

シミュレーションを用いた地区防火区画支援システムに関する基礎的研究

A Study on Fire Preventive Planning in District Supported by Simulation System

二神 透*, 財間圭史**, 木俣 昇***

Toru FUTAGAMI*, Keiji ZAIMA**, Noboru KIMATA***

1. はじめに

わが国においては、防災上の危険性が懸念される木造密集市街地は全国に多数散在している。平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災は、わが国で初めての近代都市直下型の地震であり、社会基盤整備が遅れた密集市街地において、甚大な延焼被害をもたらした。一方、戦災復興区画整理事業等により、道路・公園等の社会基盤が比較的整備された地域では、焼失面積・倒壊率において防災上の効果が確認されている¹⁾。さらに、ポケットパークや樹木等の小さな空間が延焼を阻止したことも報告されている²⁾。焼け止まり線に着目すると、空地で2割、道路で4割、耐火建物で3割、消防活動で1割であったと報告されている³⁾。

平成9年に制定された、「密集市街地における防災街区の整備の促進に関する法律」は、住民の合意形成を図りながら密集市街地の再開発を早急かつ計画的に進める事を目的としている。これは、これまでの市街地再開発事業・土地区画整理事業では、複雑な権利関係の輻輳や、狭小な敷地、住民の高齢化等により住民との合意形成が困難なため、抜本的な面的整備が期待できないことにある。今後、密集市街地の解消を早急を図るためには、新法に基づく円滑な住民合意形成が肝要となる。

従来、市街地の地震火災危険性を分析する手法として、不燃領域率（不燃領域面積/地区面積）が評価の指標となっている⁴⁾。そして、この値が70%未満の地区については延焼危険性が高いとして、都市

計画事業により木造建物や道路・公園等の空地率を向上させることによって、安全な市街地を形成することにある。しかし、前述したように、面的な整備については住民のコンセンサスを得ることが困難であり、結果的に、多くの木造密集市街地は手つかずのままである。これらの問題の根幹には、私権を主張する住民の行政主導型の街づくりに対する強い不信感がある。

密集法は、防災を公共の福祉と位置づけ、老朽住宅の建て替えや、ポケットパーク、生活道路の整備のような、線的、点的整備による修復的・段階的な整備を制度化したものである。今後、法的制度を活用しながら密集市街地の整備を行うためには、それらの整備効果を具体的に認識し、かつ評価可能な支援システムが有効とならう。

そこで本研究では、シミュレーションを活用することにより、住民と行政が一体となり防災街づくりを進めるための支援システムの開発を目的とする。具体的には、都市防災上の脆弱な地域の分析に基づく地区レベルでの防災対策支援と、それらの評価を提示可能なシステムを構成する。そして、最後に松山市を事例に、構成したシステムを適用して問題点を整理する。

2. 支援システムの構成と道路整備効果

著者らは、開発を行っている火災延焼シミュレーション・システムを基礎とした地震火災危険分析システムを構成し、防災計画への適用についての検討を試みている^{5) 6)}。本システムの特徴は、広域市街地の地震火災の危険性を視覚的に提示可能な点と、地区レベルでのポリゴンデータに基づくミクロシミュレーションの実行が可能な点である。防災街区事業を推進するためには、これまでの住環境の整備主体の事業目的と合わせて、防災上危険な地区を整備することにより、地区のみならず街の防災性が大

キーワード：防災計画、計画情報、シミュレーション
・正会員 学博 愛媛大学講師 工学部環境建設工学科
(〒790-8577 松山市文京町 3)

Tel 089-927-9837 Fax 089-927-9837
** 学生員 愛媛大学 工学部環境建設工学科
同上

***正会員 工博 金沢大学教授 工学部土木建設工学科
(〒920-8667 金沢市小立野2-40-20)
Tel 0762-34-4914 Fax 0762-34-4915

大きく向上することを具体的に提示し、住民の防災意識を高めていくことが重要となろう。換言すれば、計画支援システムによる情報の共有化により、住民との合意形成を円滑に図っていくのが大きなポイントとなる。本研究では、図1に示すように、都市計画制度における密集法の制定、地区計画により期待される、段階的・修復的市街地整備を支援するためのシミュレーション・システムの適用を試みる。

本研究では、松山市を対象としてシステムの適用を行い、都市全体の延焼危険性の把握と、幹線道路の延焼阻止効果についての基本的分析を試みる。つぎに、実験計画法を用いて幹線道路と市街地の延焼危険性要因の定量的分析を行う。最後に、火災の延焼動態に伴う輻射熱リスクと、幹線道路沿道建物の整備効果について検討を行う。

3. 松山市の地震火災分析

松山市は、人口46万人を有する、地方中核都市である。戦後の復興土地区画整理事業と道路整備事業の推進により、市街地中心部は建物の耐火・不燃化が進んでいる。また、城山を中心とする緑地空間が存在し、市民の憩いの場ともなっている。一方、中心市街地周辺部では都市化が進み、多くの木造密集市街地が形成されており、市街地火災の危険性が高い。そこで、シミュレーション・システムを用いて松山市の地震火災分析を行う。まず、松山市の中心市街地（4km四方）の都市構造データ（建物種別・緑地・道路・オープンスペース）を採取した。これらのデータは、メッシュ・マップ作成システムを用いて、50m四方のメッシュ・データとして処理した。つぎに、地震規模（M7.2）の都市直下型地震を想定し、風向（西風）、風速（8m/s）を設定した。本シミュレーション・システムでは、確率的に出火点を発生させているため、一応、200回のシミュレーション実験を行った。図2に、松山市のメッシュ・マップとシミュレーション結果の一例（出火後3時間）を示す。同図には、対象地域の道路ネットワーク（リンク数152）も合わせて表示している。この図より、市街地中心部では耐火建物と緑地が火災の延焼を阻害している様子が分かる。一方、本事例では、対象地域の7箇所で出火した火災は、3時

シミュレーション・システム
による計画支援

都市計画制度による取り組み

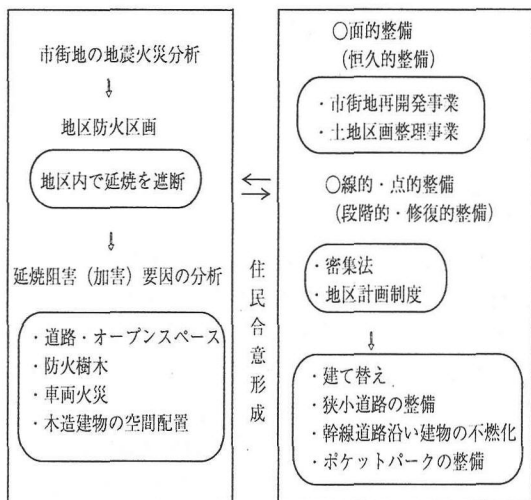


図1 防災街区事業支援の位置づけ



☒ 可燃メッシュ ■ 延焼メッシュ
 ■ 耐火造メッシュ □ 空地メッシュ
 ■ 緑地メッシュ — 道路

図2 松山市の地震火災分析（3時間後）

間後には市街地の約30%を焼失している。図2より、特に、中心から南側の地域で大きく被害が拡大している様子が分かる。本稿では紙面の制約上割愛

するが、各所で道路が延焼を阻害している様子は、コンピュータ画面上で時間を追って把握できる。また、道路の沿道建物の状況によっては、道路空間を飛び越えて延焼が拡大している箇所も確認できる。これらの道路について、200回のシミュレーション実験を実施した結果、延焼突破したリンク数は、24本存在することが分かった。さらに、これらのリンク全てにおいて、延焼突破が発生しないような道路整備を行うと仮定すると、焼失面積は53%も低減することが明らかになった。本シミュレーション実験では、それらの道路整備優先順位を把握するため、24本の個々のリンクについて道路整備が行われたと仮定しシミュレーション実験を繰り返すことにより、延焼面積の低減効果の大きなリンクの順位付けを行った。この結果、最も大きな整備効果となるリンクでは、8%の焼失面積低減効果が見られた。

4. 沿道整備による防火計画の支援

(1) 実験計画法による延焼リスクの分析

幹線道路を地区の防火線として想定する場合、延焼速度を遅延することも重要であるが、焼失面積の拡大につながる延焼突破の可否が最も問題となる。すなわち、幹線道路は、市街地火災からの輻射熱を遮蔽する十分な機能を有することが望まれる。当然、火災規模や気象条件等により、幹線道路の防火性状は異なるが、どのような要因が火災の突破に影響を与えるかを定量的に分析することは、計画情報の観点からも重要である。そこで、実験計画法による規定要因の分析を行い、沿道不燃化計画への基本情報についての考察を試みる。

はじめに、火災規模を規定する要因である、風速、建べい率、同時火炎幅、同時炎上奥行きを規定要因として取り上げる。表1に各規定要因と各水準

を示す。気象条件である風速については、強風から弱風を想定し、他の要因についても整備効果が現れる形で水準化を想定した。特性値については、幹線道路を20mと想定し、沿道建物から20m離れた風下建物の受熱量とする。

本実験に基づく分析結果を表2に示す。この結果、全ての要因が1%の棄却率で有意となった。ここで、寄与率に着目すると、同時炎上幅が50%の寄与率を持つ第1位の要因で、つづいて風速が42%の寄与率を持ち、これら両要因で、92%を占めている。これらの結果より、都市計画的な観点から言えば、沿道の耐火・不燃化がいかに重要であることを示唆していると言えよう。

(2) 沿道建物の整備による防火計画

3. のシミュレーション結果を基に、松山市の幹線道路をピックアップし、沿道建物の耐火・不燃化による防火効果について、マイクロ・シミュレーション

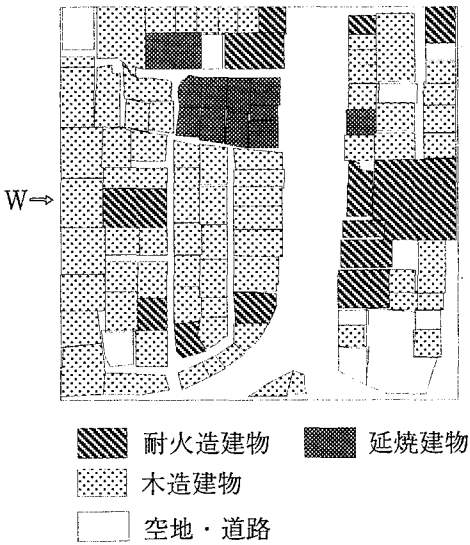


図3 延焼突破事例

表1 規定要因と水準化

要 因	水準1	水準2	水準3
風 速(m/s)	8	5	2
建べい率(%)	80	70	60
同時炎上幅(m)	40	30	20
同時炎上奥行(m)	40	35	30

表2 分散分析結果

要 因	SS	DF	MS	F	判定	寄与率
風 速(m/s)	14,548,734	1	14,548,734	14,548,734	**	42.0
建べい率(%)	2,371,883	1	2,371,883	2,371,883	**	6.9
同時炎上幅(m)	17,274,488	1	17,274,488	17,274,488	**	50.0
同時炎上奥行(m)	411,564	1	411,564	411,564	**	1.1
誤差		1	0.25			0
合計		8	34,606,669			

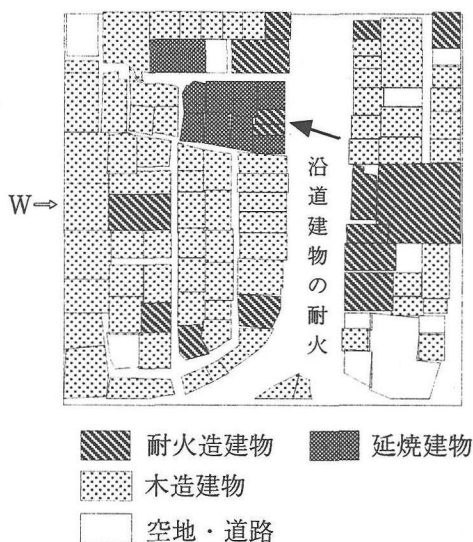


図4 沿道整備による防火効果事

ン実験を実施する。図3は、幅員20mの幹線道路の一部である。同図より、道路東側地区では比較的に建物の耐火・不燃化が行われているが、西側の地域では道路沿いに木造建物が連担するとともに、木造建物が広範囲に及んでいることが分かる。本マイクロ・シミュレーションの結果、図3に示すように、幹線道路風下木造建物への延焼が認められた。つぎに、図4に示すように、風上側の沿道建物の二棟について、これらを耐火・不燃化構造物への変更を行い、シミュレーション実験を行った。その結果、これらの建物が輻射熱の遮蔽物となり、風下木造建物への延焼を阻害している状況を示すことができた。

5. おわりに

密集市街地における防災街区の整備の促進に関する法律の制定に伴い、今後、地区レベルで密集市街地を段階的に解消するたの線の・点的整備の推進が期待される。しかし、例え法的な整備が整っても、密集市街地の建物の多くが住民の私権に属するものであり、具体的な防災上の危険性の認識の欠如においては、計画そのものを担保する事は困難であろう。著者等は、まず、計画の支援という視点からシミュレーションの手法を用いて、松山市の幹線道路の延焼突破危険性を提示すると共に、整備効果の大

きなリンクの序列化を行った。つぎに、沿道木造建物の受ける輻射熱を特性値とする実験計画の分析結果より、同時炎上幅が50%を占め、第一位の要因であること、つづいて風速が、42%で第二位の要因であることを明らかにした。このことより、沿道建物の耐火・不燃化の重要性を示唆することができた。一方、マイクロ・シミュレーション実験では、幹線道路間の延焼突破の危険性を提示すると共に、沿道建物の耐火・不燃化により、その危険性を回避することを視覚的に示すことができた。最後に、住民の視点から考えれば、個々の対策が結果として地区、総じて都市全体の防災性を向上することを認識していくことが、今後の密集市街地整備推進のキーポイントとなると言えよう。今後の課題としては、ポケットパークのような小規模な公園や緑地、沿道の緑化配置といった、さまざまな地区レベルでの防災計画を組み合わせ、それらの支援・評価を行う必要があろう。そのためには、景観や防災効果等をより具体的に提示可能なシステムへと改良する必要がある。

〈参考文献〉

- 1) 建設省都市局都市防災対策室監修：都市防災実務ハンドブック・地震防災編、ぎょうせい、1997.
- 2) 平成7年兵庫県南部地震被害調査報告（速報）、建設省建築研究所、1995.
- 3) 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.151-158, 1995.
- 4) 二神 透、木俣 昇：シミュレーションによる地震時市街地火災の延焼阻害要因の分析、第1回都市直下型地震災害総合シンポジウム論文集、pp.261-264, 1996.
- 5) 二神 透、林 昌宏：GISを用いた火災延焼シミュレーション・システムの開発と適用に関する研究、土木学会四国支部第4回技術研究発表会、pp.318-319, 1998.
- 6) 二神 透、木俣 昇：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・講演集、No.21 (1), pp.359-362, 1998.