

大震時火災延焼シミュレーション・システムを用いた 双方向リスク・コミュニケーション

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 松山市文京町 3 番地）
E-mail:futagami.toru.mu@ehime-u.ac.jp

²愛媛大学 工学部環境建設工学科（〒790-8577 松山市文京町 3 番地）
E-mail:kunikata.yuki.10@cee.ehime-u.ac.jp

著者等は、大震時の火災延焼シミュレーション・システムを開発し、住民とリスク・コミュニケーションを行っている。従来は、専門家である著者等が現地を訪れ、一軒一軒の建物を調査し、都市構造データを採取しながら、シミュレーション・データを作成していた。そのため、住民とリスク・コミュニケーションを行う対象が限られていた。そこで、国土地理院の空間情報データから建物形状・構造種別を採取し、著者等のシミュレーション・データに変換するシステムを開発した。従って、現在、多くの地域を対象として、住民とのリスク・コミュニケーションを行っている。本論文では、システムと実火災の整合性を検証するとともに、住民の指摘によってシミュレータの見直しに至った経緯を述べ、双方向リスク・コミュニケーションについて考察を行っている。

Key Words : Nankai earthquake, fire spreading simulation, risk communication, verification of system

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、津波による犠牲者が多数を占めた。その一方で、強い揺れに伴い284件の地震火災が発生している¹⁾。特に、岩手県山田町においては、プロパンガスへ引火し、その炎が駐車してあった車へと炎上しながら、多くの建物を焼き尽くし、焼失面積は、約16haとなった。震災当日の気象条件である風速は、被災地全域で3m/sの弱風であった。1995年1月17日に発生した阪神淡路大震災の折も、風速が3m/s位でありながら甚大な地震火災の被害を出した。これらのことから言えることは、大きな揺れを伴う地震が発生すれば、多くの建物から火災が発生し、それらへの対応と気象条件である風向・風速によっては、大きな人的・物的被害に繋がることを想定し対策を行うことの必然性である。四国においては、今後30年以内に70%の確率で発生する南海地震、あるいは、南海トラフ巨大地震に備える必要がある。特に、木造市街地が密集する地域においては、地震火災の発生を想定した対策が喫緊の課題となっている。

著者等は、大震時の地震火災延焼シミュレーショ

ン・システムを開発し、住民とのリスク・コミュニケーションを実施し、住民の防災意識の向上化と地域防災力の向上に向けた実践研究を行っている。従来は、著者等が地域の建物を調査し、シミュレーションのためのデータを採取し、地域住民にデータを確認して頂いてシミュレーションを作成していた。従って、調査・データ入力・確認の作業に多大な労力を費やしていた。現在は、国土地理院の国土空間データ（縮尺25000分の1）を用いて、全国の任意の地域の都市構造データを採取するシステムを開発し、愛媛県松山市、四国中央市、大洲市等の消防関係者や危機管理課、自主防災組織等にデータとシミュレーターを配布している。その中でも、松山市粟井連合自主防災会中西会長は、各自主防災会を対象にシミュレーションを活用し地域の火災延焼リスクを住民に提示している。その中で、住民からの質問として、シミュレーション・システムの信頼性や、延焼結果に対する疑義等の意見を頂いた。そこで、本研究では、1976年10月29日に発生した酒田大火とシミュレーション・システムの再現性について検討するとともに、住民から頂いた延焼結果についての疑義の精査を行い、今後のリスクコミュニケー

シヨンの方向性について課題を整理する。

2. 酒田大火による大震時火災延焼シミュレーション・システムの検証

(1) システム概要

本研究で用いる大震時火災延焼シミュレーション・システムの特徴は、風向や風速といった気象条件を設定し、同時多発火災の延焼状況を視覚的にかつ定量的に表現できる点である。2010年に、香川県丸亀市城北コミュニティ内の御供所町でシミュレーション結果を提示した結果、住民の意識が大きく変わり、防災訓練や地区内の避難経路の確保等の行動変容に繋がっている。図-1に、シミュレーション・システムの全体フローを示す。図左上は、地域の都市構造データである建物のポリゴンデータを作成・入力の流れである。従来は、現地調査を行い一軒一軒のデータを入力していたが、現在は、図-2に示すように国土地理院の国土空間データ・ポータルサイトから対象とする市町村の2500分の1の測量データをダウンロードし、任意の地域のデータをシミュレーション用のデータに変換してシミュレーションを実行している。図-1の右上部分が、シミュレーションのパラメータ生成フローである。フローの最初の処理は、対象地域のメッシュサイズであるメッシュ長の入力から始まる。現在は、メッシュ長（10m）をデフォルトとしているが、検証の結果求めたメッシュサイズの最適値については、後述する酒田大火を用いたシステムの検証時に述べる。延焼計算に用いる都市構造データのパラメーターは、建ぺい率、木造建物混成比、耐火建物混成比である。図左下は、外生変数である風向・風速・出火点の設定である。図右下は、シミュレーションの実行部分であり、建て替えや更地といったデータの修正や沿道不燃化や公園の設置といった都市計画的な対策と評価を行うことができる。

シミュレーションの気象条件である風向と風速の設定と実行は、図-3の右側の操作画面を用いた設定する。シミュレーションの実行画面は、左側の画面であり、全体画面の一部を示している。家屋が発火した時間は、グラデーションで表しており、マウスで家屋をクリックすると発火時間が数値で表示される。従来は、赤（炎上）、青（鎮火）の2色であったが、松山市消防局職員とのリスク・コミュニケーション時に、発火した時間が分かれば、住民が避難のイメージを抱きやすいのではとのアドバイスを頂いてシステムの改良を行った。実際、2つのグループの自主防災ワークショップにおいて、従来のシステムを提示したグループと、新たなシステムを提示したグループで、自助意識の変化

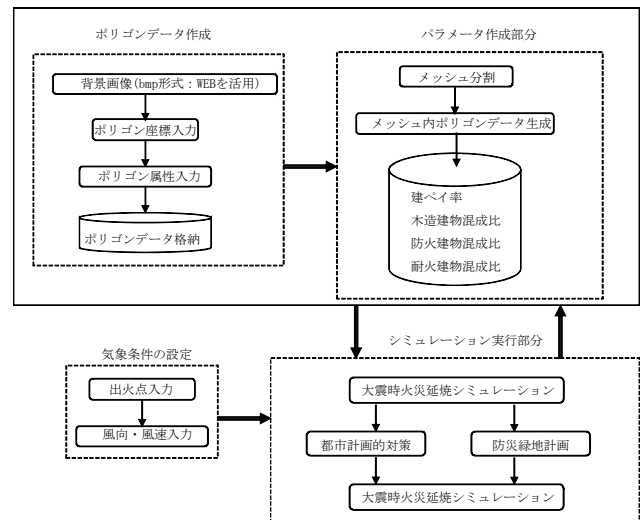


図-1 シミュレーション・システムの全体フロー

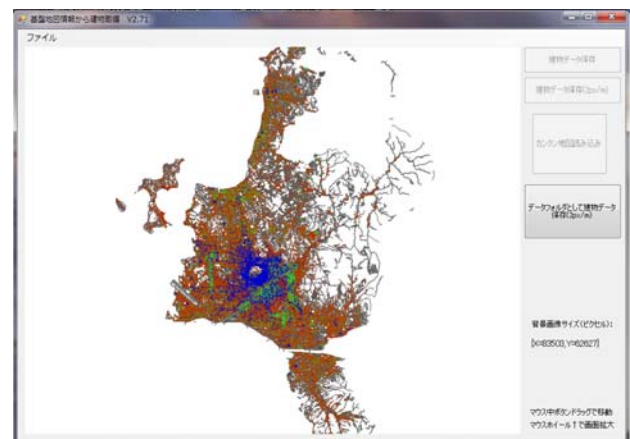


図-2 松山市の国土空間データ（建物・道路）

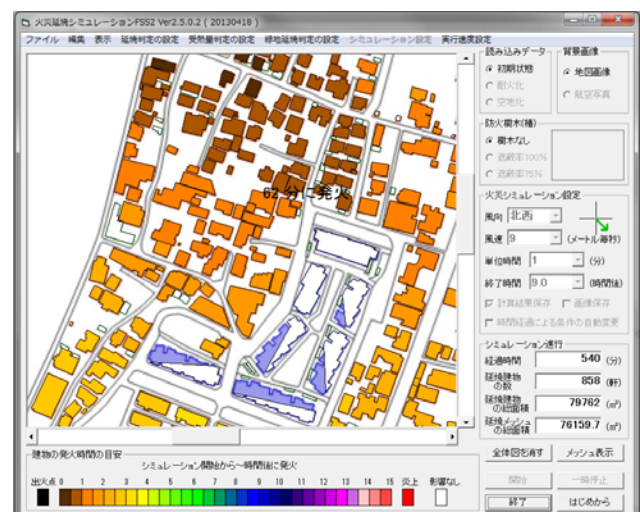


図-3 シミュレーション操作画面と出力事例



図-4 1976年当時の山形県酒田市都市構造マップ（酒田市都市計画課より提供）

に違いが見られている。

(2) 酒田大火とシステムの検証

酒田大火の概要²⁾⁻⁴⁾であるが、1957年10月29日午後5時40分頃出火し、翌日の10月30日午前5時頃に鎮火するまでの約12時間の間燃え続けた大火事である。被害概要は焼失区域22.5ha、死者1名、負傷者1003名、焼失家屋1774棟であった。

本シミュレーション・システムは、浜田の延焼速度式を基礎に置いている。前述したように、浜田の延焼速度式を木俣のメッシュ・モデルで置き換え、メッシュごとのパラメータを用いて延焼計算を行っている。そのためには、市街地を正方メッシュで分割する必要がある。メッシュのサイズと延焼速度・延焼面積の関係については、木俣⁹⁾が酒田大火を対象に行っているが、建物データの入力をドット・カウンター法という、精度の低い方法で行っていることと、当時のコンピューター性能の制約より、50m、30mと大きなサイズで検証を行っている。そこで、本研究では、当時の街並みのデータを入力し、一軒一軒入力することで、当時の街並みのポリゴンデータを作成する。そのために、酒田市都市都市計画課にお願いし、当時の都市計画図を提供いただき、マウスで一軒一軒の建物を入力し、建物属性を与え、図-4に示すポリゴンデータを作成した。

つぎに、メッシュサイズを変更しながら、実火災の延焼面積を比較し、最適なメッシュサイズを検討する。

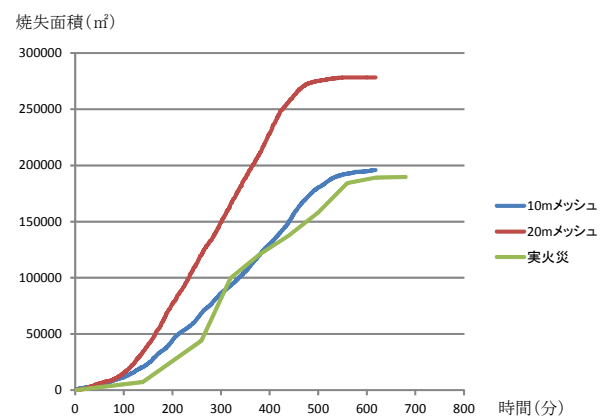


図-5 メッシュ・サイズと焼失面積

最初に、10m、20mメッシュと実火災の焼失面積を時系列で比較した。その結果を、図-5に示す。図より、20mメッシュでは、実火災と大きく乖離し過大評価となることが分かる。一方、10mメッシュは実火災とほぼ一致することが分かる。このことは、浜田の式は、一軒一軒の均一な木造建物が立ち並んだ建物間の延焼を実験データに基づきモデル化したものであるため、実際の家屋長にメッシュサイズが現象の再現性をより表していると考えられる。そこで、10m近傍のメッシュサイズを用いて、同様の分析を行った。それらの結果を、図-6に示す。図より、青の実火災に対して、どのメッシュサイズも大きな乖離は見られないため、切のいい10mを

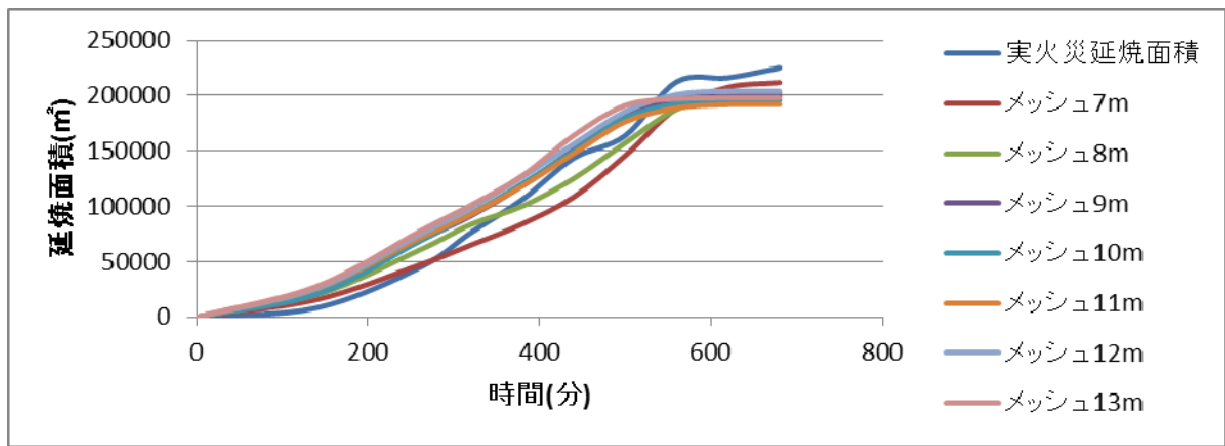


図-6 メッシュ・サイズ（7～13m）と焼失面積

本システムのメッシュサイズとして採用することにした。延焼形態についても、図-7に示すように、1時間毎の同時延焼曲線とほぼ一致していることが明らかになった。

以上より、酒田大火当時の都市構造データを採取し、著者等のシステムでメッシュサイズを変化させながら延焼面積・延焼形態を時系列で確認した結果、10m前後でのメッシュサイズが良好な再現性を表すことが明らかになった。

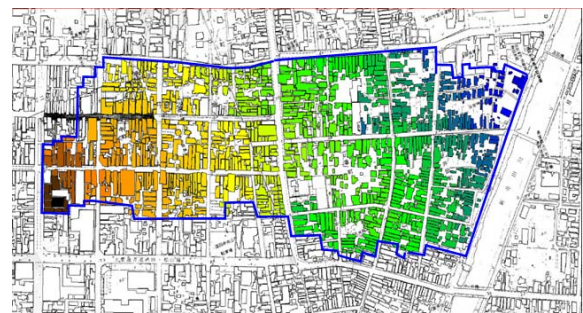


図-7 延焼形態の比較

3. 住民からのリスク・コミュニケーションによるシステム整合性

(1) 住民によるシステムへの疑義について

著者らは、丸亀市城北コミュニティー、愛媛県松山市を対象に開発したシステムを用いて、自主防災会単位のデータと、大震時火災延焼シミュレーション・システムを提供している。そもそも、この松山におけるリスク・コミュニケーションは、専門家を呼んでワークショップを行うスタイルで始まっている。著者等は、従来、手作業で地域のデータを採取してワークショップに臨んでいたため、事前準備に多大な時間を要していた。その後、前述したように、国土空間データからシミュレーション用のデータを瞬時に採取できるため、対象となる自主防災組織・行政組織が広がっている。現在は、久枝・栗井・西垣生・立花といった松山市を中心とした4つの自治防災組織とともに連携している。行政では、四国地方整備局、丸亀市役所、松山消防局と連携している。

その中でも、積極的にシミュレーションを活用して頂いているのが、松山市栗井の連合自主防災会長の中西氏である。中西氏は、栗井の各自主防災組織を対象に、地域の延焼危険性をシミュレーションにより提示し、住民の防災意識を高めたいとの思いで活動を行っ



図-8 光洋台の延焼結果に関する疑義（中西氏提供）

ている。そして、光洋台の自主防災会でシミュレーションを行った結果、住民より以下の点を指摘されたと報告を頂いた。

- a) 延焼するはずの地域が延焼していない
- b) シミュレーションの信頼性はどの程度か
- c) どのようなモデルを用いているのか

中西氏は、直接話しを聞きたいと、後日研究室を訪ねてくださった。

図-8は、中西氏から事前にメールでいただいた、疑義に関する資料の一部である。図-8の画面中央下側を出火点とし、風向を画面右下から左上への暗闇の風、風速は6m/sといった強い風を設定しているにもかかわらず、画面中央左の一带が延焼しないことに対して、シミュレーションを見た住民から上述した疑問が出たとのことであった。

まず、b), c)については、2. で検証を行った酒田大火によるメッシュサイズと実火災の再現性を説明することで理解をいただいた。a)については、図-8の画面左下の建物群への延焼が行われないことを再度確認したが理由については再度確認して報告することにした。

(2) 空間データ処理の改良について

著者等は、中西氏の疑問、a) 延焼するはずの地域が延焼していないについて、システムデータのチェックを行った。図-9は、国土空間データをメッシュ分割し、メッシュの属性（可燃木造：茶色、不燃耐火造：クリーム色、オープンスペース：白）を表示している。この図より、図-10の対象地域の国土空間データと比較すると、一見、木造建物が密集しているデータにも関わらず、図-9では、不燃耐火造のメッシュに変換されている。この原因は、図-10の国土空間データ淡い緑色で表示されている普通無壁舎（カーポート）を耐火建物として処理しているためであると判明した。そこで、普通無壁舎を木造建造物として取り扱い、図-11のようにデータを再取得した結果、延焼しなかった街区の延焼を確認することができた。これらの結果を、中西氏に報告した結果、住民にも再度説明会を開くとの返答を頂いた。

以上のように、行政・住民へシミュレーションを提示・提供することによって、シミュレーションに対する要望、疑問点等を情報提供いただき、システムの改良・修正へと繋がっている。これらの双方向のリスクコミュニケーションによって、シミュレーション・システムを介して、専門家・行政・住民との行動者役割、提唱者役割の役割交換が行われている。今後も、行政・住民と連携を取りながら双方向リスクコミュニケーションを継続し、システムの改良、専門家としての役割期待を果たしていきたいと考えている。



図-9 変換データのメッシュ表示



図-10 対象地域の国土空間データ



図-11 プログラム修正後の変換データメッシュ表示

4. おわりに

本論文では、著者等の大震時火災延焼シミュレーション・システムを提示・提供することによって、住民・行政から様々な意見・質問を頂いている。従来、専門家が、シミュレーションを提示し、地域の危険性や、あるべき行動を提示するリスク・コミュニケーションは多くおこなわれている。著者等は、シミュレーションに付与すべき条件、疑問点を頂き、それらをシステムに組み込む、あるいは、疑問点に答える形でリスク・コミュニケーションを行っている。

本研究の成果は、従来、地域のシミュレーション用のデータを採取するために、現地調査を行いデータを採取するスタイルから、国土空間データを用いて自動採取化することにより、多くの行政・住民とのリスク・コミュニケーションを実施できるようになった点にある。その過程で、システムに付与すべき要件の提案を頂き、それらをシステムに反映化した。その一つが、家屋の発火時間をグラデーション表示するとともに、発火時間を文字情報で表示する機能である。これらの結果、アンケートを通して、住民の避難行動意識が高まることを確認している⁶⁾。もう一点は、住民がシミュレーションを適用した結果から生じた疑問点、

- a) 延焼するはずの地域が延焼していない
- b) シミュレーションの信頼性はどの程度か
- c) どのようなモデルを用いているのか

に対して、a)については、著者等のデータ処理の不備であったことが明らかになり、システムの修正をことで対応できた。b)については、酒田大火を用いたモデルの検証によって、10mメッシュを用いることで、ほぼ再現性が見られたことで、住民に説明することができた。c)については、ポリゴンデータをメッシュ化して、建ぺい率、木造建物混成比、耐火建物混成比をパラメータとして延焼速度を計算していることを説明し納得いただいた。

以上より、行政・住民との双方向リスク・コミュニケーションより、システムの付与すべき条件、専門家としてリスク・コミュニケーションを行う上での知見を頂いた。今後、国土空間データから採取した建物データのチェックと修正を行いながら、住民自らがデータを更新しながら、継続的にシステムを活用して頂

くためのワークショップを開催したいと考えている。

参考文献

- 1) 消防庁災害対策本部(平成24年3月13日発表) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第145報)
(http://www.soumu.go.jp/main_content/000109170.pdf)
- 2) 自治省消防庁消防研究所：酒田市大火の延焼状況等に関する調査報告書
- 3) 酒田市：酒田市大火の記録と復興への道，1978
- 4) 酒田市建設部：酒田市大火 復興建設のあゆみ，1979
- 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，*Journal of the Operations Research Society of Japan* 30(1), pp. 59-87, 1987
- 6) 二神透，大本翔平：連合自主防災組織を対象とした地震火災リスク・コミュニケーションに関する研究，*土木計画学研究・講演集 (CD-ROM)* ,166, 2012
- 7) 保野健次郎，難波義郎，西谷忠彦：地震時および強風下における市街地火災の延焼速度と予測に関する基礎的研究，*日本火災学会論文集* 48(1), 1-10, 1998
- 8) 松岡秀男，保野健次郎，難波義郎，西谷忠彦：酒田大火における市街地建物火災の延焼速度に関する基礎的研究，*土木学会年次学術講演会講演概要集第4部*，pp.118-119, 1996年

(2013.8.2 受付)

BIDIRECTIONAL RISK COMMUNICATION USING THE FIRE SPREADING SIMULATION SYSTEM UNDER A BIG EARTQUAKE

Toru FUTAGAMI, Yuuki KUNIKATA

We develop the fire spreading simulation system at the time of big eartquake, and are performing risk communication with residents and local governments.

It had taken much time, in order to extract data conventionally. Then, we developed the system which extracts building form and structure classification from the space information data of the Geographical Survey Institute.

Next, the system was verified in order to reply to residents' question.

In this paper, by residents' indication, the circumstances where it resulted in reexamination of a simulator are described, and bidirectional risk communication is considered.