

糸魚川市大規模火災を対象とした 市街地火災延焼シミュレーションの適用

消防庁消防研究センター 高 梨 健 一

消防庁消防研究センター 細 川 直 史

1. はじめに

平成28年12月22日に糸魚川市において中華料理店から出火した火災は、強風に伴う飛び火により同時多発火災へと進展し、消防力を越えて大きく燃え広がり、平常時の火災としては昭和51年に発生した酒田大火以来の規模となったが、同様の木造密集市街地は全国各地に存在しており、他都市においても条件を整えば大規模延焼火災が発生するのではないかと懸念されているところである。

このような市街地火災の延焼を予測するために、従来から様々な延焼シミュレーションが開発されてきた。これらの市街地火災延焼シミュレーションの結果は、防災関係機関による大規模地震災害に備えた被害想定や、消防本部において消防活動計画を事前に作成するための参考情報、自治体の都市計画を担当する部局における防火対策の効果予測などに利用されており、糸魚川市大規模火災を受けて設置された「糸魚川市大規模火災を踏まえた今後の消防のあり方に関する検討会」の報告書¹⁾においても、市街地火災延焼シミュレーションを活用した木造密集市街地における火災危険性の把握やシミュレーション結果に基づいた関係機関との連携に関する訓練の実施などが提案されている。

消防研究センターでは平成11年度から大規模地震時の同時多発火災を念頭に市街地火災延焼シミュレーションに関する研究開発を行ってきており、本稿では、糸魚川市で発生した大規模火災に対して消防研究センターが開発を行ってきた市街地火災延焼シミュレーションソフトウェア²⁾を適用した結果について紹介する。

2. 消防研究センターの市街地火災延焼シミュレーションの概要

消防研究センターでは、大規模地震時の同時多発火災への対策立案や火災発生時の消防活動の方針作成への適用を念頭に、一棟一棟の火災延焼を予測する方式を採用し、個々の火災に対して消防活動の効果を盛り込むことのできる市街地火災延焼シミュレーションソフトウェア（図1）の開発を行ってきた。当初の開発目的を達成するためには、多数の試行が可能で、出火点情報を入力すると瞬時に結果を表示できるようなソフトウェアでなければならないため、正確さを考慮しつつモデルを簡略化することによって延焼計算の高速化を目指した。モデル簡略化の主な内容は次のとおりである。

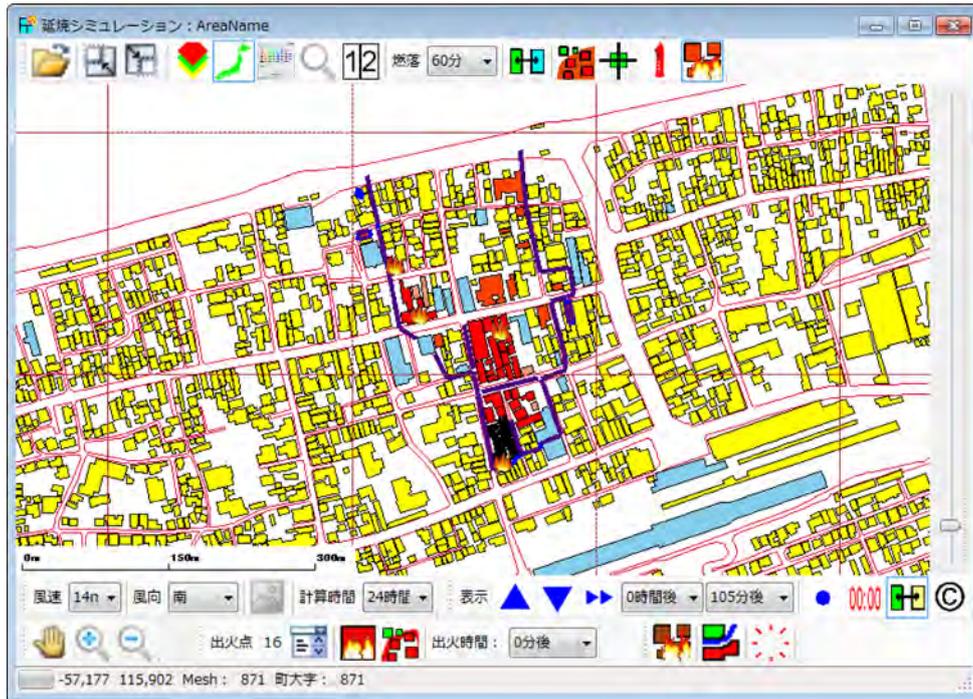


図1 市街地火災延焼シミュレーションの画面例

(1) 市街地条件の簡略化

実際の都市空間には様々な形の建物が様々な地形に存在しており、正確に延焼シミュレーションを行うためには個々の建物の条件にあわせて適切な計算を行って火災の進展を模擬する必要がある。しかしながら、そのような計算を行うと計算プログラムは複雑なものとなり、計算量も増大してしまう。そのため、実際の市街地火災では主たる延焼被害は一般住宅で発生すると考えられることから、全ての建物を一般住宅で多いと考えられる防火木造と、延焼を抑制すると考えられる耐火建物の2種類に大別し、耐火建物は延焼しないものとした。

また、建物が建てられている地表の高さや建物の階高が延焼に影響を及ぼすことは明らかなが、前段と同様の理由から、全ての建物を2階建てと仮定するとともに、全ての建物は同じ標高の土地に建設されているものと仮定して簡略化した。

(2) 延焼計算の簡略化

隣棟間の延焼時間は火元建物の重心から火元建

物の外壁までの屋内延焼、火元建物から延焼建物の外壁への隣棟間延焼、延焼建物の外壁から重心への屋内延焼の3つの段階に要する時間を合計して算出するが、逐次的に延焼経路を求めると計算時間を要するため、延焼経路を事前計算することとした。個々の建物の輪郭線を20cm間隔に等分して延焼箇所の候補となる点を設定し、風速0mの際の延焼速度を用いて異なる建物の重心間の延焼時間が最短となるような候補の組合せを求めて延焼経路を作成した。延焼経路の事前計算のイメージを図2に示す。この事前計算により、着火位置を毎回計算する必要がなくなり、延焼計算に要する時間を短縮することができた。

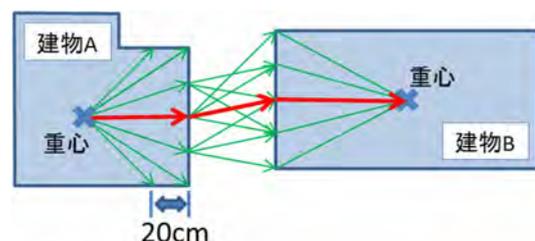


図2 延焼経路計算のイメージ
(太線が結果として得られる最短経路)

これらの簡略化を施した市街地データおよび延焼経路のイメージを図3に示す。

なお、このシミュレーションソフトウェアでは、消防活動の効果を盛り込むための方法として、延焼阻止線を設定することが可能である。シミュレーションソフトウェアでは、設定した延焼阻止線と交差する延焼経路を延焼計算に利用しないことで延焼阻止効果を実現しており、その効果は焼損建物や延焼範囲の減少として現れる。図4に延焼阻止線の効果のイメージを示す。

また、このシミュレーションソフトウェアには飛び火を予測する機能は無いが、大規模地震時の

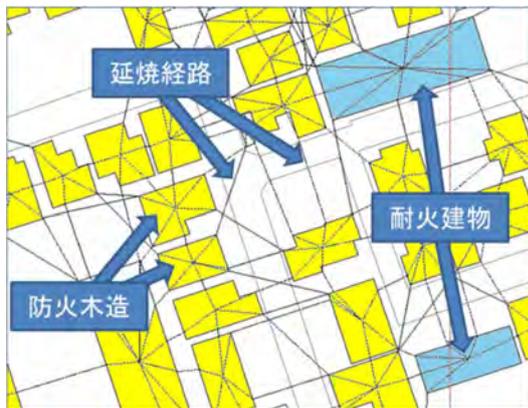


図3 簡略化した市街地データおよび延焼経路のイメージ

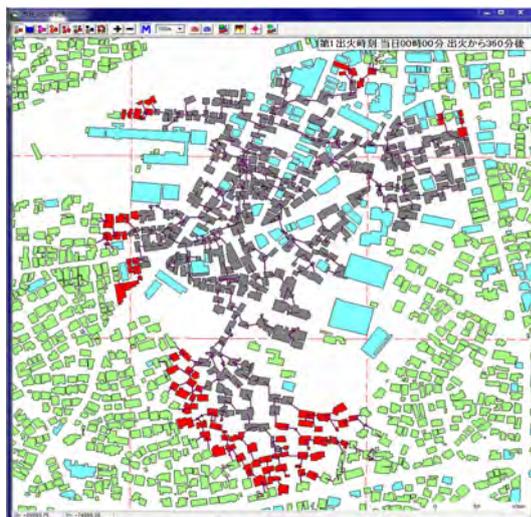
電気火災など災害発生に遅れて火災が発生する場合を想定して出火点毎に出火時間を設定する機能を有しているため、飛び火による出火点と出火時刻が判っていれば、シミュレーション上で飛び火出火を再現することが可能である。

3. 市街地火災延焼シミュレーションの適用

本節では、糸魚川市大規模火災に対して市街地火災延焼シミュレーションを適用した結果について示す。

シミュレーションを実行するための延焼経路データの作成には、国土地理院が公開している基盤地図情報を一部修正して用いた。出火点は、火元となる中華料理店のほか、飛び火による出火を盛り込むために国土技術政策総合研究所及び建築研究所が共同で発表した報告書（以後、「国総研及び建研資料」と呼ぶ）³⁾に基づいて15か所に時間差をもって設定した。なお、利用している地図データと実際の建物状況に差異があるため、飛び火によって出火した建物が地図データに無い場合には、なるべく近くの建物に設定した。

気象条件については、風向を実際の気象条件と



(左) 延焼阻止線なし



(右) 延焼阻止線あり

図4 延焼阻止線の効果

同じ南風とし、風速は市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアのインターフェイスの制約により1 m/s 刻みの設定となっているため13.9m/s に近い値である14m/s とした。

その他の条件としては、盛期火災の継続時間を60分とし、延焼速度式には東京消防庁の開発した延焼速度式⁴⁾を用いた。

3.1 シミュレーション結果の妥当性検証

本原稿作成時点において、糸魚川市大規模火災の延焼動態を取りまとめた資料としては、糸魚川市消防本部の作成した延焼動態図と状況図（以後、「消防本部資料」と呼ぶ¹⁾のほか、国総研及び建研資料に収録された延焼動態図が知られている。消防本部資料は、映像等の記録や消防職団員の記憶から作成され、実際の状況を完全に再現したものではないとされている。しかしながら、13:00

以前は空撮映像が得られていないため、原稿作成時点において13:00以前の全体的な延焼状況を示す公的資料は他にない。また、国総研及び建研資料に収録された延焼動態図は、Web上に掲載された映像・画像、現地調査時に収集した住民が撮影した静止画像の他、テレビ局及び新潟県警から提供を受けた火災時の映像を基に作成されたものである。空撮映像が得られた13:00以降の状況について詳細に解析が行われている。シミュレーション結果の妥当性を判断するために、これらの延焼動態図との比較を行った。

延焼状況を再現するために設定した延焼阻止線の状況を図5に示す。消防研究センターの調査により得られた焼け止まり線と同じ位置に延焼阻止線を設定したほか、現地調査結果や映像記録、証言などから街区間延焼が発生しなかったと考えられる3カ所の道路（図5中①～③）に延焼阻止線



図5 延焼阻止線の設定状況

を設定した。

シミュレーションの結果、最終的に延焼阻止線に囲まれた範囲の防火木造建物は全て延焼した。地図データと実際の建物状況に差異があるため、数値は実際と一致しないが、延焼棟数は161棟、焼損床面積は約16,164㎡であった。

図6～10に、シミュレーション結果と実際の延焼状況を示す。実際の延焼状況については、図6及び図7は消防本部資料に、図8から図10は国総研及び建研資料に基づいて、比較のためにそれぞれ

れの資料からおおよその範囲を書き写したものである。

比較の結果、シミュレーション結果のほうが延焼の進み具合が早いものの、延焼の進み方はよく一致していることが判った。シミュレーション結果の進み具合が早い理由としては、設定した風速が実際の風速より若干早い影響や、消防活動の注水によって実際の延焼速度が抑えられている可能性などが考えられる。



図6 シミュレーション結果(左)と実際の延焼状況(右)の比較(11:35)



図7 シミュレーション結果(左)と実際の延焼状況(右)の比較(12:00)

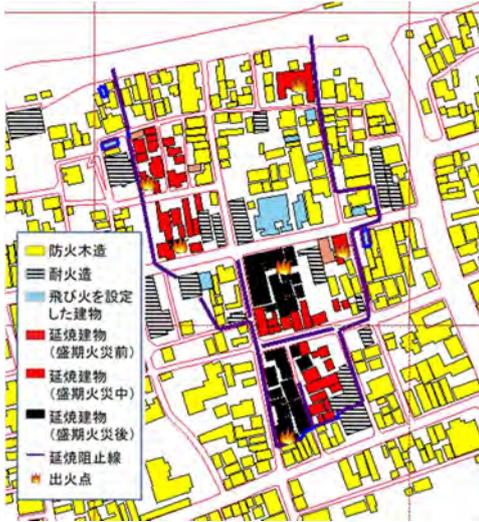


図8 シミュレーション結果 (左) と実際の延焼状況 (右) の比較 (13:00)



図9 シミュレーション結果 (左) と実際の延焼状況 (右) の比較 (14:00)



図10 シミュレーション結果 (左) と実際の延焼状況 (右) の比較 (15:00)

3.2 放任火災との比較

次に、消防活動が行われなかった場合を想定して、延焼阻止線を設定せずにシミュレーションを行った。計算結果を図11に示す。延焼棟数は248棟、延焼床面積は約25,383㎡であった。

この結果を、延焼阻止線を設定した場合と比較すると、延焼地域の東側区画や南西区画で大きく延焼が広がっていることが判る。延焼棟数及び延焼した建築面積について比較すると、概ね1.5倍になっており、あくまでもシミュレーションの結果ではあるが、消防活動により延焼被害が2/3に抑えられたと考えることができる。

なお、前述のとおり、消防研究センターの市街地火災延焼シミュレーションは、高速化を目指して簡略化したモデルを利用しており、飛び火を予測する機能は無い。放任火災のシミュレーション結果において実際の延焼範囲よりも外側に燃え広がった箇所から、今回発生しなかった別の飛び火が発生した可能性もあり、その場合には更に延焼範囲が拡大していた可能性も十分考えられる。このことから、1.5倍という計算結果は低く見積もっている可能性がある。

5. おわりに

平成28年12月22日に糸魚川市大町1丁目で発生した大規模火災について消防研究センターの開発している市街地火災延焼シミュレーションを適用し、消防本部資料ならびに国総研及び建研資料と比較して検証した。また、消防活動が行われなかった場合に延焼すると想定される範囲を計算し

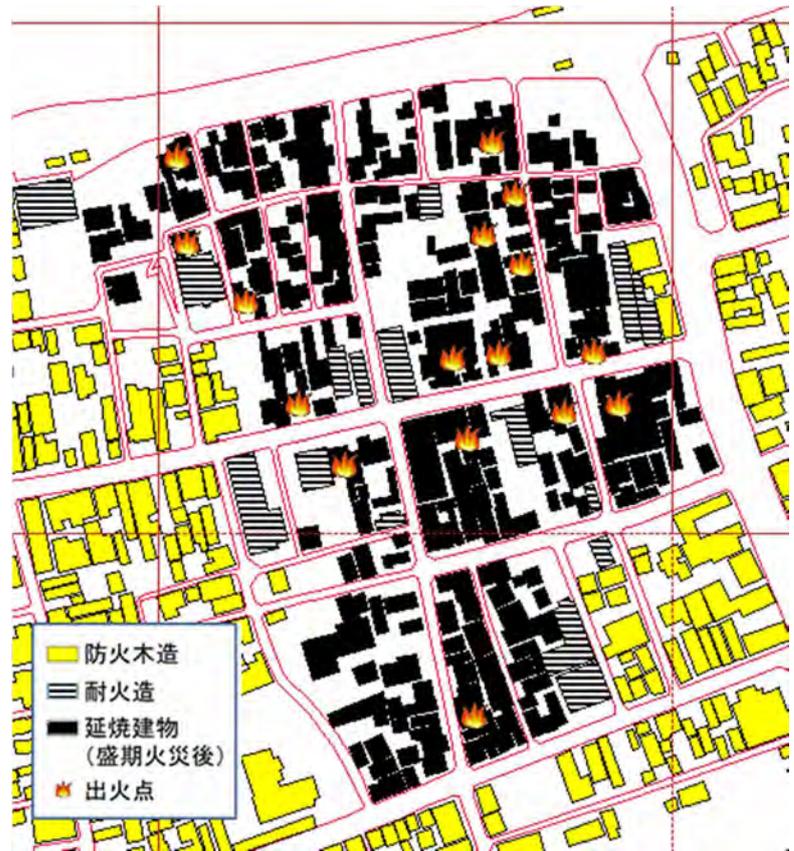


図11 放任火災の場合の計算結果

て比較することにより、消防活動のもたらした効果について可能性を示した。

参考文献

- 1) 総務省消防庁、糸魚川市大規模火災を踏まえた今後の消防のあり方に関する検討会報告書(2017)
- 2) 独立行政法人消防研究所、消防活動支援システムの開発に関する研究報告書(2003)
- 3) 国土交通省国土政策総合技術研究所および国立研究開発法人建築研究所、平成28年(2016年)12月22日に発生した新潟県糸魚川市における大規模火災に係る建物被害調査報告書、国土技術政策総合研究所資料、No.980あるいは建築研究資料、No.184、(2017)
- 4) 東京消防庁、地震時の延焼シミュレーションシステムに関する調査研究(1989)