院工学研究科 正会員 ○塚井誠人

## 1. はじめに

阪神淡路大震災で見られたような大規模同時多発型火災に対して、木造建造物の多い京都では、市街地更新事業の実施が検討されている。市街地の更新は、防火性能を高める上で効果的な整備案に基づいて行う必要がある。しかし、これまでに開発された延焼シミュレーションでは、現況または所与の防火帯配置の下で市街地延焼危険性を評価することは可能であっても、より効果的な防火帯配置案を示すことは難しかった。

本研究では、先行研究において提示された市街地防火性能評価手法に改良を加えたシミュレーション分析により、効果的な防火帯配置シミュレーション法について考察する。

## 2. 先行研究における市街地防火性能評価手法

国見は、既往の市街地評価手法では考慮されていなかった火災の発生確率と延焼規模の両方の危険性を考慮した市街地防火性能評価手法を提案した<sup>1)</sup>。以下、国見の手法の概略を示す。

既往の研究に基づいて、出火後の時点 $t$ における延焼限界距離 $d$ を、建物構造別、建物規模別に算出する。双方の建物から出火した場合に延焼が起こる状態を想定して、市街地の各建物のポリゴン外縁から距離 $(1/2)d$ のバッファを発生させ、それらのバッファの空間和として延焼クラスタを求める。以上の手順で発生させた延焼クラスタは、出火する可能性のある全ての建物から同時に出火した場合の最大延焼領域を表している。しかし、実際の市街地火災では全出火建物から同時に出火するわけではない。延焼クラスタの中の任意の1つの建物から出火する場合、その延焼範囲は建物ポリゴン外縁から距離 $d$ の範囲である。ここで計算を簡略化するため、各延焼クラスタについて平均的な延焼限界距離 $\bar{d}$ と建物規模 $\bar{a}$ を求めその延焼範囲の面積を $\bar{A}$ とする。以下 $\bar{d}$ 、 $\bar{a}$ によって形成される領域をその延焼クラスタの基本

出火領域と呼ぶ。ここで延焼クラスタは、各建物外縁から距離 $d/2$ のバッファの空間和であることに注意すると、基本出火領域内には必ず1つ以上の出火建物が含まれる。また定義より、基本出火領域は、延焼クラスタ内の任意の建物から出火した際の出火後時点 $t$ における最大延焼範囲である。すなわち、基本出火領域を延焼クラスタ内の単位出火事象に対する最大延焼範囲とみなせば、延焼クラスタの面積と単位出火事象の発生確率より、延焼クラスタの延焼危険度が評価できる。単位出火事象の発生確率は、基本出火領域内の出火建物 $n'$ が1つ以上出火する確率 $g$ に等しい。以上の考察より、延焼クラスタ $i$ の期待焼失面積 $E_i$ を、延焼クラスタ面積と基本出火領域の出火確率の積として求める。

## 3. 市街地防火性能評価手法の提案

国見の市街地防火性能評価手法に改良を加え、不燃化建物による延焼遮断帯の形成による防火性能の効果を把握する。なお延焼遮断帯の効果は、前後の、市街地の期待焼失面積の差で表す。以下に延焼クラスタの計算案件をまとめる。

延焼限界距離は風速の影響を加味して算出する。建物構造は木造と非木造の2種類であり、非木造は不燃建物と考えてその延焼限界距離 $d$ を0とみなす。

市街地防火性能評価シミュレーションに基づいて設定する不燃化建物配置案の防火効果と比較するために、各案の不燃化面積と同等の面積の建物を不燃化する案を、建物別の危険度順に設定した場合の対象地区の期待焼失面積 $E_i'$ を求める。これを対照案と呼ぶ。また、防火効果と不燃化建物総面積の比 $r_i$ 、すなわち単位不燃化建物面積あたりの防火効果 $\theta$ を算出する。 $E_i'$ 、 $r_i$ は以下の式(1)、(2)より求める。

$$E_i' = A_i' \times q_i' \quad (1)$$

$$r_i = \Delta \Sigma / u_i \quad (2)$$

( $\Delta \Sigma$ : 防火効果  $\Sigma u_i$ : 不燃化建物総面積)

#### 4. 市街地防火性能評価シミュレーション手法の適用

対象地区は、立命館大学歴史都市 COE の対象地区の中から京都市上京区の中から選定した。対象建物数を表 1 に示す。

表 1 対象地区の建物数

|       |      |
|-------|------|
| 可燃建物数 | 2866 |
| 不燃建物数 | 828  |
| 総建物数  | 3694 |

國見の防火性能評価シミュレーション手法により、各時点の延焼クラスタの経時変化を把握すると、30 分時の最大クラスタが対象地区の面積 80% を占めていることが分かった。このときの延焼クラスタを図 1 に示す。

以下、市街地全域に占める最大延焼クラスタの割合が 80% を超える 30 分時を対象に、延焼遮断帯を形成する不燃化建物配置シミュレーションを行う。

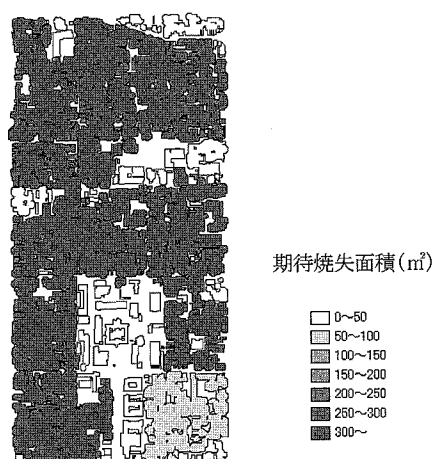


図 1 30 分延焼クラスタ

不燃化案は、図 1 に示す 30 分延焼クラスタにおいて、個々の建物の延焼危険度  $e_i'$  に基づいて設定した。

$$e_i' = b_i (1 - (1 - p)^{n_i}) \quad (3)$$

ただし  $b_i$  は建物  $i$  のバッファ面積、 $n_i$  は建物  $i$  のバッファ内の可燃建物数である。不燃化建物の配置案は、より少ない不燃化面積によって延焼を遮断し、対象市街地全体の期待焼失面積を下げられるように、a~d の 4 つの案を設定した。シミュレーションの対象は、a~d の不燃化建物配置案と、それら全ての組み合わせを含む 15 の案である。これら 15 の案を適用した結果を表 2 に、また、 $e_i'$  の高い順に a~d の各案と同

表 2 延焼遮断帯による防火効果

|        | 期待焼失面積<br>$\Sigma E_i$ | 防火効果<br>$r_j, u_j$ | 個別案の<br>効果の和<br>$\Sigma r_j$ |
|--------|------------------------|--------------------|------------------------------|
| 案 a    | 1177.63                | 4.67               |                              |
| 案 b    | 1177.76                | 4.54               |                              |
| 案 c    | 1179.93                | 2.37               |                              |
| 案 d    | 1180.75                | 1.55               |                              |
| 案 ab   | 1173.13                | 9.17               | 9.21                         |
| 案 ac   | 1175.30                | 7.00               | 7.04                         |
| 案 ad   | 1176.12                | 6.18               | 6.22                         |
| 案 bc   | 1175.44                | 6.86               | 6.91                         |
| 案 bd   | 1176.26                | 6.04               | 6.09                         |
| 案 cd   | 1178.43                | 3.87               | 3.92                         |
| 案 abc  | 1170.81                | 11.48              | 11.58                        |
| 案 abd  | 1171.63                | 10.67              | 10.76                        |
| 案 acd  | 1173.79                | 8.51               | 8.59                         |
| 案 bcd  | 1173.93                | 8.37               | 8.46                         |
| 案 abcd | 1169.30                | 13.00              | 13.13                        |

表 3 個別建物危険度に基づく対照案の防火効果

|         | 期待焼失面積<br>$\Sigma E_i$ | 防火効果<br>$r_j', u_j'$ | 個別案の<br>効果の和<br>$\Sigma r_j'$ |
|---------|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 案 a'    | 1180.12                | 2.18                 |                               |
| 案 b'    | 1179.76                | 2.54                 |                               |
| 案 c'    | 1180.96                | 1.34                 |                               |
| 案 d'    | 1181.40                | 0.90                 |                               |
| 案 ab'   | 1177.67                | 4.63                 | 4.72                          |
| 案 ac'   | 1179.20                | 3.10                 | 3.52                          |
| 案 ad'   | 1179.57                | 2.73                 | 3.08                          |
| 案 bc'   | 1178.87                | 3.43                 | 3.88                          |
| 案 bd'   | 1179.23                | 3.07                 | 3.44                          |
| 案 cd'   | 1180.52                | 1.78                 | 2.24                          |
| 案 abc'  | 1176.71                | 5.59                 | 6.06                          |
| 案 abd'  | 1177.02                | 5.28                 | 5.62                          |
| 案 acd'  | 1178.43                | 3.87                 | 4.42                          |
| 案 bcd'  | 1178.31                | 3.99                 | 4.78                          |
| 案 abcd' | 1175.87                | 6.43                 | 6.96                          |

等の不燃化面積となるように不燃化建物を選定した対照案の結果を表 3 に示す。ここで、案 a' は案 a の対照案を、案 ab は案 a と案 b の組み合わせ案を表す。

表 2 と表 3 の防火効果を比較すると、延焼遮断帯を形成するように不燃化建物を配置した案の防火効果の方が、建物危険度順に不燃化建物を配置した案よりも防火効果が大きいことが分かる。すなわち、周辺にある不燃化建物や道路・立地などと連担することによって延焼が遮断できる地点に、不燃化対策事業を集中させる方がよいことが分かる。

さらに、組み合わせ案の防火効果と単独案の防火効果の和を比較すると、組み合わせ案の防火効果が単独の防火効果の和よりも低くなっている。つまり、不燃化建物を増やすほど、単位面積当たりの防火効果が下がるということが読み取れる。

#### 5. おわりに

4 の分析からは、不燃化建物配置を適切に組み合わせることによる相乗的な防火効果の向上は見られなかった。しかしこれは、設定した案の数が少なかったためと考えられる。より多くの不燃化建物配置案を検討することによって、比較的少ない不燃化建物面積であっても、相対的に高い防火効果が得られる不燃化建物配置案を求めることができると考えられる。したがって今後は、より多くの不燃化建物配置案から市街地の期待焼失面積を最小化する防火建物配置案を求めることができるシミュレーション手法の開発が必要である。

#### 参考文献

- 1) 國見剛士：歴史都市の市街地条件と延焼特性に関する研究、立命館大学修士論文、2005