地区防災計画のための大震時火災熱リスク分析 システムの開発と適用研究

二神 透1・國方 祐希2

¹正会員 愛媛大学准教授 防災情報研究センター(〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番地) E-mail:futagami.toru.mu@ehime-u.ac.jp

²学生員 愛媛大学大学院理工学研究科 環境建設工学専攻(〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番地) E-mail: kunikata.yuki.10@cee.ehime-u.ac.jp

木造密集市街地では、地震火災対策が喫緊の課題となっているが、どのように危険でどのような対策が目に見える形で有効なのかがイメージし難いため、ソフト、ハードの両側面の対策が遅れている。そこで、地震火災の延焼リスクのみならず、避難場所の火災熱リスク分析システムならびに、防火樹木の効果を組み込んだシミュレーション・システムを開発する。そして、開発したシステムを、地区防災計画における減災計画に位置付け、松山市の立花地区を対象に、既存の避難場所の安全性について検討するとともに防火樹木による避難場所の安全性の確保について報告する。

Key Words: district disaster management plan, earthquake, fire heat risk, application study

1. はじめに

明治以降100人以上の犠牲者を出した地震津波災害に着目すると、1948年の福井地震まで、15の地震が発生している。すなわち、平均5年に一度の頻度で発生していることになる。近年では、1995年の阪神淡路大震災より、日本は地震の活動期に入り、2011年の東日本大震災発生から、本格的な活動期に入ったと言われている。

今後,30年以内の70%の確率で,首都直下地震,南海地震が発生すると想定されており,さらには,それ以外の大規模な地震が,いつどこで起きても不思議ではない.従って,沿岸部では津波対策,都市部では地震火災対策が喫緊の課題となっている.特に,都市部における地震火災については、地域でどのような延焼被害や人的被害が発生するかといった定量的分析や,研究者による地震火災延焼シミュレータータ開発の研究に留まっている.それらの研究に対して,糸井川は、火災延焼シミュレータをまちづくりのための核となる情報システムとしての役割を期待している¹⁾.

著者等は、関東大震災、阪神淡路大震災で発生した地震火災に備えるためには、事前復興のためのまちづくりといったハード対策と、地震火災に対して安全な避難場所を確保することが欠かせないと考えている。そのためには、都市計画的なまちづくりの評価と、安全な避難場

所の評価システムと住民・行政による熟議による防災計画が必要であると考えてる。そのためのシステムとして、著者等は、既往の研究^{2~3}を用いて地震火災熱リスク分析システムを開発した。

本システムの特徴は、国土地理院の国土空間データを 用いて、任意の地域の地震火災の延焼状況を、風向、風 速、出火点をパラメーターとして再現できる点である。 また、シミュレータ上で、沿道の耐火や、道路幅員の拡 張化、防火樹木の防火効果をダイナミックに再現できる 点にある。防火樹木の延焼阻害効果は、関東大震災・阪 神淡路大震災においても、火災が公園緑地で焼け止まる 延焼遮断帯としての効果が大きいことが示されている。

また、関東大震災では公園緑地等に東京市民の7割以上が避難して助かっている⁴. 阪神淡路大震災では、9市3町の719公園が被害を受けたが、公園全体が使用不能になったものはわずか6か所に過ぎず、他の都市施設に比較して被害は軽微であり、人々が発災直後に逃げ込む避難場所としての役割を大いに発揮した⁵⁾. そこで防火樹木の熱遮蔽効果と、延焼領域からの輻射熱量算定システムを組み込み、人体の耐輻射受熱量以上の領域を表示する機能を組み込んだ. 従って、多くの自治体で指定されている公園や、学校の校庭などの避難場所の地震火災の安全性を定量的に把握することができるとともに防火樹木整備効果も定量的に把握できる. よって、樹木で覆わ

れた公園の安全性評価や, 防災樹木を整備することによる避難場所の安全性評価をダイナミックに提示可能となった.

本論文では、はじめに、開発したシステムの概要を述べるとともに、松山市の密集市街地を対象に、既存避難場所の火災熱リスク分析を用いた安全性を評価する. つぎに、防火樹木の整備による安全性の再評価を行い、本システムを全国の密集市街地で活用していただくための課題を整理する.

2. 大震時火災熱リスク分析システムの開発

(1) システム構成の概要と減災計画

開発システムの全体フローを図-1 に示す. 本研究で 用いる「大震時火災延焼シミュレーション・システム」 は外生要因である風向・風速といった気象条件を設定し、 同時多発的に発生した火災の延焼状況を視覚的かつ定量 的に把握することのできるシステムとなっている。シミ ュレーションを行うために、対象地域の都市構造データ である、建物ポリゴンデータ (個々の建物の端点緯度経 度情報,建物属性情報),シミュレーションの背景画像 となる道路データを国土地理院の国土空間データから読 み込む必要がある. このためのシステムが図中のデータ 作成用ソフトである。国土空間データは、市町村単位で 読み込むため、マウスで拡大縮小しながら対象地域を選 択し決定ボタンを押すと,基本都市構造データが自動作 成される. このデータは、緯度経度座標データをパソコ ンのピクセルデータ座標に変換し、延焼計算に必要なパ ラメータである, 木造建物混成比, 耐火建物混成比, 建 ペい率を自動生成する. しかし, 国土空間データは, 必 ずしも最新のデータでないため、建物が新築されていた り、更地化されていたりするので、データ作成ソフトを 用いて現状の都市構造へと修正をする必要がある. また, ツバキやサンゴジュ、シイ類の防火樹木が植生していれ ば、データ作成ソフトを用いて追加する.

以上のデータを用いて、大震時火災延焼シミュレーション・システムを用いて、当該地域の地震火災の延焼状況をダイナミックに再現することができる。システムのアウトプットより得られる情報は、対象地域の延焼状況・延焼範囲、不燃化や道路拡幅による都市計画による防火効果や、既存防火樹木による防火効果である。本研究でシステムに組み込んだ避難場所の火災熱リスク分析に関しては、次節で概説する。

上述したように、著者等は、大震時火災延焼シミュレーション・システムを核として減災計画に活用したいと考えている. 現在、松山市の全ての連合自主防災会の各地域のデータとシミュレーション・システムを提供している. また、管轄である各消防署にもシミュレーショ

国土空間データ(市町村) 対象地域 建物ポリゴンデータ, 道路データ データ作成用ソフト 基本都市構造データ 更地、新築、樹木データの追加 都市構造データ 出火点 風向·風速 大震時火災延焼シミュレーション・システム ・延焼範囲 ・都市計画による防火効果 ・樹木の防火効果 ・避難場所の火災熱リスクに対する安全性評価 住民に対して 行政に対して 視聴•操作 提示·操作 専門家 人間の 共助•自助 公助を促す の向上 足し算 時間の 手段の 防災教育 計画策定 意識啓発 事前防備 足し算 足し算 防災訓練 避難訓練 空間の足し算 地区防災計画 地域防災計画 都市計画的な対策 避難計画

図-1 開発システムの全体フローと減災計画

ン・システムをパソコンにインストールしている. 著者 等は、2014年に、自主防災組織、消防署職員を対象とし たシミュレーション説明会も実施している. それらの減 災計画への考え方として、様々な対策を足し合わせるこ とで少しでも被害をゼロに近づけていくことが必要であ る. この足し算には人間の足し算, 手段の足し算, 時間 の足し算,空間の足し算がある.人間の足し算は行政, や事業所,個々人の努力を足し合わせることをいう.自 助や共助の足し合わせと考えてもよい. 空間の足し算は 地域,地区,相隣の取り組みの足し合わせのことである. 手段の足し算は、ハードウェア、ソフトウェア、ヒュー マンウェアの対策の足し算であり、時間の足し算は、事 前、最中、事後の対策を足し合わせることである。そこ で、著者等は、専門家がシミュレーション・システムを 核として、まず人間の足し算として、住民に対しては、 視聴・操作することにより共助・自助の向上を期待し、 行政に対しても、提示・操作することによって公助を期 待するものである. シミュレーション・システムは、住 民にとっては、防災教育・意識啓発として、行政にとっ ては、都市計画策定や、消防戦略などの事前防備として 活用が期待できる. そして. 行政の空間の足し算として タイムラインの事前防備が期待される.

2015年1月と2月に、松山市危機管理と消防局が自主防 災会役員,消防団,自治会役員を対象に地区防災計画の 説明会を行っている.松山市では,逐次,空間の足し算 として,各連合自主防災会と連携し,地区防災計画策定

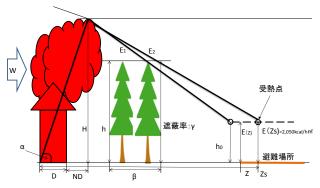


図-2 地震火災熱リスク算定フロー



図-3 ドットカウンター法による遮蔽率の算定



防火樹木無し

防火樹木あり

図-4 樹木の輻射熱遮蔽効果のアウトプット

の支援を行う予定である. 本システムは, 地震火災熱リスクによる避難場所の安全性評価が可能なため, 密集市街地での地区防災計画に有効であると考えている.

(2) 火災熱リスク分析システム

火災熱分析システムは、地震火災が発生した時に,火 災領域からの輻射熱量を算定するシステムである. 既往

表-1 システム・パラメータ一覧

パラメータ	内容	
W	風速(m/s)	
α	火炎の傾き(°)	
Н	火炎高さ(m)	
h	樹木高さ(m)	
D	火炎奥行(m)	
ND	火炎の前面距離(m)	
d	樹木前面距離(m)	
β	樹木奥行(m)	
h ₀	受熱点高さ(m)	
γ	樹木枝葉遮蔽率	
E ₁	樹木前面受熱量(Kcal/m²h)	
Ez	樹木後方受熱量(Kcal/m²h)	
E(Z)	受熱量(2,050Kcal/m²h以上)	
E(Z _s)	受熱量(2,050Kcal/m2h)	

研究 2 でぶにおいて、モデルを構築していたが、シミュレーションに組み込めておらずダイナミック化できずにいた。図 2 に、地震火災熱リスク算定フローのモデル図を示す。著者等の開発している火災延焼シミュレーション・システムの特徴は、火炎領域をダイナミックに提示できる点にあり、図 2 の火炎領域右側に位置する避難場所は、時間と共に変化する火炎領域から輻射熱を受熱する。図 2 では、火炎領域と避難場所の間に防火樹木が植栽されているとして、表 1 に示すように、パラメータを与えている。図 2 は、火炎の前面距離:ND(m)と、火炎高さ:H(m)、樹木奥行 3 (m)によって、様々な形態をとる。

樹木の耐火力は、樹木前面受熱量:E1 (Kcal/m²h)と樹木後方受熱量E2(Kcal/m²h)と樹木の引火受熱量と発火受熱量を用いてモデル化^{2)へ3)}している、樹木全体が炎上すれば、遮蔽率は0となる。この場合、避難所の前方h0(1.2m)の高さの輻射受熱量E(Z)を算定し、避難場所後方の輻射受熱量が人体への影響がないとされる、E(Zs)=2,050(Kcal/m²h)一までの距離Zs(m)を算定し、コンピュータ画面上に出力する。一方、樹木が炎上しない場合は、枝葉の遮蔽率:γを乗じて、輻射熱の遮蔽効果を算定し、人体への影響のない距離Zs(m)を算定し画面上に出力する。避難場所の耐輻射熱効果は、木造建物が密集している方向から直角方向の火災延焼が最もリスクが高くなるが、風速や火炎領域の木造建物のパラメータによって火炎高さや傾きが変化する。適用事例については、次章で述べる。

図-3は、ある広域避難場所における周辺の防火樹木の写真である。図-2の枝葉による遮蔽率: γの値は、写真画面にドットをかけ、枝葉に位置するドットをカウントして算定し入力している。図-4は、図-3の広域避難場所におけるシステムの適用事例である。この地域は、図-3に示すように避難場所周辺が防火樹木に囲まれている。



図-5 立花5丁目集会所での延焼リスクの提示

そこで、遮蔽率: γ、緑地高さ、緑地奥行きを10m毎に 平均値として求め、図-2のモデルに従ったアルゴリズム を組み込んだ、大震時火災延焼シミュレーション・シス テムを用いて、図-4に示す、防火樹木の有無による比較 計算を行った. 風向は北風(画面上から下へ向かって) で、風速を8m/sの強風に設定している. 左側の防火樹木 無しの画面の縦棒は、図-2の避難場所における受熱量 E(Z)が、2,050(Kcal/m²h)以上の地点を表している. これら の値は、シミュレータで決定される、火炎領域、すなわ ち,火炎奥行: D(m),火炎奥行内の建物構成比(木造 建物混成比、建ペい率等)と外生的に与える風速: W(m/s)によって決定される,火炎高さ: H(m)ならびに, 火炎の傾き α によって熱量が算定されている. 一方, 画 面右側の防火樹木有では、火炎領域と画面上の緑で設定 した防火樹木のデータ (遮蔽率: γ、樹木奥行: D(m)、 樹木高さ:h(m)) との関係より、輻射熱が低減されてい ることが確認できる. ちなみに、図-4のアウトプットは、 シミュレーション進行上の最大のZsの値の重ね合せであ る.

3. 松山市立花地区への適用研究

(1) 立花地区の概要と想定されるリスク

前述したように、松山市では連合自主防災会単位の地区防災計画の推進を行っている。南海トラフ巨大地震は発生すれば、市内の多くの地域が震度6強の揺れとなり、松山市では、8,037棟が全壊、18,375棟が半壊し、58件の出火が発生すると想定されている⁶. そのうち消火できない31件が残出出火となり、風速4.9m/sの西風で、25,112棟、1135.16haが焼失すると想定されている。松山市の立花地区は、市内の中でも非戦災地域であり、古い建物や、車の離合が困難な細街路が多数存在する。立花5丁目地区では、著者等によって、2013年に大震時の火災延焼シミュレーション・システムを用いた防災講演会を行っている。講演会では、図-5示す地震火災の延焼リスクを提

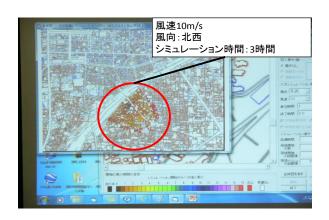


図-5 立花5丁目集会所での延焼リスクの提示

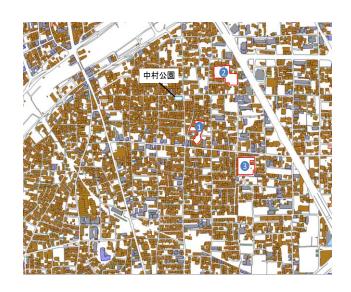


図-6 立花地区概要

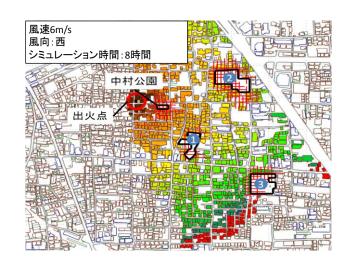


図-7 風速 6m/s の場合の延焼範囲

示し、特に、風速が大きい場合の避難について考えて頂 いた.

本章では,立花地区を対象として,地区防災計画を作成するに当たり,地震の火災の延焼リスクと共に指定さ

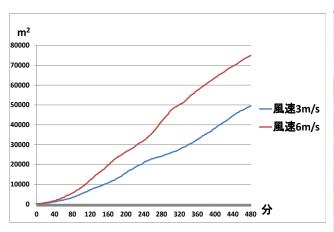


図-8 風速ごとの延焼面積

れている避難場所の火災熱による安全性について検討を 行う.

立花地区は先に述べたように、松山市の中心部の南側、石手川以南に位置し、図-6に示すように木造建物の密集する地域であり、地震時に火災の発生が懸念されている地域である。また、図-6に示している地域における市の一時避難場所に指定されている場所は中村公園である。しかし、周りが木造建物に囲まれていることから火災が発生した場合、周りを火に囲まれ避難場所としての機能を果たせない可能性が高い。そこで、中村公園の代わりとなる避難場所として住民が避難でき、周りに防火樹木を植栽できるだけの面積を有する畑や駐車場を代替地の候補として設定した。また、出火点は愛媛県の被害想定を参考にしており、松山市全体で消防力を発揮しても残る残出火件数が31件であると想定されているため、当該地区においては火災が1件発生すると仮定する.

(1) 延焼リスク提示による避難経路の安全性評価

まず、風速の違いによって延焼のリスクがどれほどあるのかを検証する.

風速は平常時の3m/sと強風時の6m/sの2つの風速を想定,風向は西に固定,シミュレーション時間は8時間と設定してシミュレーションを行う.図-7に風速6m/sの時の延焼範囲を示す.図の丸印が出火点であり,赤い十字線で示されているのが2,050kcal/m²・hの輻射熱の範囲を示している.指定避難場所となっている中村公園は十字により赤くなっており,輻射熱が公園内まで達していることが分かる.代替地の候補として挙げた3箇所に関しても同様のことが言え,対策を行わずにいると周辺住民が避難できない可能性も出てくる.次に風速ごとの延焼範囲をグラフ化したものを図-8に示す.風速3m/sの場合と風速6m/sの場合とでは8時間後の延焼面積に約1.5倍もの違いが生じた.これは風速が増加するにつれて延焼範囲は風向き側に広がっていき,それに伴い南北方向にも延焼が拡大していくためである.また,本シミュレーシ

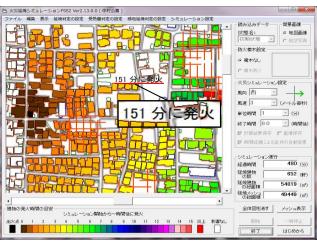


図-9 発火時間の表示

表-2 避難場所の面積

	面積(m²)
中村公園	735.48
代替地①	2876.27
代替地②	6007.05
代替地③	4139.16

表-3 避難場所の収容人数

	収容人数(人)
中村公園	367
代替地①	1438
代替地②	3003
代替地③	2069

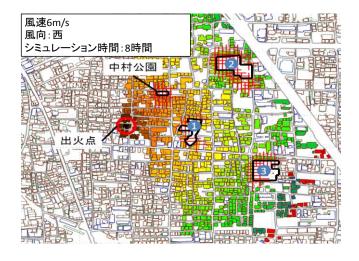


図-10 代替地1の熱リスク最大となる時の延焼状況

ョンは**図-9**に示すように延焼した建物にマウスのカーソルを合わせると建物の発火時間が表示される.このことから、住民が一体火災が発生してから何分後までに避難を開始すればよいか、また、避難場所へ避難してきたと

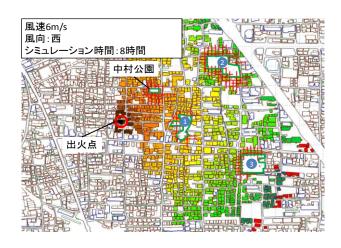


図-11 緑地帯を設置した場合の延焼状況

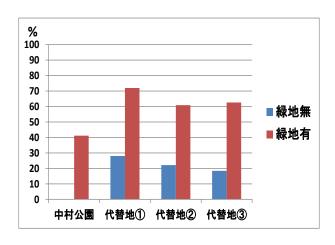


図-12 代替地1の熱リスクが最大となる場合の 使用可能率

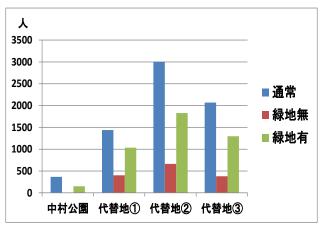


図-13 代替地1の熱リスクが最大となる場合の 収容可能人数

してもその避難場所が危険であるかを判断できる. そして, その場所が危険であると判断した場合, そこからどの方向に避難していけばよいのかを判断できる. このこ

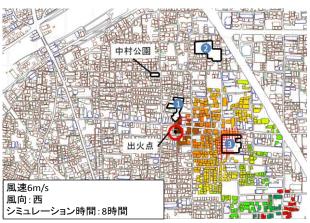


図-14 代替地3の熱リスク最大となる時の延焼状況

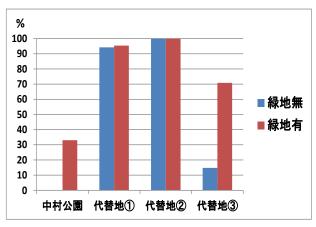


図-15 代替地3の熱リスクが最大となる場合の 使用可能率

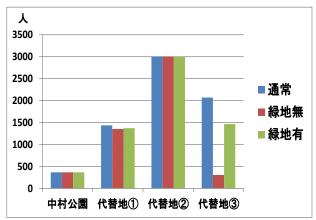


図-16 代替地3の熱リスクが最大となる場合の 収容可能人数

とから,何分後までにどの場所まで避難するのがよいの かを住民同士で話し合うきっかけとなり,地区防災計画 における避難場所,避難経路の策定に使用できると考え ている.

(2) 避難場所ごとの安全性評価

次に、各代替地における安全性評価を行う。今回は代替地における熱リスクが最大となるように出火点を設定する。指定避難場所の中村公園、各代替地の面積を表-2に示し、各場所における収容可能人数を表-3に示す。収容可能人数は周辺の火災から安全な面積に対して一人あたり2㎡として算出した⁷.

(a)代替地1の熱リスクが最大となる場合

風速6m/sの時の延焼範囲を図-10に示す.また,避難場所の周りに樹木を配置した場合の延焼状況を図-11に示す.樹木は高さ・幅共に2m,遮蔽率を40%として設定してある.図-10に比べ輻射熱の避難場所内への侵入を防いでいることが分かる.次に各避難場所の輻射熱の影響を受けない面積の割合を使用可能率,その面積に対する収容可能人数とし、それぞれ図-12、図-13に示す.使用可能率においては樹木を設置しない場合では中村公園では使用不可、その他の避難場所も3割を切るという結果となった.この結果から、現在の状態では避難してきたとしても二次災害に遭う可能性が十分高いことが分かる.樹木を設置した場合では6割強が使用可能となり、避難場所として機能できる可能性がある.収容人数を見ても最大の収容人数に対して樹木を設置した場合において同じことが言える.

代替地1が熱リスク最大となる時、その他の避難場所 においても熱リスクの影響が大きいことが分かる. これ は、風向・風速、木造家屋の密集している密度にも関係 する. つまり、代替地1において熱リスク最大となる出 火点を設定した場合においては、例え避難場所周辺に樹 木を配置してもリスクはゼロになるわけではないことが 分かる. これは、代替地2の熱リスクが最大となる場合 においても同様の結果となった. このことから、当該地 区の住民が安全に避難するためには東側を通る国道11号 線を越える必要がある. この国道11号線は片側2車線の4 車線ある道路であり、延焼遮断帯となっている. また、 南側にも国道33号線が通っており、この国道を越えるこ とでも火災から避難できる可能性が十分考えられる. こ の際にも、建物の発火時間を確認することで火災発生か ら何時間後までに国道を越えれば避難できるのかが分か り、どの経路を通れば安全に避難できるかもわかるため、 住民同士の話し合いのツールとして活用して頂きたいと 考えている.

(b) 代替地3の熱リスクが最大となる場合

風速6m/sの時の延焼範囲を**図-14**に示し、使用可能率、収容可能人数をそれぞれ**図-15**、**図-16**に示す.

代替地3の熱リスクが最大となる出火点を設定した場合、周辺への延焼が他の2つの避難場所に比べ小さいことが分かる。そのため、中村公園、代替地2においては被害が出ないという結果となった。これは、風向を西に固定していることと出火点周辺において防火建物が点在し、延焼範囲を狭めている可能性がある。今回の場合、樹木を配置した場合、代替地3において7割が使用可能であり、避難場所として機能すると考えられる。また、他の避難場所においては被害が軽度、または無いため使用できることが分かる。しかし、今回のシミュレーションは8時間で終了しているため、それ以上の時間が経過した場合、その他の避難場所においても安全である保障がないため、その場に長い時間留まるべきではないと考えている。

おわりに

(1)本研究のまとめ

著者等は、開発した大震時火災延焼シミュレーション・システムに今回、輻射熱等の火災の熱リスクの延焼状況と合わせて表示できるよう改良を行った。このことから、避難場所や避難経路の安全性の評価を行えることが可能となった。

松山市立花地区を対象地域としてシミュレーションを 行ったところ,市が指定する指定避難場所である中村公 園は周辺で火災が発生した場合,輻射熱により避難する ことができないことが分かった。そこで,指定避難場所 の代わりとなる代替地を3つ挙げ,それぞれについて避 難場所の安全性の評価を行った。代替地1,代替地2の受 熱量が最大となるように出火点を設定したところ,他の 避難場所においても輻射熱の影響が大きく出ることが分 かった。また,都市計画的な対策として避難場所周辺に 樹木を設置してもリスクがゼロとはならない。このこと から,当該地区の住民が安全に避難するには東,南側を 走る国道を越える必要が出てくる。その避難までに必要 な時間は建物の発火時間からわかり,どの避難経路を通 れば安全に避難できるかの評価も可能である。

代替地3の受熱量が最大となる場合、代替地3以外の避難場所においては被害がほぼないことから避難は可能であることが分かる. しかし、シミュレーションの時間以上の状況次第ではその場に留まることは得策ではない. その場から移動するにも安全な避難経路を選択する必要がある.

以上より、改良したシミュレーションを用いて松山市 立花地区の避難場所、避難経路の安全性の評価を行った。 風向・風速、出火点の違いによって延焼状況は大きく変 わってくるため、住民・行政と共にまずは地域の潜在的 なリスクの洗い出しを行い、その中で、建物の築年数等 を考慮しながら出火点を設定し、現在の都市構造で住民 の方が実際にシミュレーションを用いる形でワークショ ップ等を行っていく必要があると考えている.

(2) 今後の展望

2章で述べたように、開発した地震火災熱リスク分析システムを用いることで、減災の実践的な定義である「対策の足し算による被害の引き算」における足し算の部分、「時間の足し算」、「空間の足し算」、「人間の足し算」、「手段の足し算」の醸成が可能だと考えている。シミュレーションを核とすることで、住民・行政の双方に対して防災意識に働きかけ、住民・行政が共に地域の防災力を向上させることで来る災害に対して万全の体制で迎えることができると考えている。

しかし、シミュレーションの提示等だけではここまで 地域・行政が上手く機能できるとは考えていない. そこ で著者等のような専門家がこの住民と行政の間に入り、 双方の架け橋的な役割を担う必要があると考えている.

そのためにはCAUSEモデル^{8~III}の適用が好ましいと考えている。CAUSEモデルにおけるリスクへの提示やリスクに関する理解をシミュレーションんを用いることで提示し、その後の各段階において問題が生じた場合、専門家も加わり解決策を熟考していく。それを住民・行政と共に行っていくことで地域の防災力の向上へと繋がり、最終的には地域防災計画、地区防災計画の作成に繋がると考えている。また、その各計画においても見直しが必要な時が必ず来るため、その際も専門家が間に入り新たな計画の策定のためのワークショップ等を開き、地域の防災力を向上させ、来る災害に備えるための準備(事前準備)ができることが望ましいと考えている。

今後は、実際に地域に入り本シミュレータの視聴・操作してもらい、本シミュレータが地域の防災意識にどのような影響を与え、避難計画等にどのように反映されていくのかを見極める必要がある。また、今後、耐火造の建物を増やしたり、防火樹木を新たに配置するなど都市

構造を変えて都市計画的な対策を行う。そのうえで住民 や行政が今後の対策を考えながら防災について議論する ことのできる共通のツールとしての役割を担えるような シミュレータへと改良を行いたいと考えている。

参考文献

- 糸井川栄一:震災時の火災延焼シミュレーション~ 現状報告・将来の行方~,予防時報,pp.30-35,2004.
- 2) 木俣昇、二神透: 防災緑地網整備計画支援のための 火災延焼シミュレーション・システムの開発、土木 学会論文集、No.449、IV-7、pp.193-202,1992.
- 3) 木俣昇, 二神透:避難場所の火災熱リスク評価に関するシステム論的研究, 土木学会論文集, No.413, IV-12, pp.49-55,1990.
- 4) 報告書(1923 関東大震災)-内閣府 http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeisho u/rep/1923--kantoDAISHINSAI/
- 5) 兵庫県 阪神・淡路大震災の被害確定について(平成 18年5月19日) (https://web.pref.hyogo.lg.jp/pa20/pa20_00000015.html)
- 6) 愛媛県地震被害想定調査結果(最終報告)について :www.pref.ehime.jp/bosai/higaisoutei/higaisoutei25.html
- 7) 広域防災の拠点整備に関する調査-国土交通省 http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/souhatu/h16seika/10 bousai/10 sky2.pdf
- 8) Shepard, F. P. and Inman, D. L.: Nearshore water circulation related to bottom topography and wave refraction, *Trans. AGU.*, Vol.31, No.2, 1950.
- 9) C. R. ワイリー(富久泰明訳): 工学数学(上), pp.123-140, ブレイン図書, 1973.
- Smith, W.: Cellular phone positioning and travel times estimates, Proc. of 8th ITS World Congress, CD-ROM, 2000
- 11) G Gorenflo, JW Moran: The ABCs of PDCA, 013-02-21). http://www.phf.org (2012)

(2015.7.10 受付)

DEVELOPMENT AND APPLICATION RESEARCH OF FIRE THERMAL RISKANALYSIS SYSTEM AT THE TIME OF EARTHQUAKE FOR THE DISTRICT DISASTER MANAGEMENT PLAN

Toru FUTAGAMI, Yuki KUNIKATA

The wooden dense urban area, earthquake fire protection has become a pressing issue. However, earthquake fire, a how dangerous, it is difficult for any such measures is to imagine whether valid. Therefore, soft, hard measures has been delayed.

So, not only the fire risk of earthquake fire, fire heat risk analysis system of shelter as well as to develop a simulation system that incorporates the effect of the fire trees. Then, the developed system, is positioned in disaster mitigation plan in the district disaster management plan. And, to target the Tachibana district in Matsuyama, to consider the safety of the existing shelter. Finally, we will report on ensuring the safety of the shelter by the fire trees.