

火災延焼シミュレータを用いた防火樹木整備による防災まちづくり支援*

Disaster prevention town planning by the fire prevention trees maintenance using the fire-risk simulator*

二神 透**・木俣 昇***・末廣文一****・寺田一雄*****

By Tohru FUTAGAMI**・Noboru KIMATA***・Fumikazu SUEHIRO****・Kazuo TERADA*****

1. はじめに

木造密集家屋が連担するわが国の都市は、大震時の二次災害として、同時多発火災の発生が指摘されている。特に、気象条件といった悪条件が重なれば、延焼速度が避難速度を上回るため、甚大な人的被害となる可能性が高い。地震火災から人命を守るためには、燃えにくい街づくりを推進するとともに、火災の延焼から安全に避難することに尽きる。

都市の難燃性の観点より、防火樹木の効果は面的な焼け止まり効果のみならず、阪神淡路大震災では、ポケットパークのような小さなオープンスペースと樹木による防火効果、あるいは、一本の樹木と言った点としての効果が認められている。阪神淡路大震災の後、木造密集市街地の地震火災対策を推進するために、密集市街地における防災街区の整備に関する法律が制定されたが、面的な整備には種々の制約や、住民の合意形成の問題など、進捗が滞っているのが現状である。

一方、松山市のような地方都市においても、想定される地震シナリオによれば、震度6強の揺れとなることが予想され、市内だけで、同時多発火災による1万棟を越える建物の焼失被害算定結果が報告されている。これらの情報は、最終的な焼失区域といったハザードマップとして公開されているが、分析手法に500m四方のメッシュマップを用いている点と静的な情報であるため、どこがどのように危険であるかを住民に十分伝達することができないといった問題点を持つ。この問題に対して、著者らは、建物間の延焼動態を提示可能な地震火災シミュレータを開発し、動的なハザード情報を提供可能とするとともに、面的な都市計画の評価や、車両火災と言った火災リスクの評価を試みている^{1),2)}。

*キーワード：防災計画、地震火災リスク・シミュレータ、計画情報、シナリオ・シミュレーション

**正員、学博、愛媛大学総合情報メディアセンター
(愛媛県松山市文京町3、
TEL089-927-9837、FAX089-927-9837)

***正員、工博、金沢大学大学院自然科学研究科
土木建設工学科

****,***** 学生員 愛媛大学工学部環境建設工学科

本稿では、松山市を対象として、地震火災シミュレータを用いて、同時多発火災に対して脆弱な地域を抽出し、防火樹木を配置した場合の避難場所の火災熱リスクの評価を行うとともに、街づくり・避難計画のための情報システムとしての有効性について検討を行う。

2. 愛媛県の地震火災被害想定

愛媛県は、2002年3月に、今後県内に影響を与える5つの想定地震の報告書を公開した。それらの地震は、想定地震1：川上・小松断層が活動して発生する地震

想定地震2：石鎚 - 池田・三野断層が活動して発生する地震

想定地震3：伊予断層が活動して発生する地震

想定地震4：伊予灘沖海底活断層が活動して発生する地震

想定地震5：安政南海地震(1854)

である。この5つの想定地震の中で、最も松山市に火災被害が予測されているのが、図-1³⁾に示す想定地震1：の川上・小松断層セグメントが活動して発生する地震で、松山市、西条市・新居浜市を中心に震度6強の揺れが予想されている。この地震が、冬の夕刻6時に発生すると、焼失家屋は、松山市で、10,403棟、県全体で、11,362棟と予測され、人口・建物が集積する松山市に92%近くの被害が集中することが分かる。

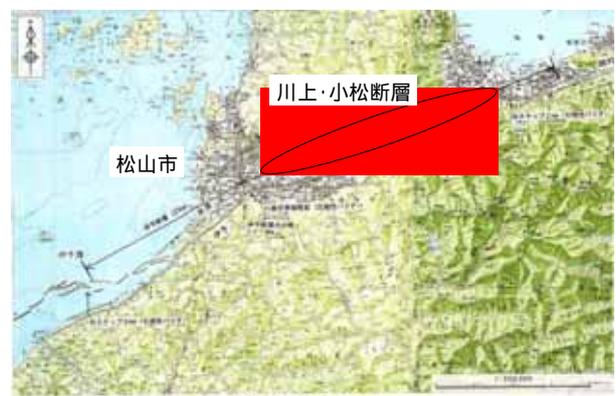


図-1 想定地震1(川上・小松断層セグメント)

図 - 2は、報告書に記されている、県内中部の地震火災被害による焼失区域の分布図である。500m正方メッシュを用いて、メッシュ内の焼失戸数を水色から赤色で分別している。この図より、図右上の今治市で、最大50～100棟焼失区域が分布している。一方、松山市では、市街地南東地域で、200～500棟焼失する赤色のメッシュが分布している様子が分かる。これらの情報は、愛媛県のホームページ³⁾上で公開されており、住民に対するハザードマップとして防災意識の啓蒙を目的としている。しかし、この一枚のハザードマップから得られる情報は、県内のどの都市のどの部分が地震火災に対して脆弱であると言った漠然とした危険性の提示に留まっている。地震時に、公助・共助・自助といった、行政・地域・住民が相互に減災を目的として有機的に協力するためには、どの地域が、どのように危険であり、どのような具体的な対策を行えば、地域が安全なのかといった情報提供可能な具体的なツールが必要であると考えている。そこで、著者らが開発を行っている、地震時の火災延焼シミュレータを援用することにより、地域が一体となった減災という共通認識の涵養が可能となると考えている。

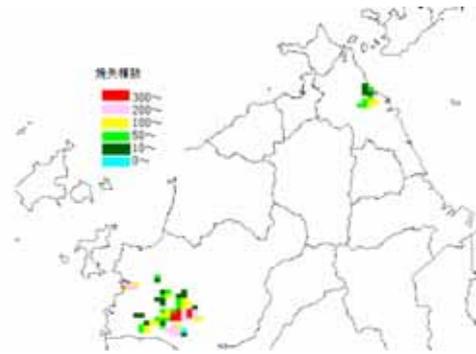


図 - 2 焼失区域の分布

3. 火災延焼シミュレータの概要

(1) 火災危険分析システム

著者らは、大震時の火災延焼シミュレータを開発し、都市の耐火性の評価、防災緑地の延焼遮断効果、炎上車両の火災リスクの分析を行っている。本稿では、50m四方のメッシュデータを用いて松山市の火災リスク分析を行い、危険地域を抽出し、建物の種別形状と言った詳細データを採取し、ポリゴン単位のシミュレーションを実施し、一次避難場所の火災リスクを算定する。そして、

最後に、防火樹木の配置を想定した火災リスクの低減効果について言及する。図 - 3に、分析のフローを示す。まず、愛媛県の地震火災被害想定ハザードマップを参考に松山市中心市街地を対象として、4km四方の地域に50m四方のメッシュマップによる都市構造データを採取する。つぎに、松山市の卓越風である西風を風向とし、風速を3m/secで設定した。出火点は、地震動と地盤と木造建物の密集度を考慮して確率的に設定している。そのため、シミュレーションを200回繰り返して、焼失面積の期待値の大きな地区を抽出する。その結果、松山市中村の延焼危険性が高いことが判明した。

(2) ミクロ火災延焼シミュレータ

図 - 3の右部分は、マイクロシミュレータによる、地区の詳細火災危険分析フローを表している。このシミュレータを用いることにより、任意の建物からの出火や、気象条件を与えることが出来る。例えば、地区内に設置された一次避難場所の火災リスクを評価するためには、最も火災の形状が避難場所に現れる条件下で出火点を想

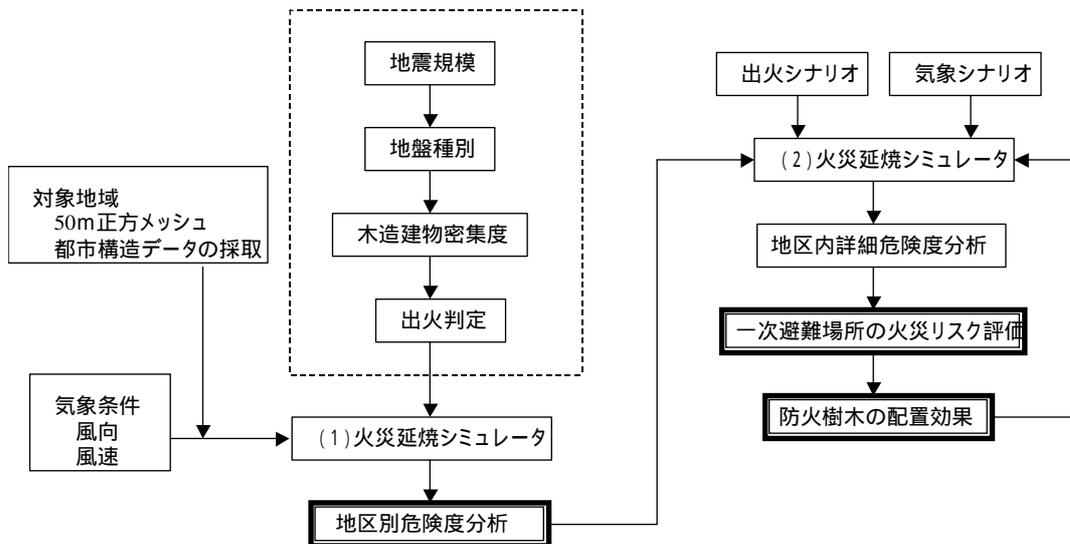


図 - 3 シミュレータによる火災危険分析と避難場所の評価フロー

定すればよい。この結果得られた受熱面からの輻射熱・対流熱を計算すればよい。以下、算定式について説明する。

風速を U (m/sec)とすると、火炎傾き(°)は、(1)式で算定できる。

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{2}{U} \right)^{0.2} \quad (1)$$

つぎに、建物火炎高さ Hs (m)は、(2)式において同時延焼奥行きを Ds 、市街地係数を a とする。

$$n = 0.0133 \cdot (Ds - 10) \cdot (a - 0.1) + 3.98 / (Ds^{0.6}) \quad (2)$$

$$Hs = 4.7 \cdot n \cdot \left(\frac{10^3}{U} \right)^{0.2} \quad (3)$$

ただし、 U : 風速(m/sec) ($U > 2$)

建物火炎輻射熱量 Rs (kcal/m²・h)は、 $f_i(x)$ に対する火炎面の平均輝面率 Ec を式(5)のように定義すると、建物火炎輻射発散強度 Rs (kcal/m²・h)、火炎面から受熱点の間の形態係数 $f_i(x)$ 、遮蔽物の平均透過率 e_i 、建物火炎輻射発散強度 Es (kcal/m²・h)として、

$$e_i = 1 - \frac{h'_i + h'_{i+1}}{2} \cdot \frac{1}{Hs} \quad (4)$$

$$Rs = Es \cdot \sum_{i=1}^n \{ \tau_i \cdot e_i \cdot f_i(x) \} \quad (5)$$

建物火炎による気流熱 T_{as} (°C)は同時延焼奥行き Ds (m)、市街地係数を a として

$$T_{as} = 209 \cdot a \cdot \frac{Ds \cdot U}{X} \cdot \left(\frac{1}{X + Ds/2} \right)^{0.8} \quad (6)$$

$$T = Rs/20 + T_{as} + 20 \quad (7)$$

と表され、建物火炎による受熱点の温度 T (°C)は、

$$T = Rs/20 + T_{as} + 20 \quad (8)$$

で算定できる。

3. シミュレータの適用事例と考察

図5は、松山市のシンボルである松山城を中心とする4km四方の地域である。この地域に50m四方のメッシュを掛け、都市構造データを採取し、風速を卓越風で

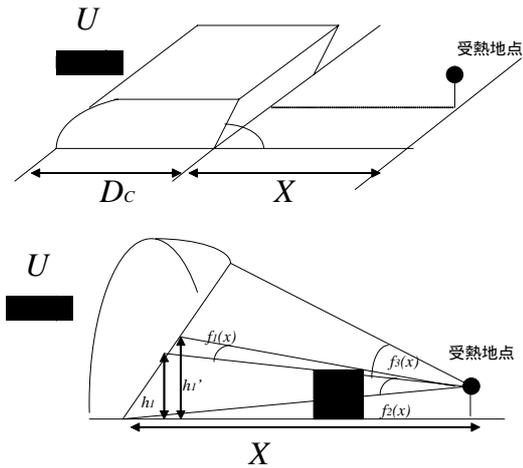


図 - 4 受熱点の熱量計算モデル



図 - 5 分析対象地域

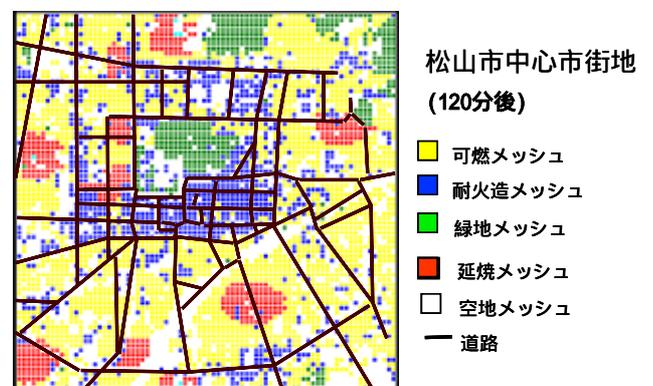


図 - 6 シミュレータによる地震火災分析

ある西風、風速 3 m/secを与え、地震火災延焼のシミュレーションを実施した。図 - 6は、その一例であり、10箇所から火災が発生し、3時間後の延焼拡大している様子を表している。この図より、松山市城南側の地域は木造建物が連担し、火災危険性が高いことが分かる。これらの分析結果を元に、図 - 7に示す松山市中村地区の詳細データを採取し、マイクロシミュレータによる一次避難場所の火災リスクの算定を行った。

はじめに、出火点を任意に与え、避難場所が最も火災リスクが高くなる焼失パターンを抽出した。図 - 7は、避難場所南側の木造建物からそれぞれ出火点を想定し、北向きの風、風速 2 m/secの2時間後の延焼図である。図中、市の一次避難場所に指定されている、上側の公園と、下側の保育園のグランド周辺の木造建物が延焼している様子分かる。これらの火災面からの火災熱リスクの算定を行った。紙面の制約上、保育園のグランドを対象とした計算結果を示す、図 - 8に示すように、防火樹木なしでは、グランド奥の受熱点の熱量が $2,824(\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h})$ となり、人体への安全の目安となる $2,050(\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h})$ を越えているため、避難場所としては利用できない。一方、グランド南側に、遮蔽率50%の防火樹木を配置すると、グランド北側から10m程度の領域が、安全となる計算結果となった。

4. おわりに

本稿では、愛媛県が想定する地震による火災リスクをできるだけ分かりやすく提示することを目的として、動的なシミュレータを活用することにより、市街地レベルの視点から見た、地区の火災リスク、そして、木造建築の詳細な火災リスクを提示し、どこがどのように危険なのか、どのような対策が火災リスクに対して有効であるのかを定量的に示すことができた。今後、樹木の配置計画を支援する視覚的なシミュレータへと改良を行い、具体的な緑の街づくり支援のためのツールとしての操作性を高めたいと考えている。

<参考文献>

- (1) 二神 透, 財間圭史, 木俣 昇: シミュレーションを用いた地区防災区画支援システムに関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.353-360, 2000.
- (2) 二神 透, 木俣 昇, 和田修司: 路上車両火災を考慮した地震時火災シミュレーションに関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.349-356, 1999.
- (3) 愛媛県地震被害調査

http://www.pref.ehime.jp/030kenminkankyou/150kikika_nri/00004613040329/jisinhigaisoutei.html

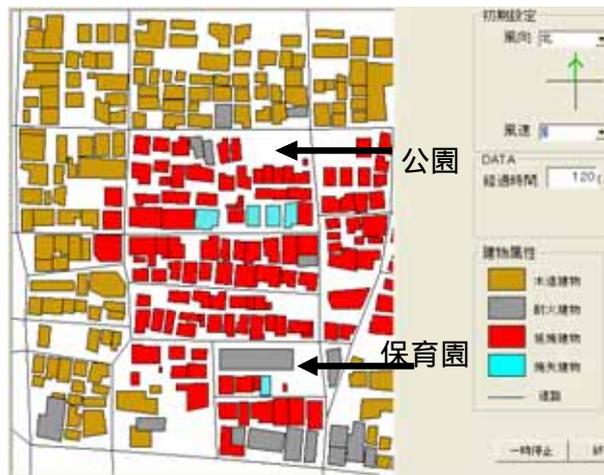


図 - 7 マイクロシミュレータによる地震火災分析

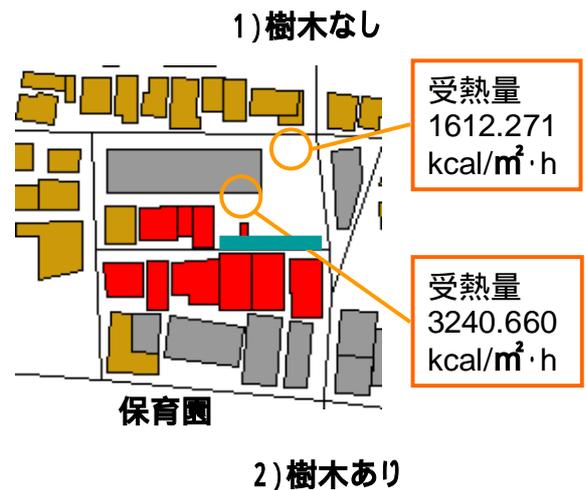
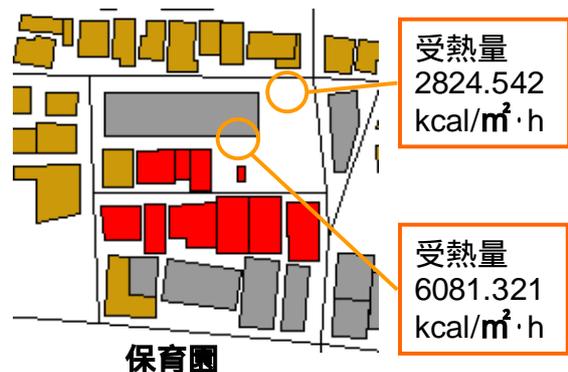


図 - 8 防火樹木の配置効果