

# 住宅用火災警報器を活用した地域防災情報ネットワークの 構築に向けた実証研究

## ～篠山市篠山重伝建地区を対象として～

Positive Research Toward the Planning of the Regional Information Network for Disaster  
Mitigation which Utilized a Residential Fire Alarm  
-Case Study on Sasayama Important Preservation Districts for Groups of Historic Buildings-

深田亮介<sup>1</sup>・大窪健之<sup>2</sup>

Ryosuke Fukada and Takeyuki Okubo

<sup>1</sup>立命館大学 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Student, Ritsumeikan University, Dept. of Civil Engineering

<sup>2</sup>立命館大学教授 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Professor, Ritsumeikan University, Dept. of Civil Engineering

The spread of fire in the densely-built urban area that occurs due to the regional disaster such as earthquakes, it was difficult to understand the movement because of smoke and confusion according to a fire, destruction of warning information network, and traffic crash. Then, “The Spread of Fire Monitoring System is developed to collect the damage situations which always work promptly and automatically without any manual operations, and it can help making an evacuation order immediately. For the development of the system, we inspected the confirmation of function and the effectiveness of a device produced experimentally by a positive research. As a result, the improvement policy in the future was arranged based on the problem from the test.

**Key Words :** *Regional Safety, Urban Restoration Fire Alarm, Information Network*

地域防災、町並み保存、火災警報器、情報ネットワーク

### 1. はじめに

我が国における歴史的町並み保存事業は30年余りの歴史があり、現在文化庁に選定されている重要伝統的建造物群保存地区（以下、伝建地区）は、全国で86地区（平成21年12月現在）にのぼり、我が国のまちづくりの重要な要素となっている。これらの建造物群のほとんどは防災的に脆弱な木造建築群で構成され、道路幅が狭く建物が密集していることから避難路の確保も難しいため、町並み保存に適応した防災計画が必要である。本実証研究の対象地とする兵庫県篠山市篠山重伝建地区においては、篠山市教育委員会が平成19年度に策定した「篠山市篠山伝統的建造物群保存地区防災計画」として防災計画の策定にあたっている。

阪神・淡路大震災でも発生した、地震などの広域災害に起因する密集市街地での延焼火災は、火災に伴う煙や混乱、情報網の壊滅、交通網の寸断などにより、これまでその動態を現場で逐次的に把握することが困難であった。もし迫り来る延焼火災の動態が、現場で逐次的に把握することが可能となれば市民にとって刻々と変化する安全な避難方向を把握することが可能となる。また、消防隊にとって延焼阻止線をどこに展

開するのが有効かを判断する材料に繋がるなど、防災システム研究の目的である「災害被害を最小限に留める」ために必須となる、消防戦略にとって極めて有用な情報を得ることができる。

本研究は、各地に設けられたセンサーによって、時々刻々と変化する被害状況等を人手をかけずに迅速かつ自動的に収集して適切な初動出動態勢をとらせることができる災害情報収集管理システム(延焼火災モニタリングシステム)の開発に向けて、試作開発が行われた無線火災通報装置の機能確認と有効性の評価を実証実験により検証する。あわせて、実証実験後にモニター協力者に対する聞き取り調査を行い、課題を抽出することで今後の改善方針を整理する。

## 2. 延焼火災モニタリングシステム

### (1) システムの概要

阪神・淡路大震災において、甚大な被害を受ける一因ともなった延焼火災の動態を逐次的に把握することが「災害被害を最小限に留める」という防災システムの研究を目指す上での最大の目的につながる消防戦略を展開することができると考え、住宅用火災警報器の設置の義務化に伴い、延焼火災モニタリングシステムの開発を試みた。本研究で扱う延焼火災モニタリングシステムは、平成20年9月3日に「延焼火災モニタリングシステム」(整理番号:16448 特願 2008-226387)として特許を出願している。

本システムは改正消防法第9条の2によって新築住宅については平成18年6月1日から、既存住宅については各市町村条例により平成20年6月1日から平成23年6月1日の間で、すべての住宅に対し設置が義務化されている住宅用火災警報器を社会的なインフラとして位置づけ、これを火災情報発信器として活用することにある。すなわち、全住宅に設置された発信装置からのID信号(電話番号など)を継続的に受信することでその信号のIDから発報のあった場所を特定し、住民同士で情報を共有し合い、危険を相互に察知できる無線ネットワーク(地域防災情報ネットワークという)を構築し、延焼火災の動態を逐次的に把握するものである。また、ネットワーク内で共有する情報を携帯電話やパソコン、又は緊急車両のGPS等に配信することにより、外部端末上に火災場所などを表示し、モニタリングすることもできる。上記の内容を包括する全体を延焼火災モニタリングシステムとし、システムの全体構想および本研究の範囲を図1に示す。

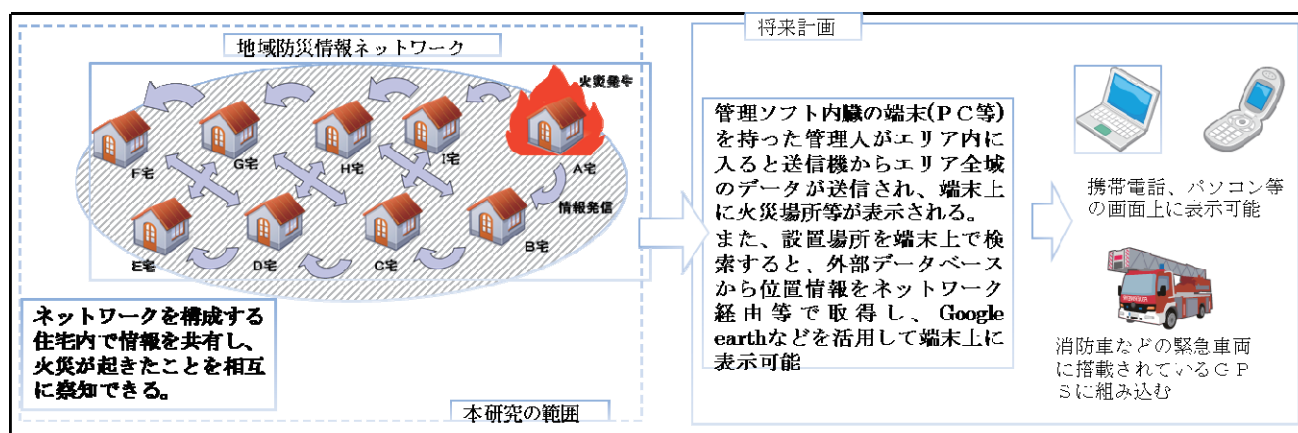


図1：延焼火災モニタリングシステムの全体構想

### (2) 地域防災情報ネットワーク

本研究で目指す地域防災情報ネットワークは、小規模なもので複数存在するネットワークであり、それぞれ近いネットワーク同士がメッシュ状に繋がっている。したがって、万が一装置の焼損等により一方のネットワークが寸断されても他のネットワークから情報を得ることが可能であり、常に小規模ネットワークを辿っていくと通信エリア内における全ての情報の入手が可能となる。

### 3. 無線火災通報装置

#### (1) 装置の概要

延焼火災モニタリングシステムの開発に向けて、住宅用火災警報器(以下、住警器とする)の警報音を認識し、自動的に近隣住宅へ火災情報を無線発信する機能を有する無線火災通報装置(図2)の試作開発が行われた。装置の概要を以下に述べる。

無線火災通報装置は、各住宅内に設置されている住警器のブザー音を感知し、ネットワークを構成する住宅間で火災情報を送受信し合うことで相互に出火を察知できるシステムである。ゆえに、住警器が作動した場合にその発報を宅内にとどまらずに近隣住宅に知らせ、火災情報を共有することによって迅速な初期消火や安全な避難活動につなげることが可能になる。さらに、装置の表示パネルにあるLEDにより、出火位置も特定できる仕組みとなっている。また、感知させる音については、警報器の発報音以外も設定することができ、今回は2種類のタイプの住警器と市販されている防犯ブザーの3種類の音を感知するように設定されている。

ここで、図2の表示パネルのLEDについては、**点灯**で住警器、**点滅**で防犯ブザーのブザー音をそれぞれ感知したことを示すようになっている。また、正常に無線通信を行えるように、中継機能を持つ中継器も同様に数台試作された。(図3)

その他、無線通信におけるデータ受信の確認を行える受信器や、それを表示するためのPCも備えた。

無線火災通報装置の主な特徴について、以下に示す。

- ①全住宅において設置が義務化されている住宅用火災警報器等をセンサーとして利用するため、新たに大きな予算を投じて特別なセンサーをインフラとして整備する必要がないため低コストである。
- ②試作された端末は数種類もの住警器の警報音に感知するよう設定できるため、汎用性があり、信頼性のある情報を得ることができる。
- ③本端末の電源は乾電池により供給され、電源ケーブルをつなぐ必要がないため、地震などによって起きると想定される停電時にも稼働でき、安全である。

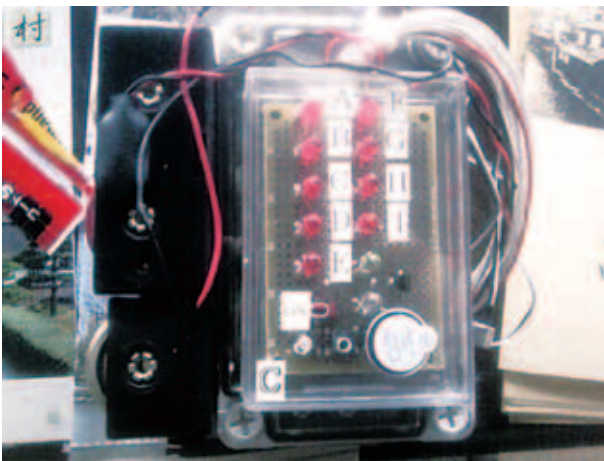


図2：無線火災通報装置



図3：中継器

## (2) 高齢者福祉への応用

伝建地区は高齢者層の居住割合が高く、独居老人世帯割合が約20%を占めている。高齢者世帯は急病、事故の際手遅れとなる恐れがあり、高齢者が家族と同居している場合でも、伝建地区内の一家屋の敷地面積が広い上に建物が町屋の特徴である細長い構造であるため高齢者の緊急時に家族が気付かないことも考えられる。そこで地域防災情報ネットワークの応用活用として単身・高齢者世帯等における急病・事故等の緊急通報機能を付加することの有効性を示す。

本システムは住宅用火災警報器の警報音だけでなく様々な音を感知するように設定できる。この機能を活かし、市販されている防犯ベルのブザー音を設定することによって、一人暮らしや高齢者世帯などの緊急通報装置(通報ブザー)として福祉・介護面においても活用することができる

## 4. 篠山市における実証実験計画

### (1) 実証実験の目的

本実証実験の目的は、開発する「延焼火災モニタリングシステム」のために必須であるとする、各住宅における無線情報ネットワークの構築をはじめとする以下の3点を主な検証項目に挙げ、実証実験を行うことによりそれらの評価を行うものとする。

- ① 無線情報ネットワークの仮設と機能確認
- ② 無線火災通報装置の機能性、有効性の確認
- ③ 住民同士によるコミュニケーション形成への効果

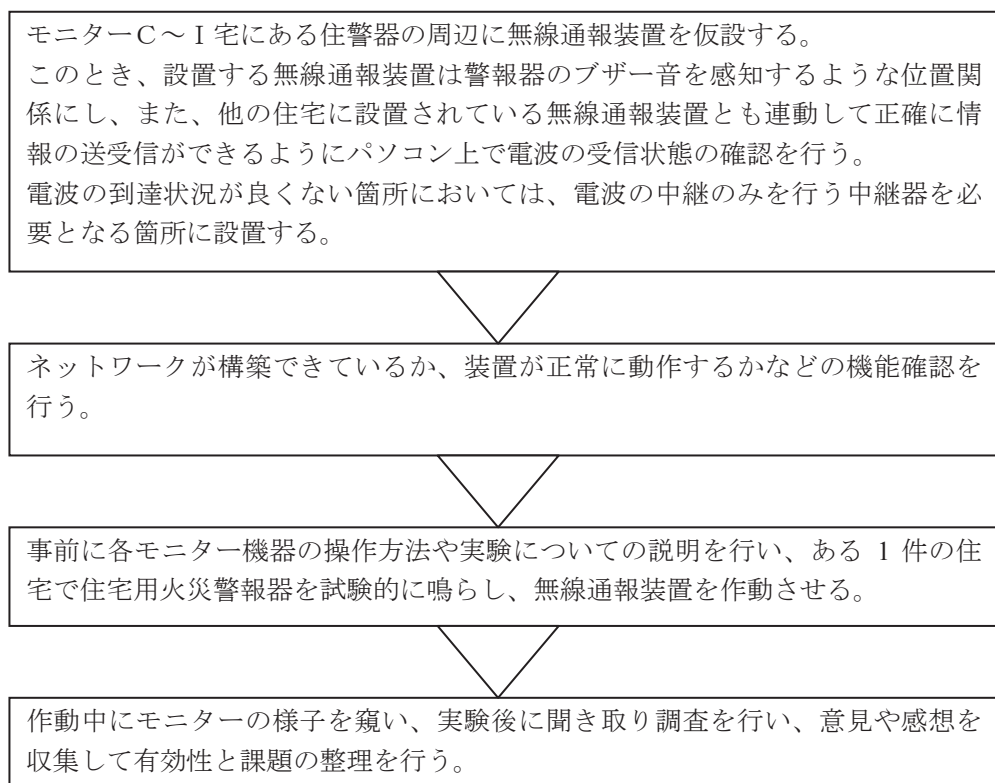


図4：実験計画のフロー



## (2) 実証実験の内容について

図4に示す実験計画のフローを基に行った、実証実験の詳しい概要を以下に述べる。対象とする篠山市下河原町の地域住民7名の方々にモニター調査として実験に協力していただき、10月29日から1月26日の間、無線火災通報装置の仮設と無線通信によるネットワークの構築を試みた。また、ネットワークの構築が確認できた段階で、ある1件の住宅の住警器を試験的に作動させて無線火災通報装置を発報させることによって実用性の確認を行った。その後、各モニター宅に伺い聞き取り調査を行うことにより地域防災情報ネットワークを構築する上での有効性と主な課題を抽出し、それに対する改善方針を示した。

・実験実施日：2010年1月23日(土)

### ① 実験前

仮設する無線火災通報装置と中継器の設置位置を図5に示す。図の赤色で示されている7件の住宅それぞれに7台の無線通報装置C～Iを仮設し、それに伴い電波の中継のみを行う中継器を各住宅内や軒下、街灯に合計27台設置し、ネットワークの仮設と機能確認を行った。

このとき、Eの端末が不調であり、すべての住宅においてネットワークができていることは確認できなかったが、Dの位置にて住宅用火災警報器を試験的に鳴らし、無線通報装置を約15分間作動させる実験を行った。なお、各モニターには事前に「当日中に訓練として作動させるので、普段通りの生活をしてもらい、警報が鳴った場合には実際に火災が起きたと想定して行動して下さい」と伝えた。

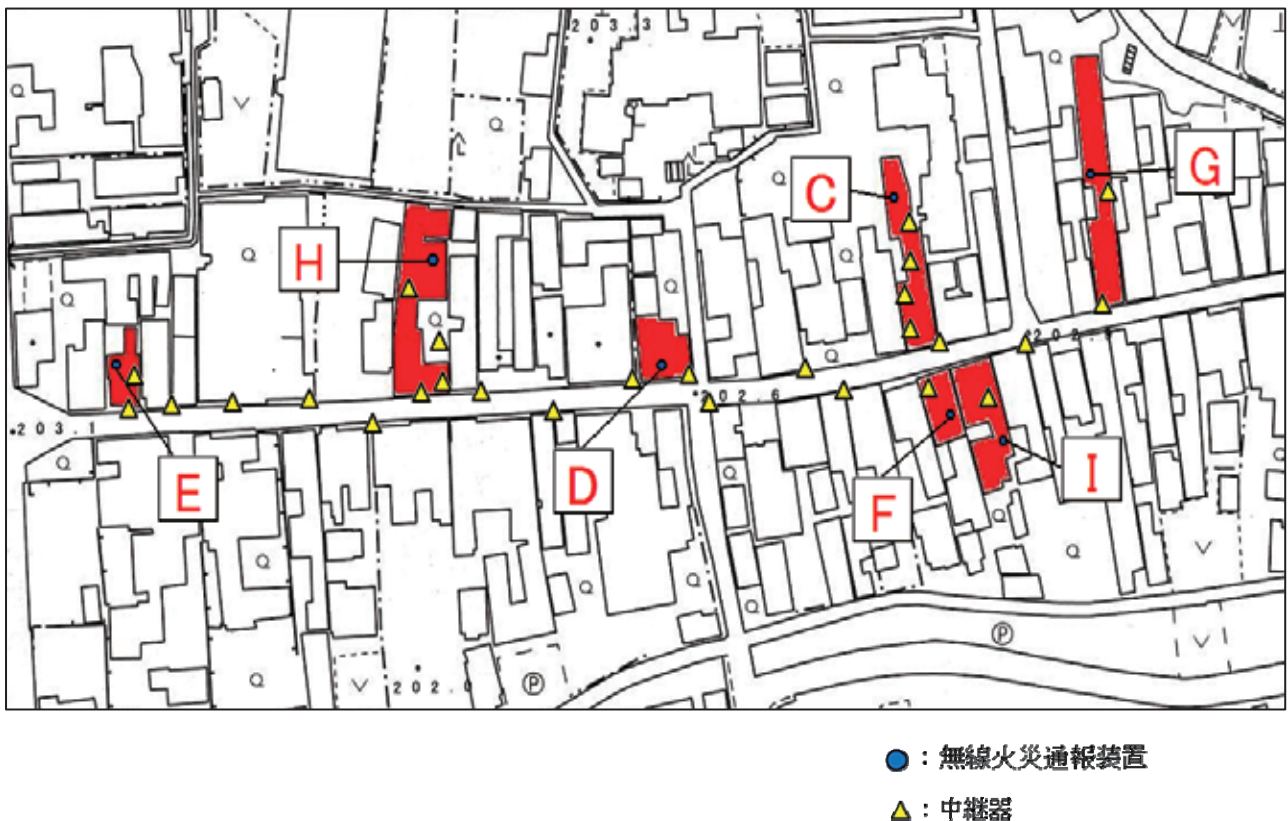


図5：無線火災通報装置と中継器の仮設位置

## ② 実験中

15時45分にD宅の住宅用火災警報器を作動させ、無線火災通報装置を通じて発報させた。装置を作動させている間、住宅用火災警報器を鳴らしたD宅に安否を確認する電話や、外へ出たり自転車に乗って様子を伺いに来るなどといったモニターの方々への変化が見てとれた。



図6：安否の確認に来る様子



図7：外に出ている様子

## ③ 実験後

発報後15分以上経過し、これ以上の変化は見られないと判断した時点で、モニターの方々の各住宅に伺い、無線通報装置を停止させ、中継器も含めて回収作業を行った。後日、実験におけるモニターへの聞き取り調査を行った。

### (3) 実験結果

実証実験を通して明らかになった無線火災通報装置の有効性や課題をモニター協力者への聞き取り調査により抽出し、整理を行った。項目と主な意見を性能面、運用面に分類しそれぞれ表1、表2に示す。

表1：性能面についての主な意見

分類	項目	主な意見
性能面	LED表示について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ランプの点灯や点滅ではなく色や声で知らせるようにできると高齢者にも認識しやすい</li> <li>・どこで起きたかということはすぐに判断できたが、火災かそうでないかはある程度注意してみないとわかりにくい</li> </ul>
	ブザーについて	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験時にブザー音は聞こえたが、雑音が混じっていれば聞こえなかったと思うのでどこにいても察知できるように工夫が必要である。</li> <li>・何が鳴っているのか瞬時にわからなかったので音に工夫が必要である</li> <li>・ブザー音ではなく「火事です」や「〇〇が倒れました」など音声で知らせることができるようになればさらにわかりやすい</li> <li>・装置を取り付けている部屋以外にいる場合に聞こえにくいので他の箇所からも音を出せるようにしてほしい</li> </ul>
	高齢者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高齢者の孤独死が多いため、火災だけでなく防犯ブザーを緊急通報装置として利用できる機能は重要だと思う</li> <li>・操作性、視認性など高齢者の人にとってわかりにくいところが多い</li> </ul>
	誤作動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・頻繁に起こる誤作動を改善しないとイケない</li> </ul>

表 2：運用面についての主な意見

分類	項目	主な意見
運用面	出火前について	・事前にマニュアルを作っておく必要があるのではないか ・素早く察知できた場合に効率的に消火を行うために、近所との連絡方法や取り組みなどを事前に決めておく必要があるのではないか
	出火時について	・火災が起きた場合に早く気づくことができると思うし、冷静に判断して行動できるという点で非常に有効だと思う ・夜中に火災が起きた場合、煙がどのお宅から出ているかなどが把握できないので、どこから火事が起こったのかわかるということは大事だと思う ・民生委員や普段お店をしているところに知らせると良いのではないかと ・火災は時間が重要な問題であるので、素早く察知できるということは効率的な初期消火を行う上でとても重要である。
	出火後について	・老人会などで高齢者が同時に留守の場合があるため、集会所等で地域全体の様子を把握できるといったような場所を何箇所か設ける必要があると思う
	危険性の認識	・訓練と聞かされていたため、危険性を認識することができなかった
	防災意識について	・装置を取り付けるということ自体が防災意識を高めることに繋がると思う
	高齢者福祉への応用について	・防災より防犯ブザーを利用した機能で福祉や介護に役立てることが多くなると思う
	コミュニケーション形成について	・隣保制度のように4、5件で連携をとって活用していくのが最も効率的ではないかと ・仲の良い近所同士からネットワークを作っていく、徐々に大きくしていくのが良いと思う ・近所付き合いの良し悪しとは関係なく助け合うことになると思う ・装置を取り付けることでお互いを気に掛けるようになり、近所同士でのコミュニティの形成の向上にもつながると思う
	コスト面について	・地域全体で取り付ける必要があるため、実際に取り付ける際には国や市が補助金を出すなどして負担を軽くしてほしい

## 5. まとめと今後の課題

### (1) 性能面について

#### ①稼働時間

乾電池での稼働時間が無線通報装置、中継器ともに1週間程度であることが判明した。住宅用火災警報器の電池寿命が約10年間であることを考えると、長くする必要があると考えられる。電源に関しては、建物が大きく破損する地震時における停電リスクを考慮し乾電池を用いているが、現段階での稼働時間では出火時に電池が消耗しており機能しない恐れがある。したがって、電池を補助電源程度のシステムとすることも考えられる。

#### ②電波の有効範囲

実験を行う際に27台の中継器を設置したが、もっと少ない数量で受信できるようにすることが望まれる。

#### ③マイクの感度

遠方のブザー音も認識できるようにマイクの性能を改善する。

#### ④誤作動

仮設期間中に掃除機の稼働音や雑音などを警報音として認識することが多く、誤作動を頻繁に起こす問題があった。そのため、ソフトの開発、改善が必要であると考えられる。

#### ⑤操作性

無線通報装置が誤作動を起こした際にはつまようじなどの細い棒を用いてリセットを行うため、高齢者には操作が難しいといえる。



## ⑥データ処理

実証実験時にEの端末に発生した問題のように、ネットワーク内で情報の送受信量が非常に多い端末が存在すると、データの処理が間に合わずに中継しきれないデータが発生し、ネットワーク内での信号のやり取りに不具合が生じる場合がある。また、課題として電波の錯綜を防ぐためにも警報音の反射の影響を受けにくい特殊電波等を同時に発生させることで、受信システム側にとってより位置を把握しやすくなる仕様に規格化することなどが求められる。

## (2) 運用面について

### ①不在である場合に非常事態に気が付かない

外出時や別の居室にいる場合に火災等の非常事態になると、装置が発砲しても気が付かない。

### ②事前に連絡方法や取り決めが必要

出火元の住宅が不在である場合の火災時や、初期消火活動を冷静に行うためには、事前に近隣住民同士による取り決めが必要であると考えられる。

### ③災害時に地域全体の状況を把握できるようにする

高齢者の多く住んでいる地域には老人会などがあり、複数の住宅が同時に不在になる可能性があるため、集会所等に行くと火災の位置が把握できるなどといった、地域全体の情報を得られるようなシステムの検討が必要である。

## (3) 今後の課題について

本研究では、「延焼火災モニタリングシステム」の基盤となる地域防災情報ネットワークの構築に向けて実証実験を行い、モニター調査により地域住民の意見と評価を得ることができた。しかし、今回は試作開発の段階ということもあり、装置に誤作動や不具合等が多くみられたため、モニター協力者には事前に告知をした上で実験を行った。そのため、実際に火災が発生した非常時における危険性を認識し、行動した可能性があるとは必ずしも言い切れない。したがって、より効果的な意見を得るためには警報器を抜き打ち形式で作動させる必要があったと考えられる。また、本研究でのシステムは、装置の発報時に在宅でないと住民がネットワーク内の異常に気付くことができないため、本研究の目指す迅速な消火・避難活動につなげることは難しいといえる。その場合に非常時にネットワークを構成する住宅内で情報を共有し合うだけでなく、携帯端末等に火災情報などが配信されるようになるなどといった方策が求められる。

今回警報器を作動させる実験に至ったのは一回のみであり、それだけでは信憑性のある成果を得られたとは言いがたい。よって、装置の感知成功率や誤感知する音源の種類・頻度等の精度の高いデータなどを得るためには繰り返し同じ実験を行う必要があるといえ、本システムの有効性や機能性についてのさらなる定量化を進めることが今後の重要な課題である。情報ネットワークを構築し、地域防災力の向上を目指すことは、伝統的な木造密集市街地において必要不可欠である。それを他の市街地にも適用できるように社会情勢等も踏まえた上で、多様な視点から今後検討を行っていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 大窪健之 歴史都市防災システム・機器開発研究会「延焼火災モニタリングシステム」、整理番号：16448 特願 2008-226387 提出日：平成20年9月3日
- 2) 創機システムズ「広域延焼モニタリングシステム 試作開発」報告書 平成21年10月15日
- 3) 小西祐子、長谷見雄二、川尻又秀、田中彰、宮島清、井上剛「災害情報ネットワークによる地域防災システム 高山市三町伝建地区における実施報告」日本建築学会技術報告集 第10号、135-138、2000.6
- 4) 長谷見雄二「町並み保存の防災計画とその支援技術としての災害情報ネットワーク」日本建築学会技術報告集 第3号、165-169、1996.12
- 5) 篠山市教育委員会「篠山市篠山伝統的建造物群保存地区防災計画報告書」平成20年3月
- 6) 内田祥文「建築と火災」相模書房、1953
- 7) 荻谷勇雅：伝建地区制度の可能性、全国町並み保存連盟編、新・町並み時代所収、学芸出版社、1999



## 建物部材単位の耐火性向上や防災水利整備といった 歴史的都市に適用可能な延焼火災対策とその評価支援システム

Evaluation Support System of Fire Safety Measures by Altering Building Members and  
Implementing Fire-fighting Water Supply System for Preservation of Historical Urban Area

横山昇平<sup>1</sup>・樋本圭佑<sup>2</sup>・田中喙義<sup>3</sup>

Shohei YOKOYAMA, Keisuke HIMOTO, and Takeyoshi TANAKA

<sup>1</sup>応用地質株式会社 (〒532-0021 大阪府大阪市淀川区田川北2-4-66)

OYO Corporation

<sup>2</sup>京都大学 次世代開拓研究ユニット (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

Pioneering Research Unit for Next Generation, Kyoto University

<sup>3</sup>京都大学 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

To preserve the spectacle and to build disaster resilient city in the traditional city like Kyoto, a fireproof improvement of each building members and the disaster prevention water supply maintenance are thought as the main measures. The technique for quantitatively evaluating the effect of measures is necessary to execute these measures appropriately. In this study, the system that the modification of the building members and the extinction ability of the firefighting equipment are quantitatively evaluated was constructed.

**Key Words :** *historical urban area, support system of risk assessment, evaluation of fire prevention measures*

### 1. はじめに

わが国には依然として多くの密集市街地が存在し、地震火災のような広域災害に対する脆弱性を抱えた地域が広く残っている。このような地域に対して、再開発によるオープンスペースの確保や主要道路沿いの建物の不燃化などのような、都市構造の改変による対策が進められてきた。

一方、京都のように木造の伝統的建築物で構成される密集市街地に対して、上記のような対策を施すことは、伝統的な街並を失うことを意味する。歴史的な景観に配慮しながら災害に強いまちづくりを実践するためには、都市レベルの対策とは別に、部材単位の改修・補強などの対策や、防災水利の整備、地域での消防活動強化の取組みが欠かせない。地域住民による自助や共助・互助の観点からも、これら防災対策の評価を行うことが重要と考える。

このような歴史的都市の市街地火災に対して、延焼動態予測に基づいて、被害を最小限に食い止める方策を検討する際において、街区・メッシュ・建物棟単位で延焼動態を評価する手法では、上述のような対策の効果を定量的に評価することはできない。すなわち、歴史的都市の市街地火災対策に応じた部材単位の防火性能評価に基づいて、市街地の延焼危険性を定量的に評価する手法が必要となる。

加えて、地域の消火能力を評価する場合においても、消防水利や放水設備の位置や水量・放水能力および類焼状況を鑑みて、時系列に変化する消火活動範囲を評価できるものでなければ、景観への影響を最小限に抑えた必要十分かつ肌理細やかな防災水利整備の検討を行うことができない。

これまで筆者らは、物理的知見に基づく市街地火災延焼性状予測モデル<sup>1)</sup> (以下、本延焼予測モデルとす

る。)を構築し、これをGISと組み合わせることで、視覚的な操作により延焼動態を評価することのできる評価支援システム(以下、既往システムとする。)の開発を進めてきた<sup>2)</sup>。さらに、放水による火災抑制効果を定量的に評価する消火活動モデル(以下、本消火活動モデルとする。)の検討を行った<sup>3)</sup>。

本研究では、この既往の評価支援システムの改良を行い、建物部材の不燃・難燃化による延焼対策の効果と、消防水利と放水設備の適正配置や消火能力向上が延焼抑止にもたらす効果についての評価を可能とするGISインターフェースを作成し、評価支援システムの改善を目指した。

## 2. 既往の評価支援システムの特徴

### (1) 延焼予測モデルの特徴

既往システムで採用している延焼予測モデルは、火災現象の物理的知見に基づき定式化された延焼予測モデルである<sup>1)</sup>。本延焼予測モデルでは、都市火災を複数の建物火災の集合と捉え、他の建物火災の影響下における個々の建物火災の燃焼性状を予測することで、市街地全体の火災性状予測を行っている。具体的には、a) 火災建物からの輻射熱伝達、b) 火災建物の風下側に形成される熱気流による対流熱伝達、c) 市街地風によって飛散する火の粉を、建物間の火災拡大要因として考慮し、延焼動態を再現している。この延焼予測モデルがどの程度の予測精度を担保しているかについては、既報において検証を行っているとおりである。<sup>4)5)</sup>

### (2) 消火活動モデルの特徴

本消火活動モデルは、放水による火災抑制効果を、a)水分蒸発に伴う区画内ガスの冷却効果、b)水蒸気の発生に伴う区画内ガスの希釈効果、c)可燃物表面の湿潤による熱分解抑制効果の3つの効果に分けてモデル化を行っている。さらに、消火設備には消防水利と放水設備の2区分を設け、それぞれについて、貯水量や放水能力の設定値を考慮して、消火活動能力の評価を行っている。加えて、消火活動が行われる前提条件として、消防水利と放水設備の両者が揃うこととし、消火活動の対象となる建物は、a)消防水利から消防用ホースが延長可能な範囲内にあること、b)消防活動に従事する者の安全のため燃焼領域内に孤立していないこと、c)同じく周囲温度上昇が一定値以下であることといった条件を満たすものに限定することで、実際の消火活動開始時刻や消火活動可能領域の再現に努めている<sup>3)</sup>。

### (3) 既往システムの特徴

既往システムでは、GISを操作のプラットフォームとして採用し、GIS上から延焼予測モデルにかかる入出力データの管理を行うことのできる仕組みを構築した<sup>2)</sup>。上述のように物理的知見に基づいて延焼動態を予測する本延焼予測モデルでは、入力データとして、a) 建物全体に関するデータ(各建物の建物種別や階高、建物の全ノード(隅角部)の座標など)、b) 構造部材に関するデータ(壁面の部材種別、壁面の構成ノードに関する情報など)、c) 開口部材に関するデータや d) 輻射熱算定に用いる係数データ、e) 壁・開口部材の熱物性データなど、種々のデータを必要とするが、既往システムを活用することで、視覚的かつ容易にこれらのデータ作成を行うことができる<sup>2)</sup>。この既往システムを用いることによって、建物情報に基づいた市街地の延焼危険度の現状評価を行うことができる。

## 3. 延焼火災対策の内容とその評価方法

本研究では、既往システムのGISインターフェースを改善し、消火設備の適正配置の検討および、建物部材の変更による延焼抑止効果の検証を支援するGISインターフェースを追加した。既往の延焼予測モデルおよび消火活動モデルでも、消火設備の適正配置の検討や建物部材の変更を行うことは、入力データを書き換えることで対応でき、既報<sup>6)</sup>においてモデル地区での検証を行っている。しかし、これを行うためには、モデルの設計思想やデータ構成など、相応の知識を要することから、操作手続きの改善が必要であった。

操作全体の流れは、図1に示すとおりである。既往システムのインターフェースを用いて作成した解析用入力データに対して、本研究で開発した建物部材変更インターフェースや消火設備配置インターフェースを用いて、数値変更や情報項目の追加を行うことで、新たな入力データを作成し、解析結果を比較することで、延焼動態の相違を視覚的に捉えようとするものである。

以下に、建物部材の変更と消火設備の整備、両者の防災対策をGISのシステム上で表現する方法について説明する。

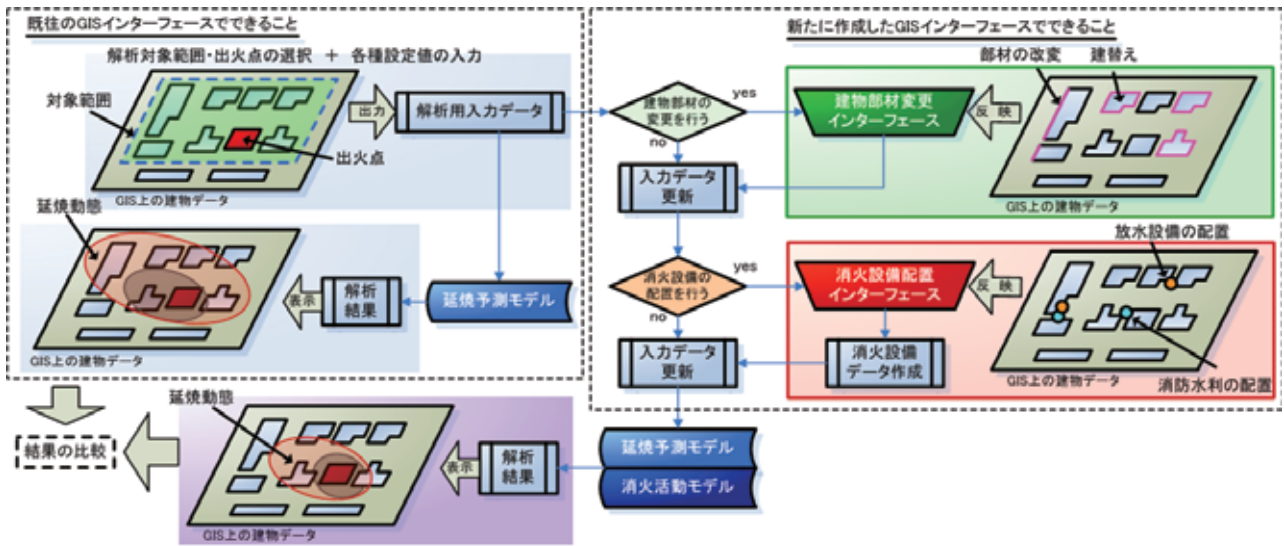


図1 建物部材の変更および消火設備の配置のための操作全体フロー

### (1) 建物部材の変更

建物部材の変更については、システム上で管理を行っている解析に用いる入力データの中から、防災対策に応じた当該箇所（補強・改修を行いたい壁や屋根・床）の属性値を書き換えることで、その対策内容を表現することができる。すなわち、解析に用いる入力データの1) 建物全体に関するデータ項目のうち、建物種別の情報を抽出し、これの変更を行うことは、建物棟の建替えを意味する。さらに、2) 構造部材に関するデータ項目のうち、壁や屋根、床の部材種別に関する情報を抽出し、これの変更を行うことは、各部材の改変を行うことを意味する。操作は、GIS上で図2に示す手順で進める。

### (2) 消防水利や放水設備の配置

消防水利や放水設備の配置は、GIS上での位置の決定および属性値の設定により行う。防火水槽や河川などの消防水利に対しては、貯水量や流水量といった属性値を設定し、屋内・屋外消火栓や可搬ポンプなどの放水設備に対しては放水速度やホース延伸長さといった属性値を設定する。

操作は、GIS上で図3に示す手順で行う。位置や水量・放水速度などの属性値を変えて検討を行うことで、消火設備について様々な条件下での検討を行うことができる。

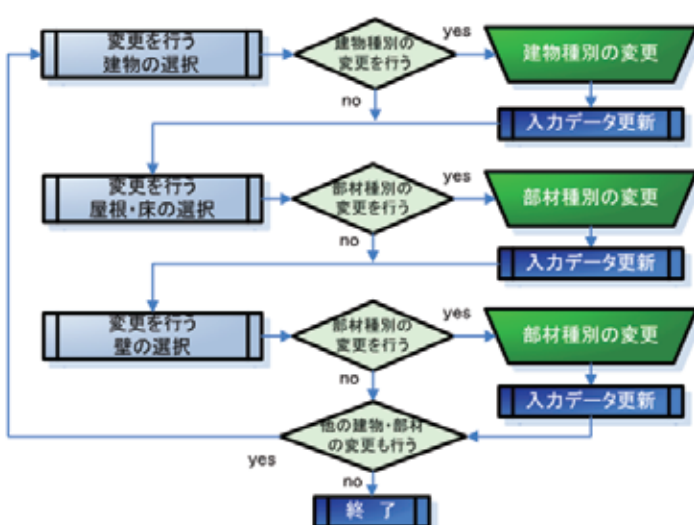


図2 建物部材の変更フロー

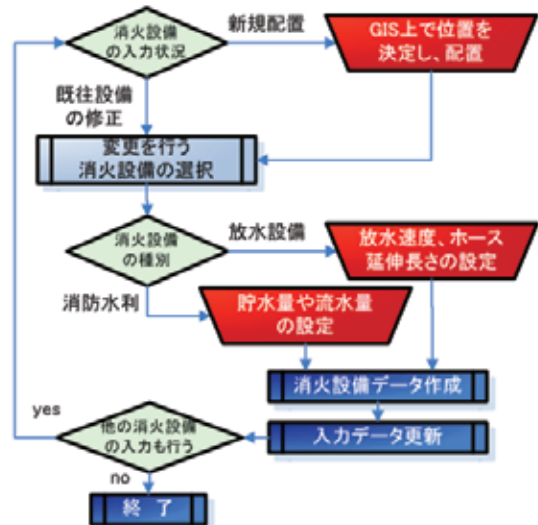


図3 消火設備の配置フロー



#### 4. 新たな評価支援システムの試験的運用による結果とその考察

新しくインターフェースを追加した支援システムを実際の市街地の建物データに適用して、現状の市街地での延焼動態と、仮定の防火設備の配置および建物部材の変更による防災対策を実施した際の延焼動態を比較することで、延焼抑止効果の検証を行う。検証に用いた市街地の情報は下記のとおりである。対象とした市街地の建物のうち、1棟の建物から出火したことを想定して、各防災対策の効果について検証を行った。

＜対象とした市街地の概況＞ 都市名：京都市東山区（一部）

総建物数 8066棟 うち、普通建物 6656棟（普通無壁建物含む）、堅牢建物 736棟、  
高層建物 674棟（建物区分は国土地理院が定める国土基本図図式における建物区分による）

##### (1) 建物部材の変更による火災抑止効果の検証

対象とした実際の市街地データを用いて、その中から抽出した建物について、建物部材の補強を行い、変更の有無による延焼動態の比較を行う。今回の検証では、図4に示す箇所の外壁116部材を抽出して、表1のように部材特性の変更を行った。主な変更点は、壁部に対して燃え抜けが起こらないという設定に変更したことである。燃え抜けが起こらないことにより、燃え抜けた箇所からの燃焼を助長する空気の流入や、広がった開口からの噴出火炎による周囲の建物への輻射熱の影響を抑えることができる。開口部材については変更を行っていない。

表1 建物部材（外壁）の部材特性の主な変更内容（※：燃え抜けなし）

外壁		熱伝導率 (kW/(m・K))	比重 (kg/m <sup>3</sup> )	比熱 (kJ/(kg・K))	含水率 (kg/kg)	燃抜時間 (分)
変更前	壁部	0.0013	2000	0.8	0.2	20
	開口部	0.00078	2540	0.77	0	5
変更後	壁部	0.0013	2400	0.8	0.2	—※
	開口部	0.00078	2540	0.77	0	5

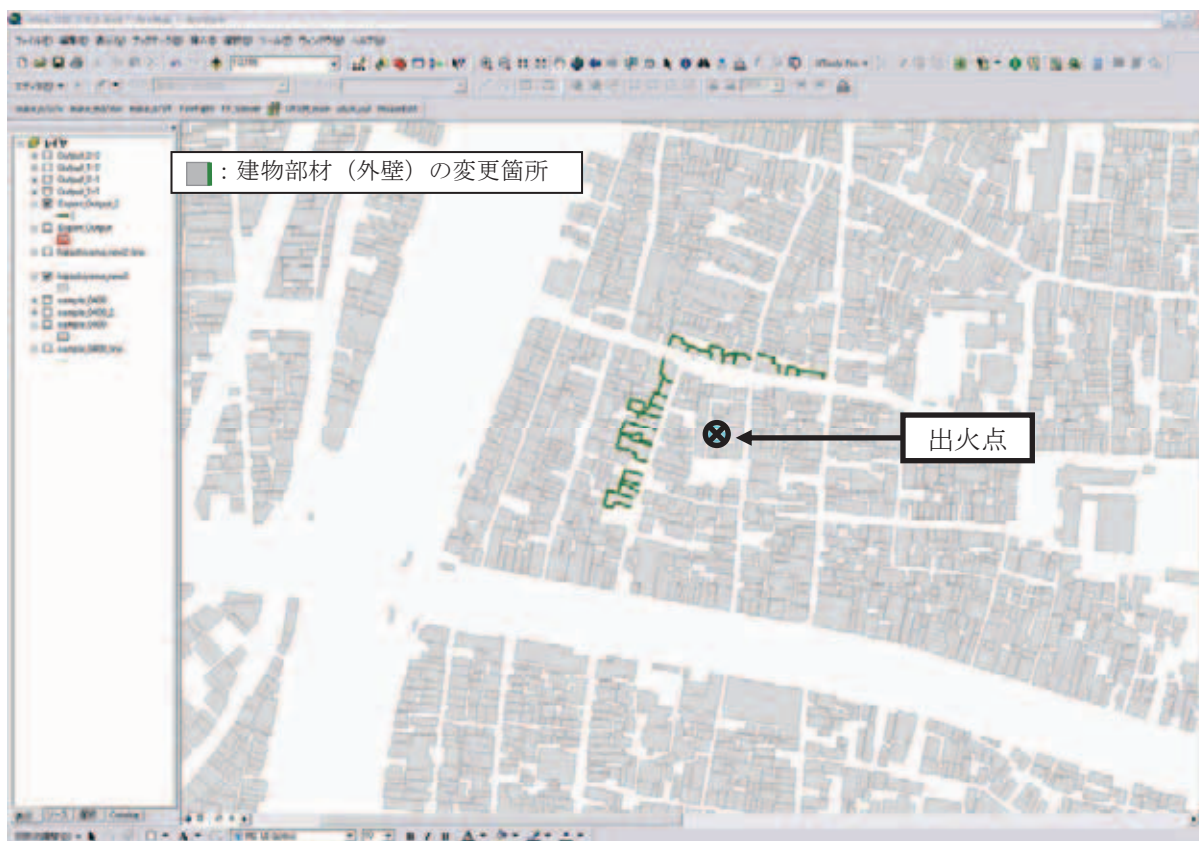


図4 検討に用いた対象市街地における仮定の建物部材変更箇所



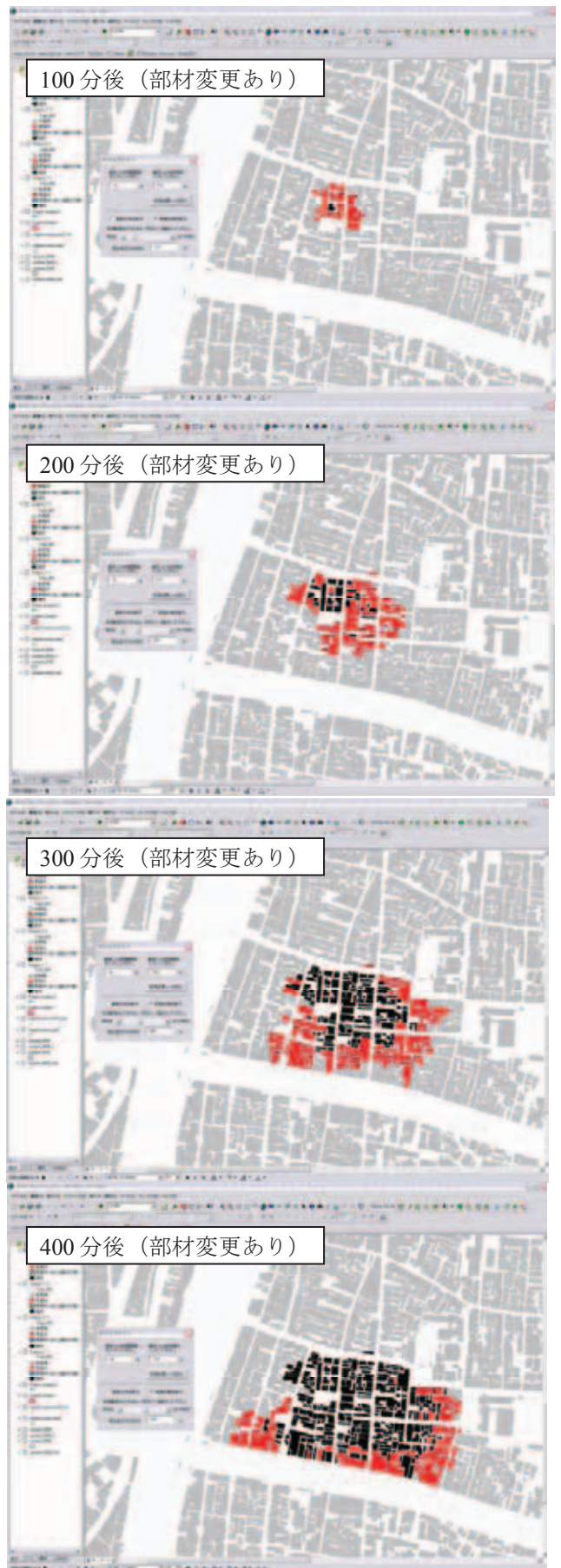
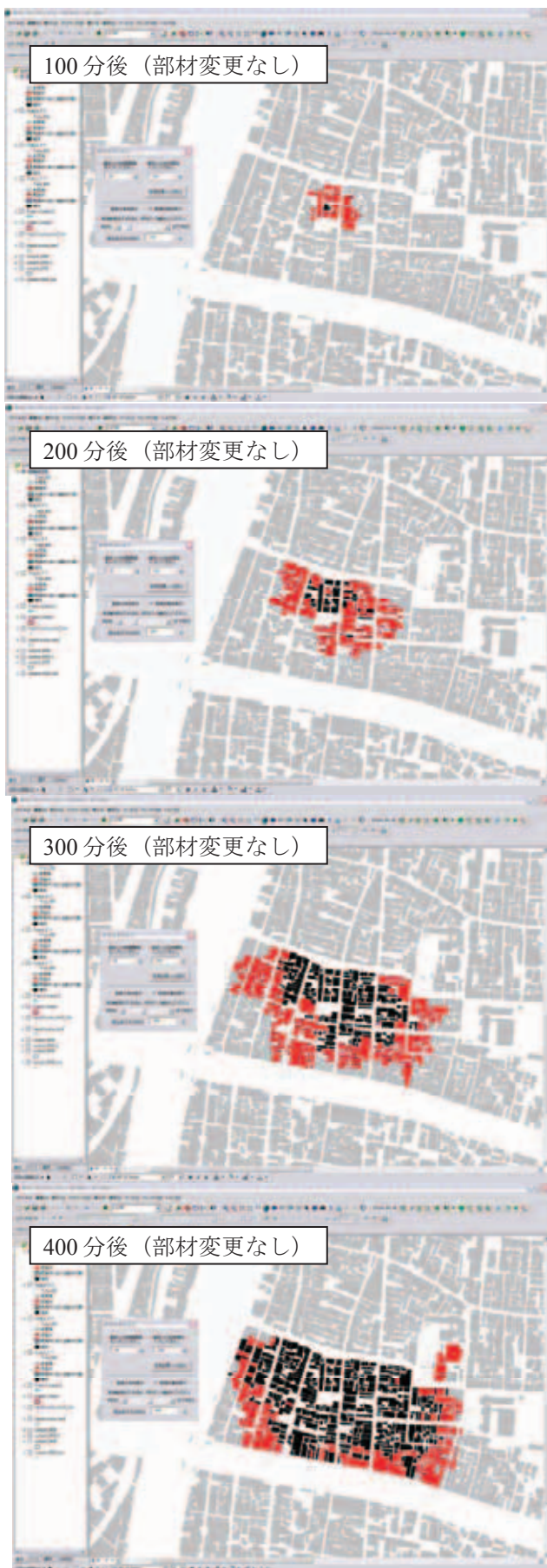


図5 建替えおよび建物部材の変更の有無による延焼動態の比較 (■：燃え尽き、■：燃焼中、■：未燃焼)

建物部材（外壁）の変更の有無による延焼動態を比較すると、図5に示すとおり、建物部材の変更を施した街区から西側への延焼が抑えられていることが見てとれる。一方で、対策を施していない南西や北東の家々から回り込んで延焼したことで、出火点の南西・北東側には、延焼範囲が若干広がっているが、延焼の遅延効果はあるので、消火活動と組み合わせることでさらに延焼抑止効果の向上が見込める。

上述の本延焼予測モデルの特徴により、建物部材の変更が延焼範囲の相違に現れるのであるが、建物種別や建物部材について別途条件を設定すれば、これを反映させて、ある出火点における延焼動態の比較を行うことができる。さらに、単一の出火点での検討だけでなく、様々な出火条件を考慮することで、地域にとって有効な防災対策の検証を行うことが可能となる。

## (2) 消防水利や放水設備の適正配置の検討

対象とした実際の市街地の消火設備の配置状況に基づいて、消火設備を図6のように配置し、消火設備が全く機能しなかった場合と、消火設備が機能した場合の延焼動態を比較した。

配置した消防水利および放水設備は、表2のとおりである。

表2 配置した消防水利と放水設備

	種別	内容	種別	内容
消防水利	消火栓	316基	防火水槽	40箇所（20トン～140トン）※1
	プール	3箇所 （200トン～250トン）※1	河川、用水路	給水箇所をプロット （水量は無限と想定）
放水設備	屋内・屋外 消火栓	42基（ホース延長は100m、 放水速度は毎分100リットル）	可搬ポンプ	9基（ホース延長は100m、放水 速度毎分100リットル）

※1 京都市消防局データに基づいて、実際値を用いた。

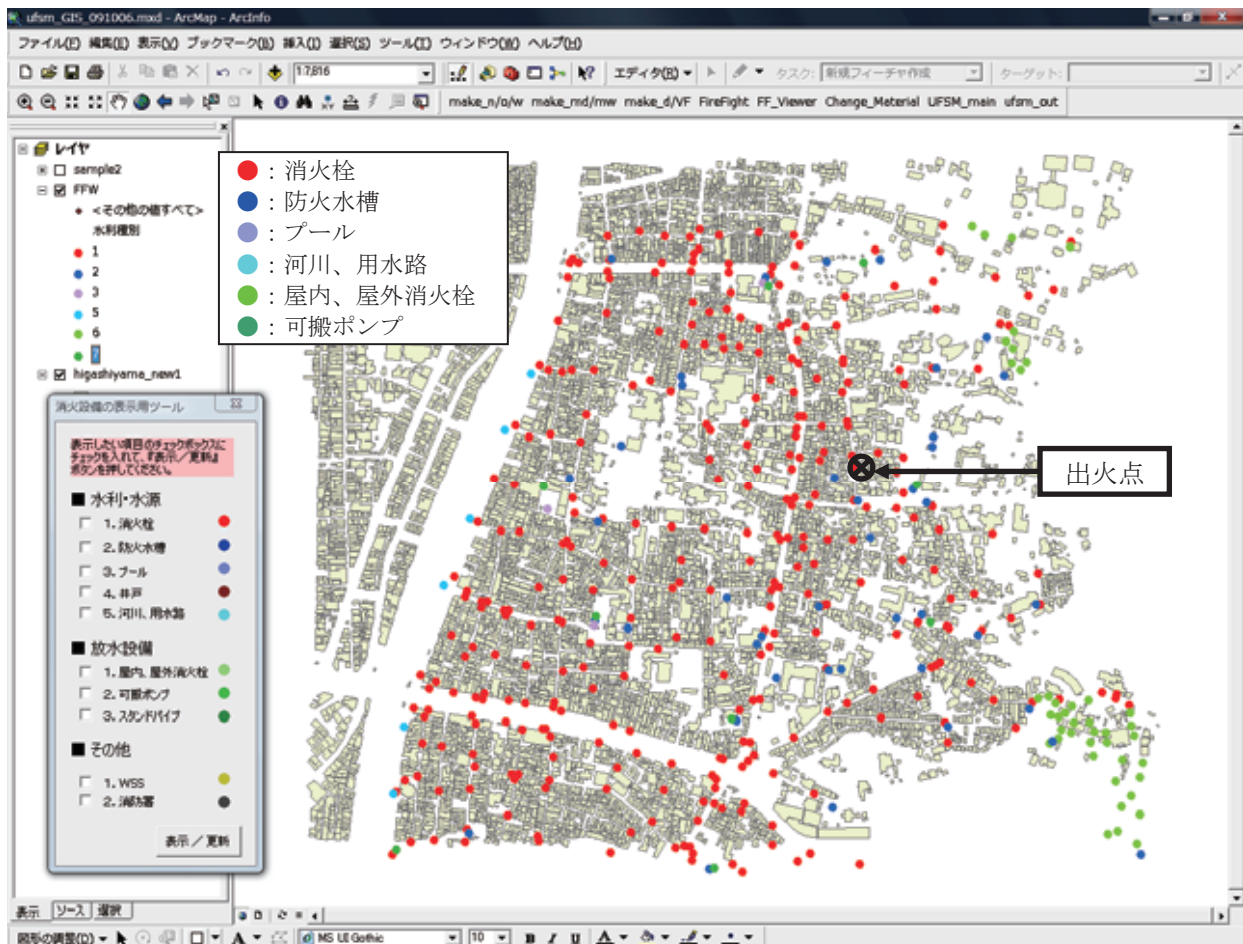
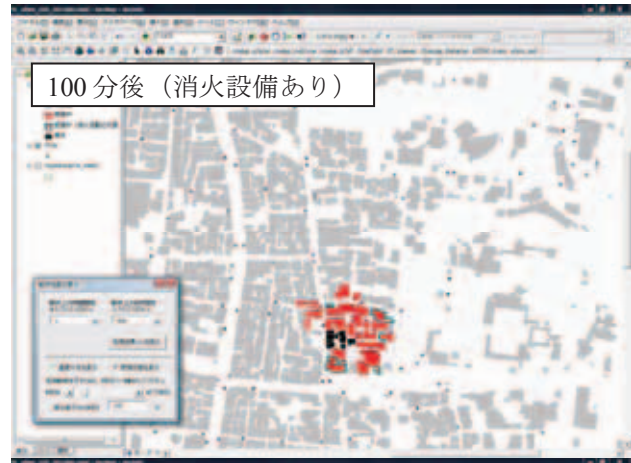


図6 検討に用いた消火設備の配置状況と出火点の位置





100分後（消火設備なし）



100分後（消火設備あり）



200分後（消火設備なし）



200分後（消火設備あり）



300分後（消火設備なし）



300分後（消火設備あり）



400分後（消火設備なし）



400分後（消火設備あり）

図7 消火設備が機能したかどうかによる延焼動態の比較 (■：燃え尽き、■：燃焼中、■：未燃焼、■：消火中)

本消火活動モデルでは、1) 火災建物と同じ位置で、出火から15分後に出火が覚知される、2) 覚知した者が2m/秒で放水設備設置箇所へ移動する、3) 覚知した者が放水設備を消防水利位置まで移動させる、4) ポンプを起動し、5) ホースを延伸することで消火活動が可能となる、という流れで消火活動を評価している。なお、本消火活動モデルでは、熱気流の温度が外気温より10度以上高いエリアでは消火活動を行うことができないと設定しているが、今回の運用では風速0を仮定しているため、気流の影響は働かず、消火活動への支障は発生しなかった。

消火設備が全く機能しなかった場合と機能した場合の延焼動態を比較すると、図7のとおりとなる。消火設備が機能した場合の延焼動態図では、消火活動の対象となっている建物を確認することができ、消火活動の結果、延焼抑止効果が現れていることが見てとれる。

出火点を変えて、解析を行うことで、地域の中で延焼リスクの高いエリアを抽出することができ、消火設備の配置や消火能力（貯水量や放水速度など）の条件を変えて、解析を行うことで、延焼リスクの低減を図る消火設備の最適配置や最適消火能力を検討することができる。

## 5. 今後の活用に向けて

本評価支援システムは、部材スケールの条件を変更して延焼予測を行うことができるモデルを採用していることにより、部材の改変レベルに至る肌理細やかな防災対策を評価することができる点に特徴がある。

加えて、消防水利と放水設備の消火能力、各設備の位置から計算した消防活動可能時刻および、延焼状況から導出した消防活動可能エリアを考慮することのできる消火活動モデルを採用していることにより、より実態に応じた消火活動を再現することが可能となった。これを用いて、消火設備の整備内容を評価することができる。

本稿における試験的運用の事例では、建物部材の変更と消火能力の評価を個々に検証したが、実際の市街地に対しては、これらの両者を組み合わせて、より有効な防災対策の検討を行うことができる。

こうした特徴を活かして今後は、歴史的市街地をもつ具体地域を選定し、延焼動態の計算結果を提示することで、本評価支援システムを地域の行政・消防担当者と地域住民をつなぐコミュニケーションツールとして活用しながら、地域特性に合わせた有効な防災対策の検討・提案を行っていきたい。

さらに、地域の人々の防災意識や日ごろの地域の連携状況などに応じて、地域の消火活動能力を評価する手法を検討し、適切な防災対策の促進とともに、共助・互助の観点から地域防災力の醸成を支援するツールとしても活用できるシステム作りを目指したい。

本研究では、ある単一出火点からの出火による延焼危険性の評価を行っているが、延焼リスクという観点から、ランダムに抽出した建物からの出火パターンの延焼動態を平均して、地区の延焼リスクを算出し、これをもとに、各種対策が地区の延焼リスク低減にもたらす影響を定量的に評価することが可能となるよう、インターフェースの改善を進めたい。

## 参考文献

- 1) 樋本・田中：都市火災の物理的延焼性状予測モデルの開発，日本建築学会環境系論文集，No.607，pp.15-22，2006.
- 2) 横山・樋本・田中：GISを用いた市街地火災延焼リスク評価システムの入出力データ管理手法に関する検討，歴史都市防災論文集，Vol.3，pp.211-216，2009.
- 3) 樋本・田中：消火活動を考慮した酒田市大火の火災延焼シミュレーション，日本建築学会大会学術講演梗概集，2007.
- 4) 樋本・田中：延焼シミュレーションに基づく高山市三町伝建地区の防火性能評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，2004
- 5) 大浦・樋本・田中：酒田市大火の延焼性状シミュレーション～物理的延焼性状予測モデルの検証～，日本建築学会大会学術講演梗概集，2005
- 6) 秋元・樋本・北後・田中：延焼シミュレーションを用いた火災安全対策に関する基礎的検討—和歌山県湯浅町湯浅伝建地区におけるケーススタディー，日本建築学会大会学術講演梗概集，2007