

火災延焼シミュレータを用いた防火樹木整備支援システムの開発*

Development of the Supporting System of the Fire Prevention-trees Maintenance based on Fire-spreading Risk Simulator*

二神 透**・木俣 昇***・末廣文****

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

1. はじめに

木造密集家屋が連担するわが国の都市では、大震時の二次災害として、同時多発火災の発生が危惧されている。この論拠は、1923年の関東大震災、1948年の福井地震の甚大な火災被害後、約半世紀たった1995年の阪神淡路大震災での火災発生による。わが国では、戦後の戦災復興過程（1945～1955年）にかけて、函館、飯田、能代、熱海、鳥取、岩内等で大規模火災が発生しているが、その後の消防力の整備により、1976年の酒田大火を最後に大規模な市街地火災は発生していない。そのため、一般の阪神淡路大震災までは、大規模な地震火災の危険性は低いと考えられていた。しかし、まさかの思いの中、阪神淡路大震災においては、294件の火災が発生し、66haもの面積が焼失した。火災による犠牲者は、全体の約1割程度であったが、風速が大きければ、より甚大な火災による人命被害が発生していたであろうといえよう。

一方、都市構造の側面から振り返ると、1997年に密集法「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、大規模地震時に市街地大火を引き起こすなど防災上危険な状況にある密集市街地の整備を総合的に推進する目的で公布された。しかし、狭小敷地に老朽木造建築が密集し、権利関係が複雑している等の密集市街地特有の困難性から、整備は進んでいない。また、都市計画的な面的整備による防災には、多大なコストと時間とを必要とするのが現状である。

各自治体は、この状況下で地域防災計画の見直しを行っている。それらの手法の多くが、500m、250m四方といったメッシュ単位の焼失危険区域の分析¹⁾で、火災による死者の推定を行っている。しかし、マクロなメッシュ単位では、地震火災が住民にとってどのように危険

であるかといった情報を与えることはできない。

この見直しの基礎となるのが、火災の延焼シミュレーションである²⁾。浜田・堀内モデル³⁾は、均一規模の建築物が格子状に規則正しく並んでいる市街地で、平均建物長・隣棟間隔・気象条件をパラメータとするものを出発点とし、その後、実市街地特性を反映した、2階建て建物や防火木造建築物、耐火建築物の混成を考慮する延焼速度比（木造混成比、防火木造混成比、耐火建物混成比）を用いる等の改良を加えている²⁾。

木俣は、浜田・堀内らのモデルが、500mといったメッシュサイズで運用され、市街地構造が平均的に取り扱われているのに対して、10～50mのサイズによるメッシュ型化を提案し、メッシュ内構成に対応する仮想建物を想定し、かつ延焼速度式を8方向に拡張化し、その諸パラメータを再定義したシミュレータを構成している。そして、酒田・福光大火の再現性実験を行い、良好な結果を得ている⁴⁾⁵⁾。

最近の延焼モデルに関する研究では、高井ら⁶⁾が、阪神淡路大震災の火災データを用いて、消防力を考慮した1棟毎のシミュレーションを開発している。しかし、特定の火災動態という制約下に留まっている。二神らは、木俣のモデルに緑地メッシュの組み入れを行い、輻射熱評価を行うことにより、防災緑地網支援の研究を行っている⁷⁾。ここでは緑地は、樹木の集合体とされ、輻射熱による延焼を判定し、延焼は建物と同様にメッシュ扱いに留まっている。さらに、二神らは、地震時の建物倒壊が延焼に与える影響を分析するために、建物をポリゴン表現化した輻射熱計算モデルを提案し、全壊・半壊を想定した道路空間の延焼遮断効果の検討に、このポリゴン表現化のシミュレーション・システムの適用化を行っている^{8)~10)}。

本研究では、この建物のポリゴン化を受けて、まず、隣棟間隔の精緻化提案をメッシュ・モデルとの比較整理の下で行う。つぎに、ポリゴン型シミュレータの基本検証を、メッシュ型シミュレータとの対比という形で実施検討する。そして、このポリゴン型シミュレータを基礎に、1本単位の樹木の防火効果を評価する輻射熱・対流熱モデルへの拡張化を提示する。最後に、防火樹木整備案とその評価シミュレーションを試み、今後の課題整理

*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

社会基盤工学専攻

***** 学生員 愛媛大学工学部環境建設工学科

を行う。

2. 従来の研究との位置づけ

(1) 延焼速度式とメッシュ・モデルの考え方

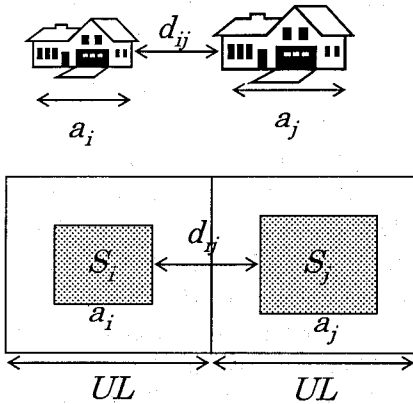


図1 メッシュ・モデルと隣棟間隔

著者らは、1. で述べたように、浜田・堀内の式に基づく、メッシュ型火災延焼シミュレーション・システムを開発してきた。そして、このシステムを基礎として、広域な地域の地震火災危険分析や、緑地帯の防火効果、都市のブロック化の効果など、都市計画的な防災計画への適用を行っている。さらに、建物をより現実に近い形で取り扱うポリゴン化をも試みてきた。ここでは、ポリゴン化に伴う変化点を明確にするため、木俣のメッシュ・モデル^{4),5)}についてまず概説する。

木俣は、図1に示すように、市街地にメッシュを掛け、市街地構造をメッシュで表記し、延焼計算のためのパラメータである建物長、隣棟間隔を、採取した建物面積 S_i (m²)とメッシュの単位長 UL (m)を用いて定めている。すなわち、メッシュ i とメッシュ j における建物面積をそれぞれ S_i, S_j (m²)とすると、メッシュ内の建物長 a_i, a_j (m)は、 $a_i = \sqrt{S_i}, a_j = \sqrt{S_j}$ となるため、建物毎の隣棟間隔 d_{ij} (m)は、式(1)で記述される。

$$d_{ij} = \frac{2UL - (\sqrt{S_i} + \sqrt{S_j})}{2} \quad (1)$$

すなわち、木俣らのメッシュ・モデルでは、建物はメッ

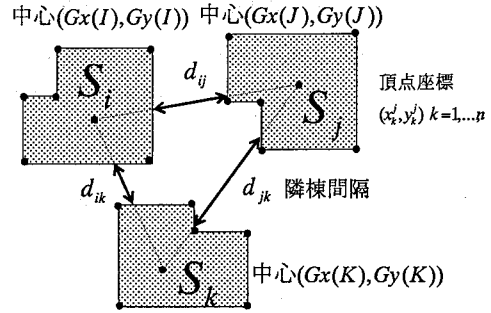


図2 ポリゴンデータと隣棟間隔

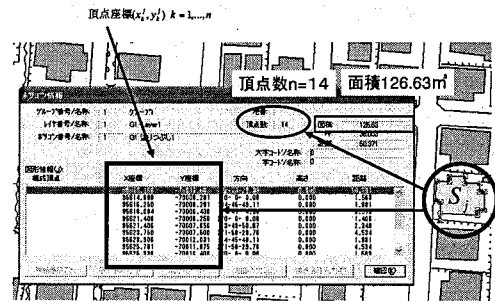


図3 ScanSurvey VCによるポリゴンデータ表示

シュ中央の正方建物であり、隣棟間隔 d_{ij} (m)は、隣接するメッシュ間の正方建物間の距離で定義される。

(2) ポリゴン・モデルと延焼速度式パラメータ

ポリゴンとは、多角平面という意味で、この場合図2に示すように、一軒一軒の建物の軒先の位置情報と建物の中心座標情報が入手できる。建物長は、

(1)のメッシュ・モデルと同じく建物面積からの近似として定義するとして、隣棟間隔の方は、図2のように、建物間の中心線上の d_{ij} とすることで、実建物間の隣棟間隔に近づけられる。さらに、輻射熱計算モデルでは、火災領域と計算地点との距離が問題となるため、ポリゴンデータを用いた計算が、より現象に即した評価が可能であると考えられる。

このポリゴンデータの作成法を、松山市の平成12年度測量データの電子化データを用いて説明する。図3は、地図ビューアーソフト、ScanSurvey VCを用いて、この電子データを基に、画面右側中央の丸で囲まれた建物のデータ化事例である。図3に示すように、建物の面積、ポリゴン建物頂点数と各頂点の位置情報が取得されている。ただし、図2の建物中心位置情報については、建物の中心点をマウスでク

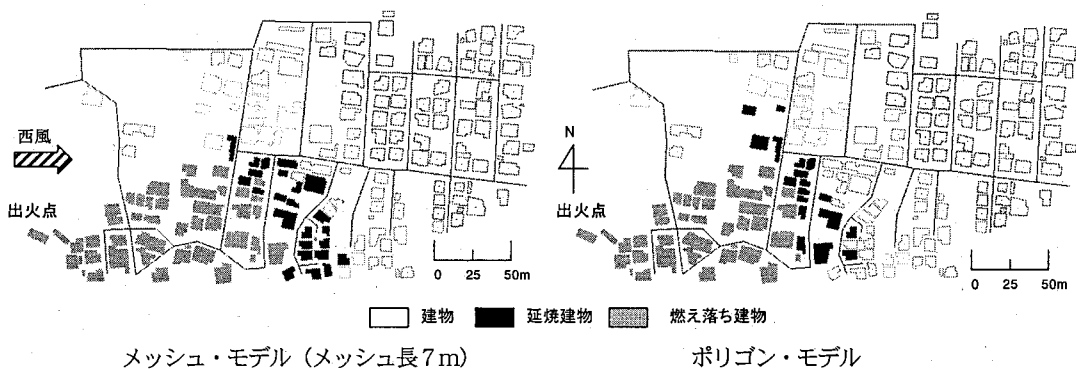


図4 メッシュ・モデル・ポリゴン・モデルの延焼動態比較（西風、風速 3m/s） 120 分後

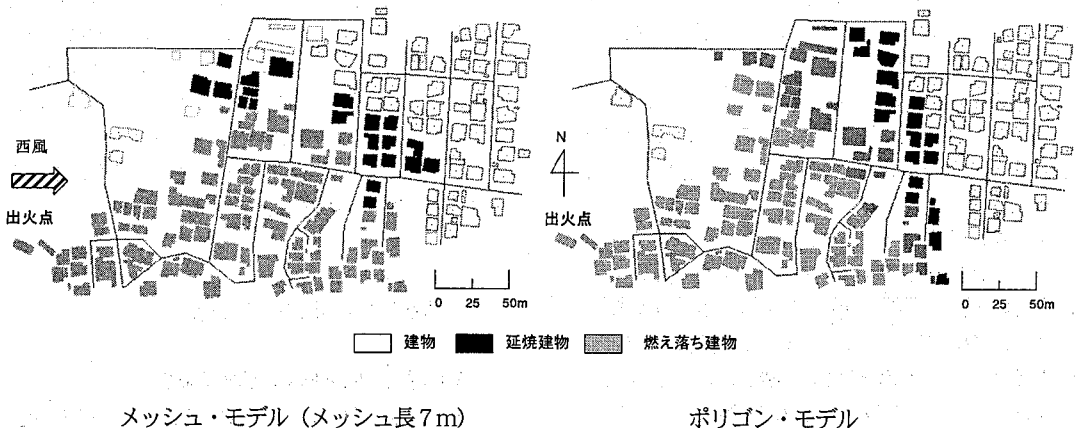


図5 メッシュ・モデル・ポリゴン・モデルの延焼動態比較（西風、風速 3m/s） 180 分後

リックしての座標入手となる。

対象地域について、このような操作で火災延焼シミュレーションのためのポリゴン型データ、すなわち、建物ID、頂点数、頂点座標、中心座標、隣接建物への隣棟間隔からなるデータが作成される。

このポリゴンデータ化に伴い、火災延焼シミュレーションにはもう1点の変更ないしは拡張が必要となる。浜田・堀内らの延焼速度式は、風下・風横2方向・風上の4方向への延焼計算を想定するものであったが、木俣のメッシュ型化に伴い、風下3方向・風上3方向を含む行う8方向への延焼に拡張されたのと同様に、図2に示すような隣棟概念の採用との対応で、より詳細な16方向に対応した延焼速度式を定義することとなる。

(3) ポリゴン型モデルの延焼特性の分析

上述したように、ポリゴン化に伴い、既開発のメッシュ型火災延焼シミュレーションとでは、隣棟間隔距離と延焼方向性に変更が生じる。メッシュ型火

災延焼シミュレーションについては、前述したように、酒田・福光大火での検証がなされ、一応のレベルでの再現性が示されている。そこで、ここでは両方式による比較シミュレーションを実施し、ポリゴン型シミュレータの特性を明らかにしておく。

対象地域は、平成17年1月に、100数世帯を単位として自主防災組織が結成され、著者らがオブザーバーとして今後の防災まちづくりへの協力要請を受けている地域である。この地域の市街地構造データを、メッシュ型とポリゴン型で採取し、延焼動態、焼失面積の推移を比較する。分析結果の比較を容易にするため、メッシュ・モデルの延焼動態もポリゴン地図と対応した形でアウトプットする。

まず、対象地域の電子地図に、7mの正方メッシュを掛け、建物等の識別を行うとともに、ドットカウンター法を用いて、メッシュ内の建物占有面積等を採取し、メッシュマップデータを作成した。

つぎに、ScanSurvey VCを用いてポリゴン建物データ、隣棟間隔、家屋面積のデータを採取する。こ

これらのデータは、電子地図の位置座標データより直接入手できるため、精度およびデータ入手の効率性が向上している。

それぞれのデータとシミュレーション・システムを用いて、対象地域の火災延焼シミュレーションを実行した。その結果を図4、5に示す。なお、メッシュ・モデルでの計算結果は、上述したように、延焼あるいは燃え落ちメッシュをポリゴン建物に対応付ける形で表示してある。

シミュレーションの実行条件は、出火点を画面左下端の家屋1軒とし、気象条件を西風、風速3m/sとし、1分毎にシミュレーションを実行した。図4は、出火後120分の比較図である。焼失面積は、メッシュ・モデルで5400.5m²、ポリゴン・モデルで5038.9m²となり、メッシュ・モデルの方が、延焼面積にして361.6m²多く延焼している。

180分後の図5では、焼失面積は、メッシュ・モデルでは9932.2m²に、ポリゴン・モデルでは10596.0m²とポリゴン・モデルの方が663.8m²多く延焼している。

形状を比較すると、メッシュ・モデルは風下方向に、ポリゴン・モデルは風横方向に延焼拡大気味となっている。これらの原因としては、ポリゴンの場合には、隣棟間隔は、図2のように、隣接する建物間の建物中心線上での建物間距離と定義しており、メッシュ・モデルでの正方建物間距離という整然とした設定との差が考えられる。即ち、この地域の特性として、建物が密集している地区と、風下方向の隣棟間隔が延焼限界距離程度となる地域とがあるために、延焼速度式において卓越する風下方向での延焼で、風下・風横・風上での隣接する距離が等しいメッシュメッシュ・モデルと、等しくないポリゴ

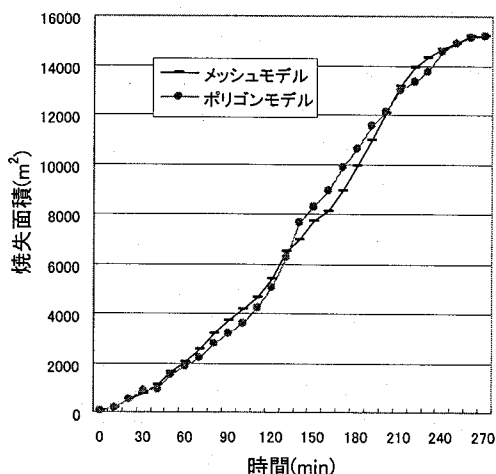


図6 焼失面積時間推移の比較

ン・モデルとに速度差が生じたと考えられる。

以上は、延焼形態に関する考察であるが、図6の焼失面積時間推移の比較を見ると、焼失面積の差の最大値が出火後170分後で、ポリゴン・モデルの方が大きくなっているが、全体としてはほぼ同様な焼失面積の推移を示している。

本章では、木保の火災延焼シミュレーション・システムの基本となるメッシュ化延焼速度式と、2.

(2)のポリゴンデータ化による延焼速度式を、それぞれに用いて、延焼形態・面積の時間的推移の比較を行った。両者の形態の差は、メッシュ・モデルが平均的な隣棟間隔を用いているのに対して、ポリゴン・モデルでは、実距離の隣棟間隔を用いているため、建物の密集度・分散度といった地域特性の違いが生じたと考えられる。しかし、焼失面積の時間推移には、実火災での検証を行っているメッシュ・モデルの結果との間で大きな乖離はないことが分かった。本来の検証という意味では、ポリゴン・モデルによる実火災との検証が必要であるが、この点については今後の課題としたい。

3. 緑地の防火効果のモデル化

(1) 緑地の防火効果に関する研究

緑地の防火効果については、表1に示す過去の地震火災、都市火災における緑地関連の焼け止まりデー

表1 緑地焼け止まり率に関するデータ¹¹⁾

大火の名称	発生年	風速(m/s)	緑地焼け止まり率(%)
関東大震災火災	大正12	11.3~21.8	33.3
静岡大火	昭和15	18.0~22.0	25.4
那珂湊火災	昭和22	2.2	33.3
福井大震災火災	昭和23	3.0	48.1
熱海火災	昭和25	2.2	38.5
鳥取火災	昭和27	7.9~10.8	50.0
岩内火災	昭和29	4.2~21.7	21.3
新潟火災	昭和30	5.0~20.0	20.4
能代火災	昭和31	11.5~14.5	33.7
酒田火災	昭和51	10.0~26.4	10.5

表2 樹木の耐火力データ¹²⁾

	常緑広葉樹	落葉広葉樹	針葉樹	木材
発火限界 輻射熱 (kcal/m ² h)	13,400	13,900	12,000	4,000
引火限界				
有炎口火	5,400		5,800	2,500
無炎口火	5,700			

タ（自然焼け止まりにおける緑地の占める割合）を論拠の一つとしている。表1より、多くの大火は強風時に発生していること、そして、緑地で焼け止まり効果が、10.5～50.0%と大きな効果があることが分かる。焼け止まり率のばらつきについては、当然火災の形状や、樹木の種類・状態によるものと考えられる。この樹木の耐火力に関する研究については、岩河^{11,12)}による樹種、配置、熱量に関する実験がある。著者らは、前述したように、それに基づくメッシュ型シミュレーションへの緑地メッシュの組み込みとその防火樹木帯評価への適用化研究を行ってきた。基本的には、図7に示すように、メッシュ型シミュレーションによる火炎面と樹木帯の位置関係を基にして、輻射受熱量の計算を行い、表2の樹木の耐火力データを用いて延焼判定するというモデル化であった。次項では、このモデルのポリゴン化に伴う拡張化について述べる。

メッシュ・モデルの同時延焼領域

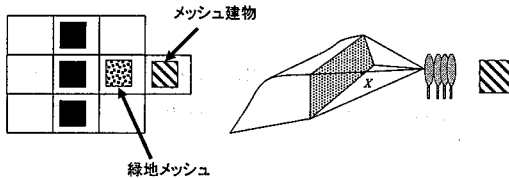


図7 メッシュの延焼領域と輻射熱算定モデル

ポリゴン建物の延焼領域

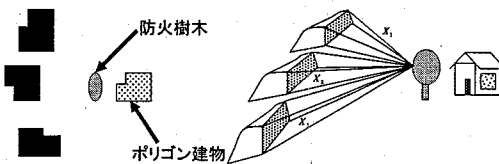


図8 ポリゴン・モデルと樹木受熱量の関係

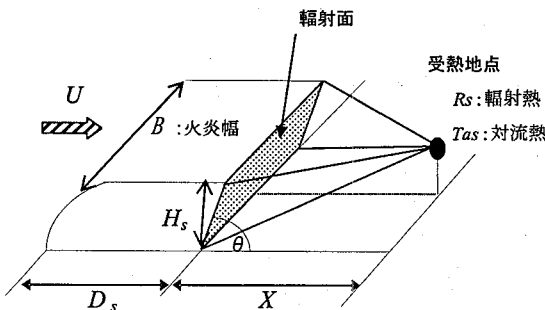


図9 ポリゴン・モデルと樹木受熱量の関係

(2) ポリゴン・モデルによる樹木の耐火評価

著者らが開発してきた緑地帯評価のシステムは、岩河の研究をベースに、構成している。すなわち、図7では、■で表示された3メッシュが延焼中のメッシュであり、それらが同時延焼領域となり、この領域から延焼火面（火炎高さ・幅・傾き）を定め、そこから $X(m)$ 離れた

れた受熱量（輻射熱と対流熱の合計）を算定するとしている。この1火面モデルに対して、本研究で提案しているポリゴン化では、図8に示すような多火面モデルを想定することになる。具体的には、対象とする樹木から複数の距離 $X_i(m)$ の異なる延焼火面からのより精緻な輻射熱計算となる。つぎに、この精緻化により、樹木と各火面との角度の違いを対流熱により組み入れることが可能となる。図8は、これらの精緻化により輻射熱計算の対象となる樹木も1本1本の単位で取り扱えることをも示唆している。

以下では、多火面モデルの1火面に着目した図9の延焼領域の模式図に従い、各パラメータと計算式について概説する。

まず、風速を U (m/sec)とすると、輻射面となる火炎傾き $\theta(^{\circ})$ は、(2)式で算定される。

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

つぎに、建物火炎高さ H_s (m)は、(3)式において

同時延焼奥行きを D_s (m)、市街地係数を a とする n を求め、式(4)で定められる。

$$n = 0.0133 \cdot (D_s - 10) \cdot (a - 0.1) + 3.98 / (D_s^{0.6}) \quad (3)$$

$$H_s = 4.7 \cdot n \cdot \left(\frac{10^3}{U} \right)^{0.2} \quad (4)$$

ただし、 U : 風速(m/sec) ($U \geq 2$)

そして、 $B \times H_s / \sin \theta$ で与えられる輻射面から、風下方向へ $X(m)$ 離れた地点の気流熱 T_{as} ($^{\circ}C$)は、同時延焼奥行き D_s (m)、市街地係数を a として

$$T_{as} = 209 \cdot a \cdot \frac{D_s \cdot U}{X} \cdot \left(\frac{1}{X + D_s/2} \right)^{0.8} \quad (5)$$

対流熱 T_{gs} の和として、

(6)

で算定できる。

複数の炎上建物 ($i=1, \dots, n$) からの受熱量温度 T_y は、

(6) 式と風方向による対流熱逓減率 β_i を用いて、

(7)

ンメンションすることになる。

4. シミュレータの適用事例と考察

(1) 愛媛県の地震火災被害想定による松山市の被害
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ている。それらの地震は、

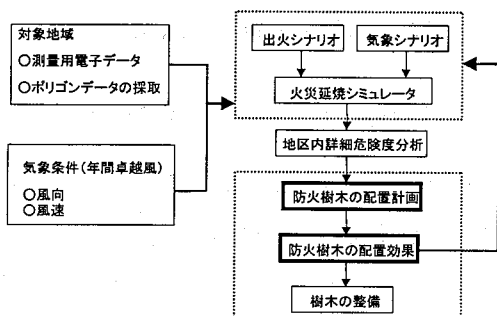


図 10 ポリゴン型モデルによる
防火樹木の配置支援フロー

地震

想定地震2：石鎚一池田・三野断層が、M7.0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、最も松山市での火災被害が予測されているのが、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、

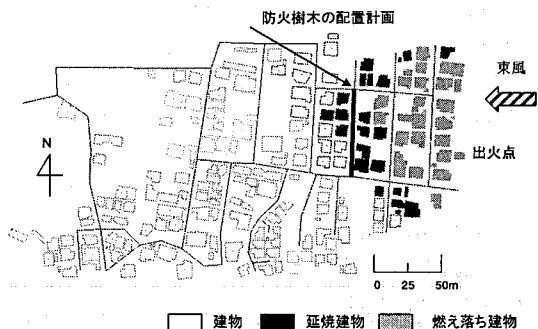


図 11 対象地域における樹木配置の基本計画

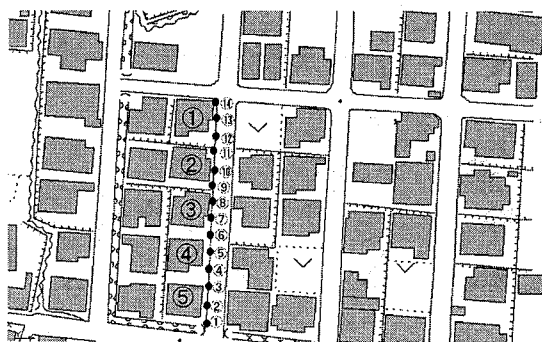


図 12 防火樹木の配置計画

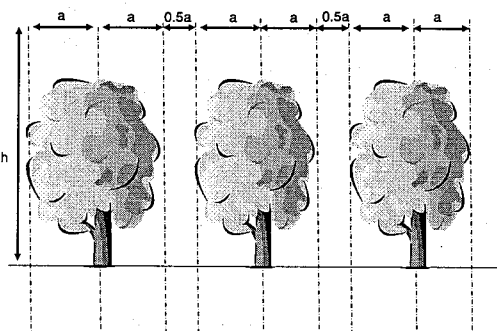


図13 サンゴジュの配置（高さ3m、葉張り1.9m）

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と想定している。以上のように、想定される地震によっては、松山市で1万件を超える火災の被害が発生するが、500mメッシュによる静的なハザードアップからは、どこがどのように危険で、どのような防災計画が有効であるかといった、住民の視点からの情報は得られない。

(2) 防火樹木の配置計画の評価

図10に、ポリゴン型モデルによる防火樹木の配置計画の支援フローを示す。前出の対象地域は、木造密集地帯であり、緑地も低木の庭木しかみられず、火災延焼危険性が高い。そこで、この地域の卓越風に対する防火樹木計画を検討する。即ち、卓越風に対して、風向・風速を設定し、出火点を変えながらシミュレーションを実行し、検討を進める。図11に、風向を卓越風向の東とし、風速を4 m/sとし実行したシミュレーション結果の一部を示す。この想定では、図11の左端の4軒以外の建物は、すべて焼失することが判明した。そこで、図11に示す位置の南北方向の街路に防火樹木を配置する基本

計画を想定した。即ち、南北に配置した樹木による西地域側への延焼遮断効果の評価検討を行う。

防火樹木の配置詳細を、図12,13に示す。即ち、配置樹木は常緑広葉樹のサンゴジュとし、それらを沿道に約4.6 m間隔で一列、14本配置し、それぞれの防火樹木に、南方向側から①～⑭の番号をつけた。また、風下側の建物の樹木による熱量遮蔽効果を定量的に分析するため、建物にも番号①～⑤をつけた。また、樹木1本の高さは $h=3$ (m)、樹木の最大横幅である葉張りとは $2a=1.9$ (m)とする。

火災延焼シミュレーションのパラメータの設定は、以下のように定める。

i) 気象条件

風向は卓越風の東向きで一定とする。風速については、松山市の年平均風速とほぼ同じ2 m/s、および年平均風速よりやや強い4 m/s、の2パターン、

ii) 建物火災の出火点

火災リスクに対して安全側の評価を行うため、樹木に対して延焼面が大きくなるよう風上端の建物1箇所を想定する。

以上の条件の下で、シミュレーションを実施し、3.

(2)で述べたポリゴン・モデルによる樹木の評価の式を用いて、配置した樹木1本1本の受熱温度と、背後の建

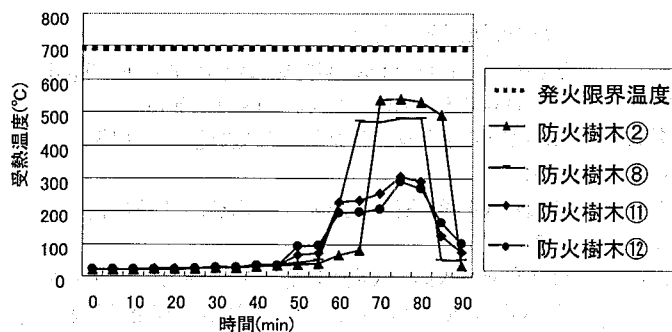


図14 配置樹木の受熱温度変化 (風速 2 m/s)

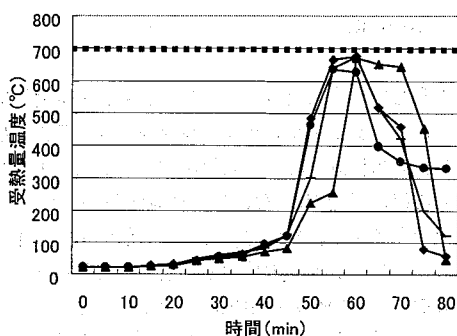


図15 配置樹木の受熱温度変化 (風速 4 m/s)

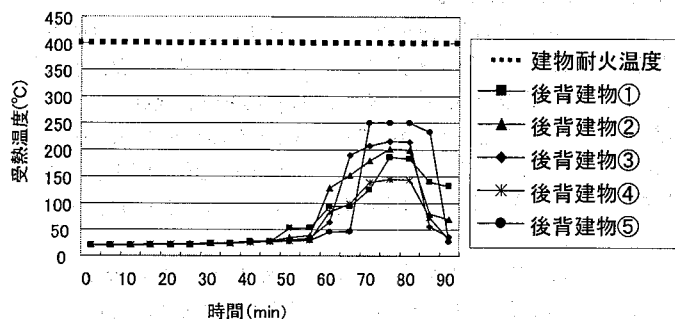


図16 樹木後背木造建物の受熱温度変化 (風速 2 m/s)

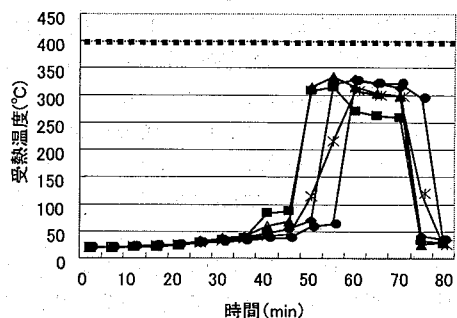


図17 樹木後背木造建物の受熱温度変化 (風速 4 m/s)

物の受熱温度を算定する。

風速を、2m/sと4m/sに変更した場合の計算結果を、図14～図15に示す。図12に記した全ての樹木の受熱量をプロットすると煩雑となるため、最も特徴的な、②、⑧、⑪、⑫の樹木についてのみ計算結果を提示する。

図14より、風速2m/sでは、出火後60分から85分にかけて、樹木が高い受熱温度を受けていることが分かる。しかし、樹木の発火限界値700℃よりはいずれの樹木も低い値となっている。図15より、風速4m/sの図では、出火後50分から80分にかけて高い受熱量となり、60分後には、いずれの樹木も、600℃を超える温度となり、②、⑧、⑪の樹木に関しては発火限界温度700℃近くの熱量を受けることがわかる。

図16は、図14の条件で樹木が発火しなかったため、樹木で遮蔽された熱量を考慮した後背建物の受熱温度を算定した結果である。図17は、同様に図15の条件で后背建物の受熱温度を算定した結果である。ここで、図13と文献「12」より、防火樹木間の隙間は、葉張り約半分の $a=0.8\text{m}$ であるから、輻射熱量遮蔽率は48.7%としている。図14、15の条件で算定した図16、17の結果より、風速2m/s、4m/sのいずれの場合においても、①～⑤すべての建物で木材の耐火温度400℃を下回っており、火災延焼リスクが小さくなると推定される。

4. おわりに

著者らは、火災延焼シミュレーションの開発研究として、メッシュ型シミュレーション・システムを出発点とし、その検証を経て、防災緑地メッシュの取り扱い、さらには電子地図の普及に伴う建物データのポリゴン化へと進んできた。本稿は、これらの展開上で、ポリゴン型シミュレーションの特性検討と、その防災樹木のより詳細な取り扱いへの適用化について報告した。

まず、メッシュ・モデルとポリゴン・モデルでの相違点として、前者がメッシュ中央の正方建物を想定し、建物長と隣棟間隔という延焼速度式パラメータ設定となるのに対して、後者では建物長は同じであるが、隣棟間隔は実在建物の位置関係をより反映する設定となること、延焼速度式が前者では8方向であるのに対して、後者では16方向となることを述べた。そして、両方式によるシミュレーション実行結果より、焼失面積に関しては、ポリゴン・モデルも検証済みのメッシュ・モデルとほぼ同様となること、延焼動態においてはより市街地構造を反映しうることが示した。

つぎに、防火樹木の耐火効果評価への適用として、ポリゴン化に伴う多火面からの輻射計算を提案し、各火面と評価樹木の位置関係の詳細化、風向との16方向での位置関係による対流熱通減率の設定性を明らかにした。

そして、松山市の対象地域で、卓越風向に対応する防火樹木の配置計画の支援シミュレーションを実行した。

具体的には南北の道路沿道に、高さ3m、葉張り1.9mの14本のサンゴジュを配置し、卓越風向である東風の下で、風速2m/sと4m/sでの火災延焼シミュレーションを実施し、同時炎上の建物群の個々の火面から、個々の樹木と個々の背後建物の受熱温度変化を算出し、風速が2m/sであれば十分に延焼遮断効果があるが、4m/sになると限界値に近くなることを示した。

このような詳細な条件の下での個別評価は、住民参加の下での防火まちづくり支援に寄与するのではと考えている。今後、本システムを活用し、地震火災の危険性、樹木の防火効果評価、樹種や配置など具体的な計画案造りについて、ワークショップ形式での話し合いを進め、支援システムとしての要件をより具体的に把握したいと考えている。一方、ポリゴン型火災延焼シミュレーションについては、さらなる検証が必要と考えている。そのための実火災地域でのポリゴンデータの入手に努めたいと考えている。

＜参考文献＞

(1)愛媛県地震被害調査

<http://www.pref.ehime.jp/030kenminkankyou/150kiki-kanri/00004613040329/jisinhigaisoutei.htm>

(2)日本火災学会編（第2版）：火災便覧、共立出版、1984。

(3)日本火災学会編（第3版）：火災便覧、共立出版、1997。

(4)木俣昇：大震時火災の延焼シミュレーション・システムの開発について、金沢大学工学部紀要、Vol15, No.2, pp.127-138, 1982。

(5)木俣昇：大震時避難計画のためのメッシュ型火災延焼シミュレーションシステムに関する検証、JORSJ, 30-1, 1987。

(6)高井広行、伊藤秀昭、松井武史、上村雄二：既成市街地における延焼シミュレーションモデルの開発、土木計画研究・講演集、No.22(2), pp.139-142, 1999。

(7)二神透、木俣昇：防災緑地網整備計画のための火災延焼シミュレーション・システムの拡張化に関する基礎的研究、土木計画学研究・論文集、No.12, pp.151-159, 1995。

(8)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。

(9)二神透、財間圭史、木俣昇：シミュレーションを

用いた地区防災圏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.

(10) 二神透、木俣昇：倒壊建物と炎上車両を考慮した火災延焼シミュレーションの開発、土木計画学研究・論文集, No. 21, pp. 341-348. 2004.

(11) 岩河信文：樹木の防災効果について、公園緑地、38-2, pp32-40, 1977.

(12) 岩河信文：都市における樹木の防火機能に関する研究、建築研究報告、No.105, 1984.

火災延焼シミュレータを用いた防火樹木整備支援システムの開発*

二神 透**・木俣 昇***・末廣文一****

本稿では、樹木の防火効果に着目し、従来の緑地網の評価から、1本単位の樹木の効果を動的に評価可能なシステム開発を行った。そのために、火災延焼モデルをメッシュ型からポリゴン型とし、比較シミュレーションを実施し、大きな乖離がないことを確認した。適用事例では、自主防災組織が結成された地域を対象として火災リスクの提示と、防火樹木配置による効果をダイナミックに提示することができた。

Development of the Supporting System of the Fire Prevention-trees Maintenance based on Fire-spreading Risk Simulator*

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

In this paper, we developed the system which can evaluate dynamically the fire prevention effect of one tree.

Conventionally, it was only dealt with as a green space mesh.

Therefore, the fire-spreading model was used as the polygon type from the mesh type, the comparison simulation was carried out, and it checked that there was no big deviation.

In the application example, presentation of a fire risk and the effect by fire prevention trees arrangement were able to be dynamically shown for the area where the independence disaster prevention organization was formed.
