

京都

Kyoto Dayori

だより

【特集】

伝統的な市街地における防災まちづくり

大窪健之（立命館大学教授）

*肩書、所属等は掲載当時のものです

- 2018年 2月号 第1回「2015年ゴルカ地震における
世界遺産カトマンズ・パタン地区での 伝統的中庭空間の防災利用」
- 2018年12月号 第2回「京都市先斗町における初期消火能力と改善提案
—消火器配備の取り組みを地域単位で評価する—」
- 2019年 12月号 第3回「京都市先斗町の来遊者を対象とした 災害時における避難上の課題
—伝統的景観を支える路地や階段等の既存空間の有効性について—」
- 2020年 12月号 第4回「災害発生場所を地図で共有できるメール配信システムの有効性評価
—京都市先斗町での避難シュミレーションを通して—」



KYOTO SOCIETY OF ARCHITECTS & BUILDING ENGINEERS

一般社団法人 京都府建築士会

<https://www.kyotofu-kenchikushikai.jp>

2015年ゴルカ地震における 世界遺産カトマンズ・パタン地区での 伝統的中庭空間の防災利用

大窪 健之

立命館大学教授
理工学部
都市システム工学科

高杉三四郎

立命館大学大学院
理工学研究科

サキャ ラタ

立命館大学歴史都市防災研究所
客員協力研究員

金 度源

立命館大学准教授
衣笠総合研究機構
歴史都市防災研究所

林 倫子

関西大学助教
環境都市工学部
都市システム工学科

1 はじめに

ネパールはインドプレートとユーラシアプレートが衝突している場所に位置しており、大地震が起こりやすい場所にある¹⁾。1934年にはM8.4の大地震が発生し、全土に壊滅的被害をもたらした。近年では、2015年4月25日正午前にM7.8のゴルカ地震が発生し、被害は死者8,856人、負傷者22,309人、全壊した建物は604,930棟に及んだ²⁾³⁾。また、5月12日正午過ぎにもM7.3の大規模な余震が発生し、さらに被害が拡大する事態となり、将来へ向けた対策が急務となっている。しかし、ネパールは経済的な面において、防災や減災対策のための大規模なハード対策への投資は期待できない。そのため、ネパールにある既存の伝統的中庭空間や、地域コミュニティなど、既存の環境資源とソフト対策を活かした防災計画や教育が必要だと考えられる。

サキャ⁴⁾は、1934年の大地震時の避難生活についてヒアリング調査を行っている。その結果、震災時に中庭をはじめとする共用空間が避難場所として利用されたことが明らかにされている。しかし、近年ネパールは都市化によって、空間の構成・利用、人々の生活習慣が変化しつつある⁵⁾。中庭空間を取り巻く社会的背景も変化している中で、今回の地震時に中庭空間がどのように利用されたのかを地域住民の記憶を基に記録し、地震災害時における利用実態や課題点を整理することで、防災面での伝統的な中庭空間の有用性を明らかにできれば、従来は困難と考えられていた伝統的な密集市街地の文化的価値保全と災害安全性の両立というジレンマに対して、歴史的空間の保全とそれを活かした防災計画につながる有用な知見を得られる可能性がある。

2 調査地の概要

本稿では、中庭型集住帯を形成し、カトマンズ溪谷7つの世界遺産の中でも比較的被害の少なかったにもかかわらず、中庭空間が避難場所として活用されていたことが報告されているカトマンズ・パタン地区⁶⁾を対象に、地区住民に対するヒアリング調査を行い、伝統的中庭空間が地震後にどのように避難場所として利用されたのかを明らかにすることを目的としている。

(1) 対象地域の概要

パタン地区は、ネパール連邦民主共和国バグマティ県ラトリプル市に位置している(図1~2)。パタンの旧市街地は数多くの歴史的な僧院が存在し、伝統的な空間構成である中庭型集住帯を形成している。パタン地区では、過去に地区防災計画⁷⁾が立案されており、ナグバハル・イラナニといった中庭を有する地域では、長嶋ら⁸⁾による地区防災計画を実践するための取り組みや、防災まちあるき、ワークショップの結果を踏まえた防災マップの作成などが行われてきた。

本稿では、世界遺産のコア及びバッファゾーン内のナグバハル(Nagbahal)、クティバハル(Kutibahal)、イラナニ(Ilanani)の3つの中庭周辺(ナグバハル地区)にて調査を行った結果を報告する。

(2) 表中庭と裏中庭について

サキャ⁹⁾は主に住宅・建物へのアクセスに利用される中庭を「表中庭」、住宅・建物へのアクセスに利用しない中庭を「裏中庭」と定義している。表中庭には、ヒティ(伝統的水源)を有するような比較的多くの世帯に利用される大規模なものや、比較的小数の世帯で利用されているものがある。一方で、裏中庭は小規模なものが主で、複数の世帯で共用しているものもあれば、完全なプライベート空間として住居の一部となっているものもある。本稿では、表中庭の利用に着目し、特にナグバハル、クティバハル、イラナニの3つの比較的大規模な表中庭を主な調査対象とした(図3)。(写真1~3)。以降本稿では、表中庭のことを中庭と略称する。

3 調査の方法

(1) 調査の概要

現地調査は2015年11月30日から12月5日にかけてヒアリング調査により行った。30日から4日までは、ナグバハル周辺の各住宅に訪問して、地震発生から現在までの生活の様子や中庭の様子を、あらかじめ用意した質問項目に沿って個別ヒアリングを行った。5日にはナグバハル、クティバハル、イラナニの3つの中庭を囲む住民を中心として集団ヒアリング形式で実態調査を試みた。

(2) 集団ヒアリングの概要

集団ヒアリングは、ナグバハル、クティバハル、イラナニの3つのコミュニティからの参加者を各々のグループに分け、各中庭における地震発生から現在までの様子をグループ内で話し合いながらベースマップ上に記載してもらった。また、時系列を①「本震発生からその日の夜まで」②「翌日から余震直前まで」③「余震発生からその



図3 対象地区
(破線内：個別ヒアリング範囲)



図2 パタン地区

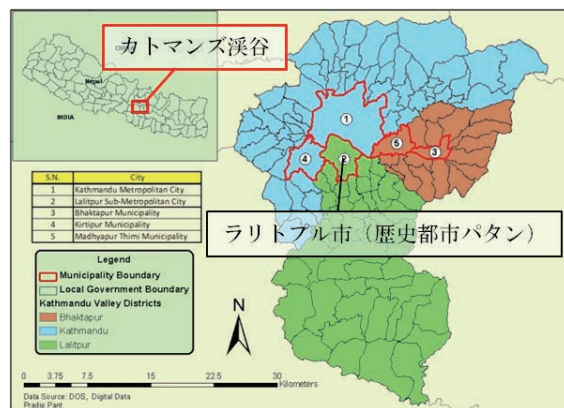


図1 歴史都市パタンの位置



写真1 ナグバハルの中庭



写真2 クティバハルの中庭



写真3 イラナニの中庭



写真4 集団ヒアリングの様子

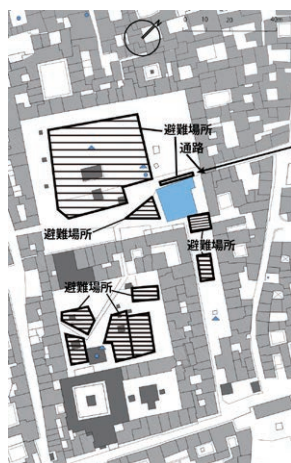


図6 余震直後の避難場所

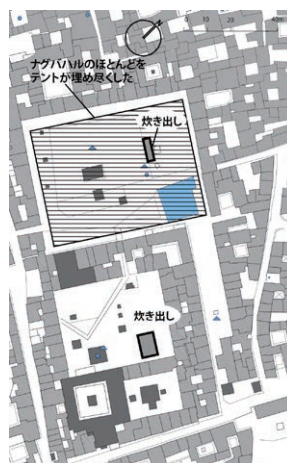


図5 本震翌日からの中庭の様子

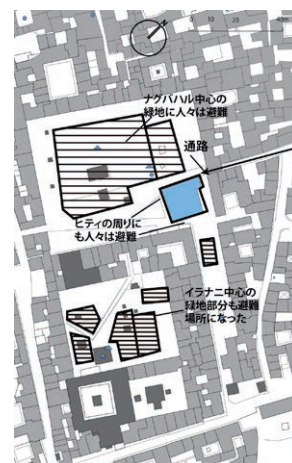


図4 本震直後の避難場所



図15 避難方向(余震時)



図14 避難方向(本震時)

4 集団ヒアリングの結果

集団ヒアリングにより明らかとなった、時系列に沿った中庭の様子や住民の避難生活について、ベースマップ上に文字で記入されたものをまとめて表1に示す。

(1) 避難生活の規模

本震時、ナグバハルの中庭では約800人がテント生活を営んだことが確認される。本震翌日には、テントが中庭を覆い尽くしたことも回答されている。

また、ナグバハルでは本震時の夜間避難者数が約800人なのに対し、余震時には約500人であったと回答されており、地

日の夜まで」④「余震翌日から現在まで」のフェーズに分けてヒアリングを行った。グループで当時の状況をお互いに確認しながらヒアリングを進めることにより、中庭の様子や避難生活の様子をより客観的に記録した(写真4)。また、ベースマップ上にマーカーなどで直接住民の動きや滞在した場所を書き込んでもらうことによって、中庭の利用実態が空間的に掴めると考えられる。参加者数はナグバハルからは6人、クティバハルからは3人、イラナニから4人の計13人である。

(3) 個別ヒアリングの概要

個別ヒアリングは主にナグバハル周辺の表・裏中庭・裏中庭に隣接している住居から各中庭で1世帯以上をランダムに訪問し、結果55世帯にヒアリングを実施し、地震時の行動や地震後の裏中庭の利用について質問した(図3)。本稿では、ナグバハルをはじめとする避難場所として利用された中庭についてのみ整理する。

時系列	項目	ナグバハル	クティバハル	イラナニ
本震発生からその日の夜まで（4/25）	避難していた人数（昼間）	約500人	25から30人	400から500人
	行われていたこと（昼間）	ほとんどの人が怯えながら集まっていた	ほとんどの人が怯えながら集まっていた	・皆怯えてパニックに ・何をすべきか分からなかった ・地震について話していた
	避難していた人数（夜間）	700から800人以上	900人以上	昼間より多くの人数
	行われていたこと（夜間）	・寝るためのマットの準備 ・ナグバハル周辺の人が集まってきた ・値引で夕食を用意してその時あるものでのいだ ・ソーラー式の街灯が光満だった	・人々は家族や友人たちと共にいた ・テントや食料を預けている人もいた ・Sankata寺の僧について話したり、ニュースを聞いたり軽食を食べたりしていた ・地震について話していた ・地震時の写真や動画を撮っていた ・テントの中で地震について話したり、ラジオを聞いたり軽食を食べたりしていた	・妻からのマットを敷いて寝た ・家の1階で前を通りかかった ・家の1階で寝た
	1日中行われていたこと	・会話と礼拝 ・子供達が遊び回っていた ・ラジオニュースで情報を集めた		・情報収集 ・食料の配給
翌日から余震の直前まで	炊き出し	・3日間炊き出しが行われる ・約1000人が利用 ・コミュニティでゴミを管理	・翌日からコミュニティが約800人に食料を提供 ・各自で用意した食料も食べた	・当日から10日間行われた ・450人に提供 ・ゴールデン temple の材料を保管している小屋の中で行われた
	テント生活している人数	・ナグバハルのほとんどの人をテントが埋め尽くす ・4から5日かけて人々はゆっくりと減少	・外で寝た ・3日後から人々は減り始めたが、約25人はまだクティバハルで生活していた ・テントを自分たちで買った	・350から400人の人々がテントで生活 ・家の1階で過ごす人もいた ・10日後にテントは減り始めたが、3つのテントが残っていた
	テントの中で行われていたこと	・睡眠、休憩 ・ニュースを聞いたりネットを見たりしていた	・ニュースを聞く ・カードゲームやテントの中でくつろいだりしていた	・ラジオを聞いたり、カードゲームをしたり、女性は祈りのための灯りをともしていた
	その他中庭で行われていたこと	・コミュニティでボランティア活動 ・共用のトイレが作られた	・近くの場所の様子を見に行った ・料理 ・子供達が遊んでいた ・コミュニティで食料を提供したり、情報を更新したりしていた ・トラウマセンターに行った	・食料の準備 ・重い物 ・チェス、カードゲーム ・話を聴く
	回答された問題点			
余震翌日から現在まで	避難していた人数（昼間）	約500人	400から450人	400から450人
	行われていたこと（昼間）	中庭の中心に集まっていた	・テントの設置 ・ラジオニュースを聞く ・家族を待す ・中庭の中心に集まる ・30から40人で記憶がよい見回り	・スペースを探していた ・本震時よりも早くくどまり始めた
	避難していた人数（夜間）	約500人	約15人	400から450人
	行われていたこと（夜間）	テントの設置	回答なし	・場所の確保やマットの確保で忙しい ・歩道で寝る人もいた
	1日中行われていたこと	・炊き出し ・掃除 ・礼拝 ・会話 ・本震を経験しているため、避難生活を始めることは難しくなかった。	・礼拝 ・遊び	・礼拝 ・食料の準備
余震翌日から現在まで	炊き出し	・焼やスナックが配られた ・人々は中庭で料理をしていた	・中庭で料理をしていた ・人々の中庭で料理をしている人も	・当日から始まる （本震時と同じ場所）
	テント生活している人数	・約200人がテント生活 ・1週間後減り始める	・15から20人が避難生活 ・次の日から減り始めたが、2週間とどまっていた人もいた	2、3日で人は減り始めるが、3、4家族は1週間とどまっていた
	テントの中で行われていたこと	生活	・睡眠 ・カードゲーム	・礼拝のための灯りをともす ・睡眠、休憩、遊び ・食事は家の1階でする人もいた
	その他中庭で行われていたこと	・寄付 ・水の提供	・寄付（薬やテントのために） ・炊き出しの場所で行われる	・女性の子供が軽を唱えていた ・生活 ・子供が遊び回る
	現在の中庭の様子	テントはもうなくなり、中庭はきれいに元通りに戻っている	地震の影響はもうみられず、普段の生活に戻っている	・警報に気づいた ・5月に高齢者を支援するためのコンテナボックスが建造される。現在は病院や他の場となっている。
余震翌日から現在まで	回答された問題点	・余震と雨が不安であった ・共用トイレへの水供給 ・ナグバハル周りの多くの家は壊れているため、1つの家が壊れると他の家にも影響が出るのではないかと不安 ・道路が危険	・雨と寒さ ・睡眠がうまくとれない ・家の防犯 ・落下物の危険 ・クティバハルは他の中庭に比べて細長いので、落下物が直撃するのではないかと不安が欠きかかった	・ナグバハルとイラナニを結ぶ道路が傷ついていた ・壊れたような家に囲まれているため、危険である ・雨と寒さ ・道路が狭い ・衛生面での課題 ・食料と飲み物

表1 集団ヒアリングの結果（コメント）

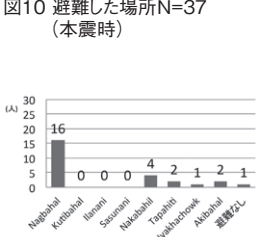
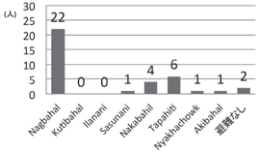
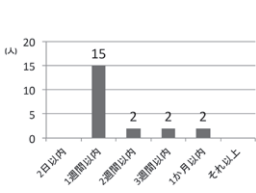


図10 避難した場所N=37 (本震時)



5 個別ヒアリングの結果

(1) 地震時にいた場所

図8、図9に地震時と余震時に回答者がいた場所を示す。図より、本震時は休日の正午前であったために、家で過ごしていた住民が多かったと考えられる。およそ一月後の余震時は本震の時よりもいた場所にはらつきがみられるが、これは本震からの避難生活がある程度解消した平日であったことが影響したものと考えられる。

(2) 避難した場所

本震時あるいは余震時に、家にいたと回答した住民を抽出し、避難した場所についてそれぞれ図10、図11に整理した。図より、NakabahiとAkibahalといった域外の中庭や、Tapahitiという外部のヒティに避難した住民もいたことが確認された(図14、図15)。

(3) 避難生活解消のタイミング

本震発生後、ナグバハルで避難生活を送っていた住民が自分の家に戻り生活するまでに要した期間を図12、図13に示す。なお、回答が不明なものは除く。

図より、1週間以内に自分の家に戻り生活を再開した住民が多いことが明らかになった。これは当該地域の建物被害が比較的軽微であったことが影響しているものと考えられる。

(4) 避難場所の選択

人々は自分の住居に直接隣接している比較的小さな中庭ではなく、ナグバハルやその他の比較的大きな中庭まで避難し、生活する傾向が見られた。街区の西側でナグバハルから比較的遠い場所に住む住民は

Nakabahiへ、街区の北側でナグバハルから比較的遠い場所に住む住民はAkibahalやTapahitiへ避難する傾向が見られ、住居からアクセスしやすい場所に避難する傾向にあった(図14、図15)。住居に戻るタイミングや避難生活の期間などと住居の位置の関係性は見られなかった。ナグバハルではヒティに面した集会所(旧学校)がシエルターとして使われていたことも明らかになった。

(5) 住民により挙げられた問題点

地震後何が一番問題であったかという質問に対して、約76%(N=49)の住民が家の修理の問題を挙げており、住民の多くは建物に一定の被害を受けていたことが確認された。住居を建て直す際には、低層階の住居を建てたいとの回答もみられた。

一方で、プラスに評価できる点はあったかという問いには、コミュニティ内や隣人との協力が挙げられた。今まで隣人の顔すら認知していなかったが、地震後に親しくなったという回答もみられた。これらのことから、隣人やコミュニティで協力しながら避難生活を営んでいたことが確認された。

6 まとめと考察

研究対象地域内のナグバハルとイラナニの中庭ではテント生活が営まれ、コミュニティが主体となり炊き出しや掃除、寄付などのボランティア活動が行われていた。都市化や人口流入による人間関係の希薄化が進もうとしている現代においても、伝統的な中庭空間を中心としたコミュニティの活動によって避難生活が支えられていたと考えられる。ナグバハルとクティバハルのコミュニティでは一体となつて炊き出しなど

の活動を行っており、非常時には別のコミュニティとの連携も可能なことが明らかになった。

イラナニでは普段の生活であまり利用されない中央の緑地が避難場所として利用されたが、イラナニには多数の外部コミュニティの住民も避難していたと考えられ、十分なスペースがないことが問題となっていた。また、対象地域の外にある、NakabahiやAkibahalといった中庭やTapahiti(ヒティ)に避難した住民も確認された。これらのことから、より広域を視野に入れた中庭やコミュニティとの連携を考慮した防災・避難計画が必要と考えられる。

クティバハルは他の中庭に比べると避難者数が少ない。これは、クティバハルが細長い中庭のため、住民はそこで生活することに不安を抱いていたことが要因の一つであると考えられる。クティバハルでは、避難場所としての安全性を向上させることが求められている。

また、個別ヒアリングの回答者の半数以上が住居の修理を問題として挙げているが、性急に見かけの安全性を求めるあまり、歴史や伝統に配慮のない改築や補修が横行し、対象地区の歴史的街並みが損なわれてしまうことが懸念される。

今後は、イラナニやクティバハルの住民にも個別ヒアリング調査を行う必要がある。また、ナグバハルの中庭とクティバハルの中庭に関しては、平常時の利用実態や居住者数が明確になっていないため、それらを明らかにする。併せて平常時と地震時の利用実態の比較も行うことで、災害安全の面からも文化的価値保全の面からも、守るべき伝統的なコミュニティ活動を抽出しておく必要がある。さらに、それぞれの避難行動に至った理由についても詳しく把握する必要があると考えられる。

謝辞／本稿の成果は、平成27年度科学研究費補助金特別研究促進費「2015年ネパール地震と地震災害に関する総合調査」(代表／矢田部龍一)および、平成27年国際緊急共同研究・調査支援プログラム(J-RAPID)「ネパール大地震による歴史的建造物被害調査に基づく脆弱性再評価と耐震補強法の検討」(代表／清野純史)によるものです。記して謝意を表します。また、現地でのヒアリング調査や翻訳作業などに多大な時間を費やしてくださったSarima氏、Padma氏、Chandani氏、Sunil氏を含めすべての現地協力者の方々に厚く御礼申し上げます。

●参考文献

- 1) 吉田勝・B.N.ウブレティ：中部ヒマラヤ巨大地震とカトマンズの危機、地学教育と科学運動、53号、p.41-51、2006。
- 2) USGS, Magnitude7.8 Earthquake in Nepal and Aftershocks
http://www.usgs.gov/blogs/features/usgs_top_story/magnitude-7.8-earthquake-in-nepal/ (参照2016年2月7日)
- 3) Government of Nepal, Nepal Disaster Risk Reduction Portal, Kathmandu, Nepal, Country Profile
<http://drrportal.gov.np/ndrrp/main.html?id=0> (参照2016年2月7日)
- 4) サキヤラタ・大窪健之：歴史都市パタンにおける1934年大震災後の避難生活の実態、歴史都市防災論文集、Vol.8、p.203-210、2014。
- 5) サキヤラタ・高田光雄・森重幸子：中庭型集住帯の中庭空間の所有と利用—パタン旧市街における共同的空間管理システムに関する研究—その2-1、日本建築学会計画系論文集77巻、677号、pp.1563、2012。
- 6) ネパールゴルカ地震日本建築学会災害調査速報会資料
<https://www.aij.or.jp/jpn/symposium/2015/nepal.pdf> (参照2016年2月7日)
- 7) Research Center for Disaster Mitigation of Urban Cultural Heritage, Ritsumeikan University, Disaster Risk Management for the Historic City of Patan, Nepal, 2012
- 8) 長嶋治樹・大窪健之・林倫子：世界遺産カトマンズ・パタン地区における地区防災計画を実践するための活動指針の提案—防災ワークショップによる住民評価を通して—、歴史都市防災論文集、Vol.7、p.201-208、2013。
- 9) サキヤラタ：ネパールの歴史都市における中庭型集住体の共用空間の管理システムに関する研究—パタン旧市街地を対象として—、京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻、博士学位論文、p.15-16、2012。
- 10) サキヤラタ・高田光雄・森重幸子：中庭型集住体の中庭空間の所有と利用—パタン旧市街地における共同的空間管理システムに関する研究—その2-1、日本建築学会計画系論文集77巻、677号、p.1568-1569、2012。

京都市先斗町における初期消火能力と改善提案 —消火器配備の取り組みを地域単位で評価する—

大窪健之

立命館大学 教授
理工学部環境都市工学科

杉山貴教

阪神高速道路(株)

金 度源

立命館大学 准教授
衣笠総合研究機構

林 倫子

関西大学 准教授
環境都市工学部 都市システム工学科

1 はじめに

京都には日本有数の伝統的町並みを多く有する歴史都市である。京都五花街も木造密集市街地となっており、京都を代表する歴史的町並みの一つとされている。しかし、一般的に木造建築と細街路が混在する木造密集市街地は火災に弱いとされており、万一初期消火に失敗し延焼に発展すると大きな被害に繋がると考えられる。そこで地区レベルでの防火対策が求められているが、京都らしい風情のある木造密集地と路地の都市景観が持つ歴史的価値や経済効果を考えると、大規模修繕や改築などは望ましい対策とはいえない。京都らしい都市景観を保全しつつ、その地区の防火性を高めるためには、火災危険性を評価し、その地区特有の消火活動のポテンシャルを調査した上で、地区の特色を利用した火災対策案を作成することが望ましい。松井らの研究¹⁾では、京都五花街の一つである花街先斗町を事例とし、先斗町における茶屋街から飲食店街への土地利用転換が行われたことによる火災危険性の変化から、火災発生しやすい区域を明らかにしている。しかし、お茶屋の数量的変化の観点からの火災危険性評価であり、消火設備や、人通りの変化など先斗町の特徴を考慮した評価が行われておらず、火災対策も考えられていない。火災危険性が高まる歴史的町並みを火災から守るためにも、詳細な火災危険性評価とその火災対策が必要となる。

本研究では、京都の歴史的な町並みを有する地区の一つ花街・先斗町を対象地とし、火災履歴調査を通じた先斗町特有の空間特性と、地域における消火器配備の取り組みを考慮した火災危険性の評価を行い、得られた評価を基に改善に資する対策提案を行

うことを目的とする。先斗町は三条通と四条通の間を南北に延びる「先斗町通」と、先斗町通とその西側の木屋町通を結ぶ複数の「路地」によって構成される歴史的市街地で、お茶屋を起源とする多くの木造建築が建ち並ぶ木造密集市街地でもある。地区住民によって運営されるまちづくり組織「先斗町まちづくり協議会」においても、路地内の消火器の共同購入の議論がなされるなど防火に対する関心が高く、本研究の事例対象地にふさわしいと考えた。

2 先斗町における初期消火の重要性について

(1) 先斗町の火災履歴調査について

松井らの研究¹⁾より、お茶屋から飲食店への土地利用転換が進んだ昭和28年以降に起こった火災を把握するため、京都新聞(S43～S53)および地域住民への聞き取りによる調査を行った。

判明した火災について表1に記す。

(2) 火災履歴調査結果と考察

表1の被害状況からは、先斗町では空間特性上、火災が一度起きれば延焼火災に発展する可能性が高いことが明らかとなった。また火災発生時間については夜の人が多い時間、明け方の人が少ない時間など特に時間帯によらず火災の危険性があることがわかる。

また、住民における初期消火活動が成功した事例と、成功できなかった事例について分類することができたため、以下に代表的な事例について示す。

a) 初期消火失敗事例について

火元「C」

・出火原因／煙草の不始末による引火。
・初期消火活動について／火事の騒ぎを聞きつけ、周辺住民が屋外設置消火器や他

店舗の消火器を持ち寄り消火活動に当たろうとしたが、既に延焼が始まっており、火の勢いが強く近づくこともできなかった。

火元「H」

・出火原因／炭を大量に加熱したことにより、上がった火柱が換気ダクトを通して、ダクト内の油に引火。

・初期消火活動について／店長が最初に消火器をかけた。店内の消火器は1階2階に1個ずつだったため、火災には一本で対応。黒煙がせまってきて、一歩ずつ下がりがながら消火器をかけたが消火はできなかった。消防曰く、消火器を数本多く使用していれば被害を防げたのではないかとのこと。

b) 初期消火成功事例について

火元「G」

・出火原因／油をひいたフライパンを加熱し過ぎ、そこに水が入ってしまい、火柱があがる。コンロ上部にある換気扇に火柱が吸い込まれる。ダクト内に溜まっていた汚れに引火。

・初期消火活動について／ダクトに火が上った瞬間に厨房設置の消火器を使用し、ダクト内に噴射。しかし、ダクト奥には届かなかったため消防に通報。延焼被害なし。

c) 事例から導かれること

以上の聞き取り調査結果より、初期消火が成功した事例からは、火災覚知が早く、消火器による迅速な初期消火活動が行われていたことが大きな成功要因として考えられる。失敗した事例からは、火災覚知が遅く、消火器の収集個数が少なかったことが要因として考えられる。延焼スピードが速いこの地区は、消火器等による地域住民による初期消火が特に重要となることが明らかとなった。

図3 消火器の収集範囲

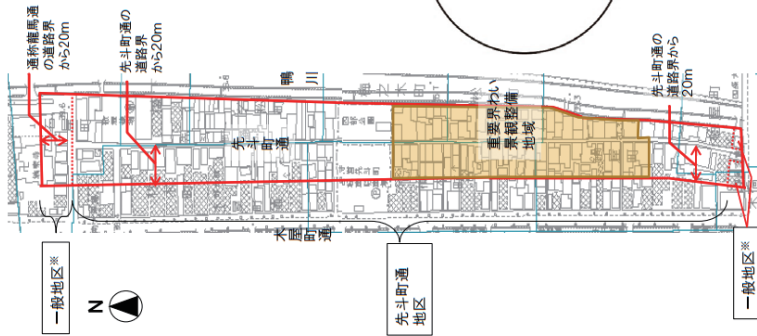
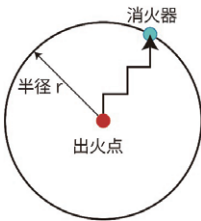


図4 先斗町界隈景観整備地区の範囲

火元	火災発生日時	被害状況	ソース
A	昭和47年10月28日 明け方	4戸全焼	京都新聞
B	昭和52年8月3日 明け方	1棟全焼3棟焼	京都新聞
C	昭和53年4月27日	3棟12戸全半焼 死者1名	京都新聞・ヒアリング
D	平成元年	不明	ヒアリング
E	約20年前 朝6時頃	不明	ヒアリング
F	平成17年11月6日	不明	ヒアリング
G	平成28年1月29日 19時頃	被害少	ヒアリング
H	平成28年7月5日 19時10分	3軒半焼 負傷者2名	ヒアリング

表1 昭和28年以降の先斗町における火災履歴

床面積(㎡)	消火器個数(個)
50未満	1
50~100	2
101~150	2
151~200	2
201以上	3

表3 未調査店における消火器想定設置個数

床面積(㎡)	件数	消火器平均
50未満	7	1.57
50~100	19	2.05
101~150	23	2.43
151~200	15	2.93
201以上	17	4.71

表2 床面積と平均消火器個数

3 初期消火能力の評価

火災履歴調査の結果を受けて、まず地域における初期消火能力の評価方法を検討し、先斗町内での初期消火能力の現状を明らかにすることとした。

(1) 初期消火能力の評価方法

金井らの論文⁵⁾では、地域の初期消火能力の評価に関しては、消火器による消火確率を10分以内に大型消火器を5本集めることができれば(家庭用の小型消火器は3本で大型1本とする)1火点消火可能とし、消火器が火点に集結する確率をFとして点数評価している。この簡便式は京都市消防局が発行している、地域防災力の要素及び係数化に関する業務報告書「防災カルテ」による地域安心度診断事業⁶⁾において定義されているものであり、本研究ではこの評価方法を参考に地域の初期消火能力の評価を行う。

a) 消火器の収集時間について

金井らの論文⁵⁾では消火器の収集時間を10分としているが、本研究で対象としている先斗町は木造密集市街地であり、また初期消火は、出火した時点から2分前後で平面上の火種が壁などに移り、天井に火がまわることによって不可能となるとされている⁷⁾。上記2点を踏まえ、本研究では延焼被害を最小限に食い止めるために、出火から2分以内に消火器を出火点に集めることを初期消火の必要条件とした。

b) 消火器の能力について

大型消火器はA火災で10以上の能力単位を持つものを指す⁸⁾。しかし先斗町に配備されている屋外消火器、店舗内の消火器はほとんどが10型(A火災で3の能力単位)であり、店舗内に設置されている消火器についても10型の消火器(以下小型消火器とする)がほとんどであり、大型消火器は0

であった。よって先斗町の場合には、小型消火器を2分以内に15本の消火器を集めることを初期消火活動の目標とした。

c) 消火器の収集可能範囲について

金井らの論文⁵⁾では、消火器の取り出し作業に1分かると設定している⁹⁾ので、残りの1分間で取りに行ける範囲の消火器が使用可能な消火器となる。歩行速度は防災対策を検討する上でよく用いられる60m/分¹⁰⁾とし、出火点から1分間で往復できる片道30mの距離内に含まれる小型消火器の個数が15個以上あれば消火可能となる。しかし先斗町は東西南北に路地が張り巡らされているため、より正確な消火器収集範囲を算出するには道の折れ曲がりやを考慮しなければならぬ。そこで消火器の収集可能範囲を図3のような半径 $r = 30\text{m} \times \sqrt{2}$ の円として考えることとした。収集対象となる消火器の内訳としては「出火点の店舗内の消火器+屋外設置消火器+円内の店舗の玄関先の消火器とする。

d) 評価対象範囲について

本研究の対象範囲は、図4の先斗町界隈の景観整備地区界隈の景観整備計画¹¹⁾に基づき設定した。計画に記載されている地区の範囲は、南北は三条通り南から四条通りまで、東は鴨川まで、西は先斗町通りから20メートルの範囲の約2.1ヘクタールに及ぶ地域であり、先斗町通り沿いを中心とする「先斗町通地区」とそれ以外の「一般地区」に分けられている。本研究では「先斗町通地区」の範囲内の店舗を対象とし評価を行うこととした。

(2) 消火器の配備に関するアンケート調査

本研究では店舗一軒一軒ごとの初期消火能力が評価に大きく影響するため、消火器の個数を把握するために、先斗町内の対象範囲に含まれるすべての店舗に対してアンケート調査を行った。

a) アンケート調査概要

・調査対象/先斗町・木屋町の対象範囲内のお茶屋・飲食店・物販店 395戸
・目的/先斗町における各店舗の利用形態、消火器の個数(設置場所)、店舗内の人数、防災訓練の参加の有無、を把握するため。

・回収部数/123部(回収率31.1%)
b) アンケート未回収店舗の消火器の想定個数

アンケートが回収できなかった店舗の消火器の想定個数については、アンケート調査から得られた消火器の個数と店舗の床面積の割合から算出することとした。アンケート回答済みの店舗の消火器個数と床面積の関係は表2のようになったため、消火器の想定設置個数は安全側に考えて表3のように設定した。

なお床面積が201㎡以上の店舗に関しては、1つの店舗が床面積960㎡に対して消火器を22本配備しており大きく平均を上げていた。その店舗を除く床面積201㎡以上の店舗の平均個数は3.62本となっていたため、床面積201㎡以上の店舗の消火器個数は安全側に見て3本としている。消火器の設置場所の想定については、調査結果より最も多かった「厨房」と、これに次いで多かった「客席」に一本ずつ配置していると考え、消火器配備の想定数が2本の場合は「玄関先」には設置されていないものと考えたこととした。

(3) 初期消火能力の評価結果

対象範囲内の全ての店舗に対し初期消火能力(2分以内に収集することのできる小型消火器の本数)の評価を行った。先斗町全域の初期消火可能率(目標となる15本を100%とした場合の割合)の平均は53%(平均消火器収集個数は8.1本)であった。初期消火可能率が平均を下回る店舗が集中するエリアの分布状況は図5のようになった。初期消火可能率が平均より低い地域として挙げられるのは、以下の地域となった。

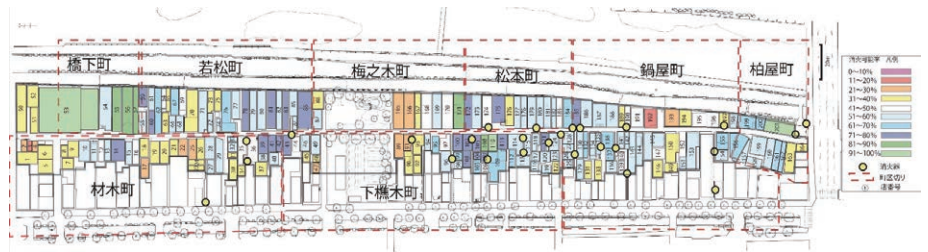


図5 初期消火評価地図

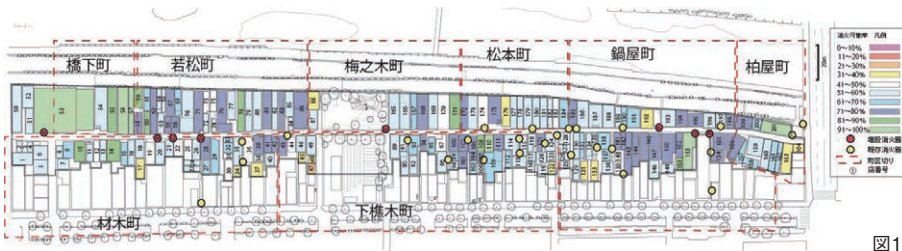


図10 消火器増設後の初期消火能力評価

4 初期消火能力向上への改善案の検討

- ・橋下町北側・材木町北側エリア
(建物番号／119、50～52)
- ・材木町中間エリア(16～26)
- ・下樫木町 先斗町公園南側エリア
(89～93)
- ・梅之木町 先斗町公園南側エリア
(165～168)
- ・鍋屋町中間エリア
(146～152、190～196)

前章で挙げられた初期消火可能率が平均を下回るエリアに対して、これらを平均以上に引き上げるための改善策について、個別に検討を行う。

(1) 橋下町北側・材木町北側エリア (建物番号…119、50～52)

このエリアの平均消火器収集個数は4.8本で、初期消火可能率は32%であった。先斗町歌舞練場には33個の消火器が設置されているため、歌舞練場の玄関先に設置している消火器の個数を増やすことで、初期消火能力の低い店舗の消火器収集個数を補えることが図6からわかる。(円内が消火器収集可能範囲)

歌舞練場の玄関先設置消火器個数を4個増やすことで、このエリアの初期消火可能率を59%に上げることが可能となる。

(2) 材木町中間エリア(16～26)

このエリアの平均消火器収集個数は5.8本で、初期消火可能率は38%であった。屋外設置消火器を図7の位置に新たに3個(赤丸部)増やすことにより、このエリアの初期消火可能率が54%に上げることが可能となる。

(3) 下樫木町先斗町公園南側エリアおよび梅之木町先斗町公園南側エリア

(89～93、165～168)
このエリアの平均消火器収集個数は4.5本で、初期消火可能率は30%であった。ここでは先斗町公園の南側(図8赤丸部)に屋外設置消火器を設置した防災倉庫等を設けることを提案する。最低4本を設置することにより、このエリアの平均消火器個数は8.5本となり、初期消火率を57%に上げることが可能となる。

(4) 鍋屋町中間エリア (146～152、190～196)

このエリアの平均消火器収集個数は6本で、初期消火可能率は40%であった。竹村家橋跡(建物番号192～193の間)には空地があるため、消火器を複数置くことが可能である。

竹村家橋跡に消火器を設置すると、消火器収集範囲としては図9上側の円内の範囲となり、初期消火可能率が低い196～197の店舗はこの収集範囲には含まれない。

竹村家橋跡に置いた消火器の有効範囲内の平均消火器収集本数は6本であるため、先斗町全体の初期消火可能率を上回るためには、3本の屋外消火器を増設する必要がある。196～197の店舗に関しては、平均消火器収集本数は6.5本である。そこで、図9中の下側二か所の赤丸位置にそれぞれ一本ずつの消火器を設置することによって、196～197の初期消火可能率は56.5%となり、平均の初期消火可能率を上回ることが可能である。

結果として鍋屋町中間エリアの初期消火可能率を63%に上げることが可能となる。

(5) 改善後の先斗町全域の初期消火能力評価について

上述のように、初期消火可能率が低い地域について最小限の消火器の適所配置を検討した。この結果、先斗町全域で計16本の消火器を増設することで、平均消火器収集本数は9.5本となり、平均初期消火可能率は63%となった。消火器増設後の初期消火能力評価を図10に示す。

(6) 初期消火に携わる人の時間帯別分布について
一方で、先斗町は有数の繁華街でもあるため、時間帯によって人の増減が激しい地域である。昼過ぎ～夜10時半頃に入通りが多くなり、それ以外の時間帯では人通りが少ない¹⁾。人が多い場合は火災発見や初期消火活動などを素早く行うことができると考えられるが、少ない時間帯では後手に回ってしまい、延焼被害が大きくなる危険性がある。

その危険性を明らかにするため、先斗町の店舗の営業時間、また人が居住している家屋の調査を行い、時間帯別の人口分布状況を把握した。その際に人が居住している家屋、お茶屋については24時間人が滞在していると考えた。結果は以下の図11～14に示す通りとなり、人がその時間帯に存在する店舗については図中黄色で示している。時間帯の区分としては、飲食店の営業時間帯の区分を参考とした。

(昼)10時～16時 夜16時～23時
深夜23時～4時 朝4時～10時
先斗町は飲食店が多いため、夜の時間帯に関してはほとんどの店舗に人が居る状況となる。しかし、朝の時間帯に関しては、営業している店舗は無く住民しか先斗町に存在しない。特に橋下町、材木町、下樫木町のエリアは人が住んでいる家屋が少なく、朝の時間帯に火災があった場合には火災発知に時間がかかるとともに、初期消火の際の人手不足などから、初期消火活動に大きく影響がでると考えられる。また、昼については材木町北側、橋下町北側、下樫木町中間のエリアにおいて人口が少なくなり、深夜については、鍋屋町、若松町北側・南側、下樫木町中間のエリアにおいて人口が少なくなっていることが明らかとなった。

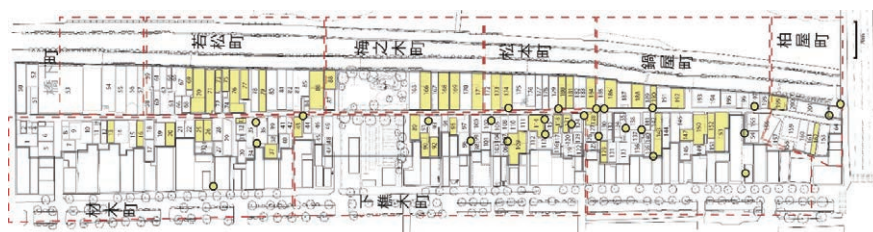


図11 開店している店舗および住居の分布(朝)

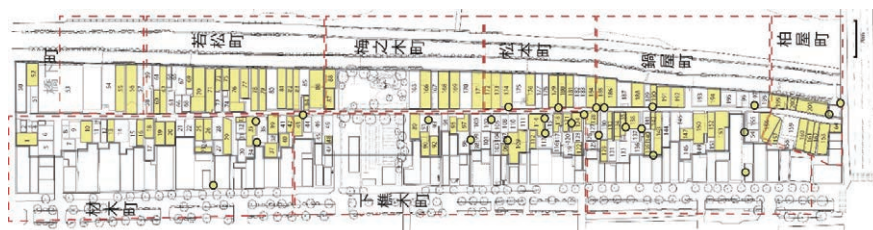


図12 開店している店舗および住居の分布(昼)

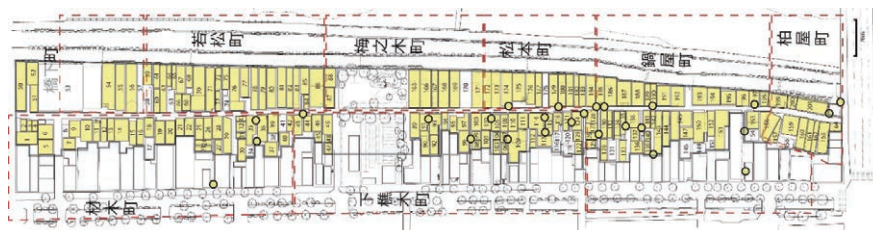


図13 開店している店舗および住居の分布(夜)

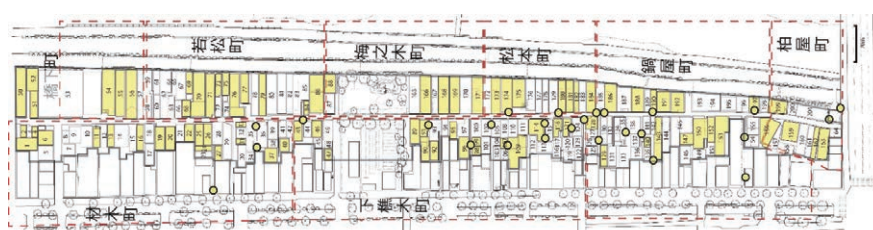


図14 開店している店舗および住居の分布(深夜)

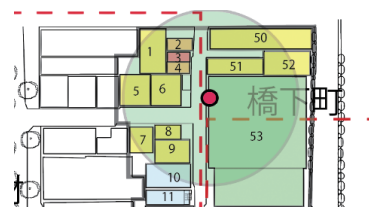


図6 改善案①

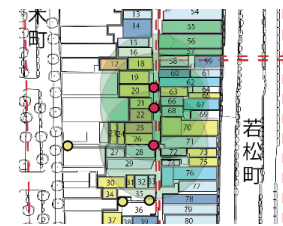


図7 改善案②

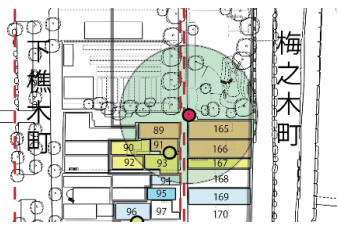


図8 改善案③

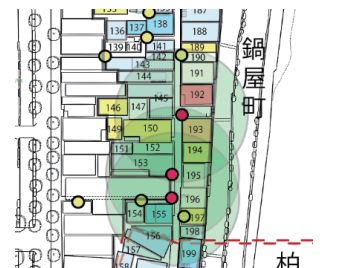


図9 改善案④

5 まとめ

(1) 初期消火活動の重要性について

火災履歴調査からは、木造密集市街地であることから延焼スピードが速く、火災発生の速さや、住民によるスムーズな初期消火活動と消火設備の充実が必要であることが明らかとなった。初期消火活動の成功事例と失敗事例から消火器による迅速な初期消火活動が非常に重要であることが分かった。

(2) 初期消火能力の評価と改善案について

初期消火活動に必要な消火器の設置個数から、エリアごとの初期消火能力の評価を行った。結果としては、橋下町北側、材木町北側、材木町中間、下樵木町先斗町公園南側、梅之木町先斗町公園南側、鍋屋町中間エリアが消火器の収集可能率が低く、火災発生の際に初期消火が間に合わず、延焼火災が起りやすい地域であると考えられた。

それぞれの地域において消火器の適所配置を検討した結果、先斗町全域で少なくとも計16本の消火器を増設することができれば、すべてのエリアで平均を上回る初期消火可能率を達成できることを示した。なお平均消火器収集本数は9.5本となり、平均初期消火可能率も63%となった。

しかし先斗町特有の繁華街としての土地利用形態から、時間帯によっては初期消火に関わる人手が足りないという問題も挙げられた。夜の時間帯はほとんどの店舗が営業しているため人手が多い状態にあるが、特に朝の時間帯では、人手が足らず、橋下町、材木町、下樵木町、鍋屋町エリアでは火災が発生した場合にスムーズな初期消火活動ができない可能性が高い。

今後は、訪れる観光客まで含めた、初期消火活動の担い手の確保も重要な課題となる。

謝辞／本研究を進めるにあたり、先斗町まちづくり協議会神戸啓様、金田祐一様、アンケート回収の際にご協力いただきました。先斗町このまち守り隊の皆様、また、アンケート調査にご協力いただいた住民・事業所の皆様には多くのご尽力と貴重なご意見を賜りました。ここに感謝の意を表します。

●参考文献

- 1) 松井大輔・岡井有佳：先斗町花街における茶屋の減少に伴う火災危険性の変化，歴史都市防災論文集Vol.8 2014年7月
- 2) 愛媛大学防災情報研究センター <http://cdmir.jp/simulator/> (2016年6月20日閲覧)
- 3) 国土地理院基盤地図情報ダウンロードサービス <http://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php> (2016年6月20日閲覧)
- 4) 国土交通省気象庁 気象データ一覧 http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=61&block_no=47759&year=1978&month=4&day=27&view=p1 (2016年6月20日閲覧)
- 5) 金井淳子・梶秀樹：自主防災組織の初期消火活動能力評価に関する研究～大震災における消火器による消火活動を想定したシミュレーション，日本建築学会計画系論文集 第552号，207-213.2002年2月
- 6) 金井淳子・梶秀樹・石見利勝：地域防災力の要素及び係数化に関する業務報告書～防災カルテによる地域安心度診断事業 立命館大学 2000
- 7) 舞鶴市消防本部 <http://www.maizuru119.com/index.htm> (2016年11月14日閲覧)
- 8) よくわかる消防設備 防災研究会AFRI編著 日本実業出版2011年5月1日出版
- 9) 自治省：消火器の技術上の規格を定める省令 1998改定
- 10) 先斗町界わい景観整備地区界わい景観整備計画 平成27年4月1日 京都市告示第39号
- 11) 先斗町まちづくり協議会：「地域景観づくり計画書」

京都市先斗町の来遊者を対象とした 災害時における避難上の課題

—伝統的景観を支える路地や階段等の既存空間の有効性について—

大窪健之

立命館大学 教授・工博

林田南実

日本工営(株)

金 度源

立命館大学准教授・工博

林 倫子

関西大学准教授・工博



1 はじめに

京都五花街の一つである先斗町は、三条通と四条通の間を南北に延びる先斗町通とその西側の木屋町通を結ぶ複数の路地によって構成される歴史的市街地で、お茶屋を起源とする多くの木造建築が立ち並ぶ木造密集市街地である。先斗町内の通路はすべて道幅が2.7m以下の細街路と路地で構成されている。戦後の都市化と同時に地区内の

路地はその数が減少しており¹⁾、災害時の避難経路の確保が困難になることにつながると考えられる。観光地であるため観光客が多く訪れる先斗町では、災害発生時に人々の混雑により渋滞が発生し、迅速な避難の妨げとなる可能性が考えられる。しかし、京都らしい風情のある木造密集地と路地の都市景観が持つ歴史的価値や経済効果は大きい。そのため、都市景観を保全しつつ、災害時の住民や観光客の迅速かつ安全な避難を実現するためには、路地などのこの地区の空間特性を最大限に活用する必要がある。これまでの先斗町における災害危険性に関する既往研究は、お茶屋の減少により火災危険性が増していることを明らかにした松井らの研究²⁾のみであり、他の既往研究

においても、災害時の観光客の混雑により避難が困難になる危険性を路地や細街路で構成されている街区の中で考えられたものはみうけられない。本稿では、先斗町地区内の来遊者を対象とした火災と地震時を想定した避難シミュレーションを行い、その結果を分析することで、災害時の路地の活用方法や避難経路確保の可能性(東側へはみそぎ川、西側へは木屋町通)に焦点を当て、その有効性を検証する。そして災害時における人の混雑による渋滞を考慮し、先斗町の既存の空間特性の活用方法を考慮した災害時の避難計画策定のための知見を得ることを目的とする。

図1 先斗町地区の概要と火災発生エリア

2 対象地域の概要と調査の方法

(1) 対象地域の概要

本稿の対象地域である先斗町は、京都市中京区の三条通南から四条通間に立地しており、地区の中央には南北に約500m道幅2.7m以下の先斗町通が延び、これに接して間口3間程度の伝統的建造物が両側に建ち並んでいる³⁾。また、地区のほぼ中央には先斗町公園と先斗町バイク駐輪場が、東側には鴨川が、西側には木屋町通が位置している。(図1) 木造密集市街地であるため火災時のリスクが高いこと、道路幅員が狭いこと、一年を通して多くの来遊者が訪れることから、災害発生時にも混雑による渋滞が発生する危険性が考えられる。

(2) 調査の方法

本稿では、まず現状の避難シミュレーションを構築することにより先斗町地区の避難上の課題を抽出した。その結果を踏まえて改善案の避難シミュレーションを実行し、得られる効果とさらなる課題を考察する。今回は「buildingEXODUS」(ver. 5.0.0)というフォラムエイト社のエージェント型シミュレーションソフトを使用した。これは、人と人、人と建造物との相互作用を表現することができるため、通りの両側に建物が立ち並ぶ先斗町地区を対象として使用するにふさわしいと考えられる。

また、避難シミュレーションを構築する

にあたり必要となる情報として、地区内の各事業所内の客席数とピーク時の客の人数、ピーク時における先斗町通及び路地内を回遊している来遊者¹⁾数、の二つが挙げられると考えられる。前者については、先斗町地区内全戸を対象としたアンケート調査により、後者については、先斗町に訪れる来遊者数が比較的多いと考えられる時期・時間帯²⁾に、実際に来遊者数の計測調査を行い把握することとした。

本稿で使用した地図データ及び面積等の情報は、ゼンリン社のGISデータZマップ2014年版から測定した。

3 避難シミュレーションモデルの構築

(1) パラメータの設定

a) 避難者数の設定

来遊者数計測調査の結果から、最も多くの来遊者が訪れる時間帯における各通りの来遊者数を用いて、シミュレーションでの避難者数とした。

b) 各店舗内における避難者数の設定

避難シミュレーションでは、店から人が外へ出てくる様子を、一定時間経過ごとに人を生成するソースノードを店の入口に設置することにより再現した。各店舗の避難者数は、アンケート調査で得られた客席数を基に設定した。アンケート未回収店舗については、各店舗の面積等⁴⁾⁵⁾を用いて客席数を算出し、その値を基に避難者数を設定

した。また、避難シミュレーションでは、避難者は災害発生後に時間T秒(居室避難許容時間³⁾)が経過すると人が生成開始される設定とした。

$$T=2\sim 3\sqrt{A} \quad (\text{式1})$$

(T: 居室避難許容時間、A: 出火室の面積)

(2) 避難シミュレーションの構築

a) 対象地域のモデル化

本稿では、先斗町通および路地を50cm×50cmのノードでモデル化し、先斗町通と通り抜け可能な路地の先に出口^{注4)}を設置し、エージェントが先斗町地区内からこの出口を出た時点で避難完了とする。シミュレーションでは、先斗町及び路地に店舗の出入り口が面している店舗のみ(木屋町通に出入り口が面している店舗は除く)を対象としてシミュレーションを実行する。

b) モデル化に際する条件設定と結果の分析方法

building EXODUSにおける出口の設定の一つである誘引力値とは、個人がその出口についてどれほど知っているかの可能性に影響を与える値であり、出口を認識している確率でもある。誘引力値が100の場合、避難者がその出口を完全に認識していることを意味し、値に違いがある場合は相対的に誘引力値が大きい出口へ向かって避難する。本シミュレーションでは、来遊者数計測調査から得られた地区内の外部空間にいる全人口から各路地の人口の割合を算出し、全出口の誘引力値として設定した。

またbuildingEXODUSは、シミュレ

ーション実行後に集中的に混雑が発生していた箇所を確認することが可能である。この混雑データは、全シミュレーション時間のうち10%以上混雑していた(4人/m)エリアを表示するものである。本稿ではこの混雑データを用いて、避難時の混雑による渋滞箇所を特定し、それに対する対策を検討した。

(3) 避難シミュレーションのシナリオ設定

シナリオ設定

a) 火災発生時とb) 地震発生時の2つのシナリオでシミュレーションを実行する。

先斗町地区のみそぎ川沿いには、現在は使用されていない屋外階段が10個存在している。(図1) その中でも、すぐにでも避難時に使用が可能であると判断できる階段は3つある。その3つの階段を災害時には使用できるようにすることの有効性を示すために、両シミュレーションともに3つの階段使用ありの場合と、使用なしの場合を検証した。

a) 火災発生時

火災発生箇所はそれぞれの東西方向の通りの間として設定し、火災発生箇所の両側付近の路地は消防が進入路として使用するとして、それ以外を避難経路とする。火災発生の場合分けは先斗町公園・先斗町バイク駐輪場区間を除く11エリアとする(図1)。避難完了時間が最も長くなる火災発生エリアを明らかにし、その原因と対策を検討する。

b) 地震発生時

地震の揺れが収まると同時に避難者が避

表1 火災発生時の避難シミュレーション結果

	避難完了時間 (S)			
	階段利用なし		階段利用あり	
エリアA	1865	31分05秒	1512	25分21秒
エリアB	1518	25分18秒	1285	21分25秒
エリアC	1289	21分29秒	1075	17分53秒
エリアD	1186	19分46秒	1025	17分05秒
エリアE	1038	17分18秒	1040	17分20秒
エリアF	927	15分27秒	915	15分15秒
エリアG	798	13分18秒	778	12分58秒
エリアH	727	12分07秒	829	13分49秒
エリアI	738	12分18秒	829	13分49秒
エリアJ	917	15分17秒	1003	16分43秒
エリアK	1241	20分41秒	1318	21分58秒

表2 地震発生時の避難シミュレーション結果

現状(階段利用あり)	避難完了時間 (s)		現状との 避難完了時間の差(s)
	1512	25分21秒	
改善案 a)	1308	21分48秒	204
改善案 b)	765	12分45秒	747
改善案 c)	663	11分03秒	849

難し始めるが、来遊者の多くは地区にあまり精通していないと考えられるため、優先的に先斗町通を用いて避難すると考えた。3つの階段の利用なしと利用ありの場合の2パターンについてシミュレーションを実行し、それぞれ渋滞が発生しやすい箇所を特定し、対策を検討する。

4 現状の避難シミュレーション結果

a) 火災発生時

エリアAで火災が発生した場合の避難完了時間が最も長くなったのは、先斗町公園以北よりも以南の方が四条通までの距離が長く、先斗町通の幅員も狭い箇所が数箇所あることが原因となり、先斗町通で深刻な渋滞による渋滞が発生してしまつたためと考えられる。エリアAの改善案では、路地に面している店舗内の避難者は路地を用いて避難させ、先斗町通にいる避難者も路地を用いて避難するよう誘導（各出口の「誘引力値」を全て100と設定した）しつ、先斗町通への人の流入を抑制するものとする。

b) 地震発生時

シミュレーション結果からは、出口の数を増やしても、先斗町通の混雑が深刻であるために避難完了時間が短縮されなかった。このため、避難完了時間を短縮するためには店に一時待機するなどして先斗町通への人の流入を抑えるか、混雑が発生している箇所付近に地区外へ出ることができる出口

を確保する必要があることがわかった。

5 改善案の避難シミュレーション結果

ここでは先斗町通への人の流入を抑える手段として、火災発生時・地震発生時それぞれについて、路地に面している店舗内の人は全員路地を用いて木屋町側へ避難する場合と、混雑が常発生する箇所付近に現存するみそぎ川側へ降りる階段がある店舗を、鴨川河川敷への緊急出口として開放した場合のシミュレーションを実行し結果を考察する。

(1) 火災発生時の

改善案シミュレーション結果

エリアAで火災が発生した場合には、以下の3つを改善案を避難シミュレーションにて検証した。

a) 路地に面している店舗内の避難者は全員路地を用いて避難する場合

b) a) + 先斗町通にいる避難者も路地を用いて避難する場合

c) b) + 先斗町公園以北と以南計2箇所の階段（図1のdとf）を東側への避難経路として開放した場合

(2) 地震発生時の

改善案シミュレーション結果

以下の3つを改善案避難シミュレーションとして検証した。

a) 路地に面している店舗内の避難者は全員路地を用いて避難する場合
b) 先斗町公園以北と以南計2箇所の階段（図1のdとf）を東側への避難経路として開放した場合
c) a) + b) の場合

(3) 改善案のシミュレーション結果に対する考察

a) 火災発生時

現状の混雑データでは先斗町公園付近から南に向かい大きな混雑が見られていたが、改善案では順にその混雑が解消されている様子が確認できた。

b) 地震発生時

各改善案と現状の混雑データを比較すると、先斗町公園以北と以南の先斗町通で発生していた2カ所の混雑の中央部分が、順に少しずつ解消されていることが明らかとなった。先斗町通への人の流入を抑制することは、避難完了時間の短縮とともに先斗町通の混雑による渋滞を解消することにも効果があることが明らかとなった。

6 まとめ

(1) 避難シミュレーション結果の考察

本稿では、災害時の最も大きな課題として考えられる混雑による渋滞に着目して先斗町地区を対象に避難シミュレーションを構築し、火災と地震発生時の混雑が常時発

表4 地震発生時の改善案シミュレーション結果

現状(階段利用あり)	避難完了時間 (s)		現状との 避難完了時間の差(s)
	1095	18分15秒	
改善案 a)	928	15分28秒	167
改善案 b)	1006	16分30秒	89
改善案 c)	900	15分00秒	195

表3 火災発生時の改善案シミュレーション結果

階段利用なしの場合	避難完了時間 (s)		階段利用なしの場合との 避難完了時間の差(s)
	1256	20分56秒	
階段出口の誘引力値:100	2068	34分28秒	-812
階段出口の誘引力値:50	1134	18分54秒	122
階段出口の誘引力値:25	1095	18分15秒	161



図2 常時混雑が発生する箇所

生する箇所(図2)と、避難時の課題を明らかにし、既存の路地と階段を活用した避難誘導対策の有効性を評価することができた。シミュレーションでは、先斗町公園以北と以南の先斗町通で混雑が常時発生することが明らかとなった。その対策として、路地による木屋町通側への避難率を上げ、地区外への出口を増やすためにみそそぎ川へ通じる既存の階段を有効活用できれば、避難完了時間の短縮に一定の効果があることが明らかとなった。

一方で、先斗町通での混雑に対しては、やみくもに出口の数を増やしても避難完了時間が短縮するわけではなく、それ以上に店舗での一時待機をするなど先斗町通への人の流入を抑制し、先斗町通で混雑による渋滞が発生しないように避難誘導を行うことが重要であることが明らかとなった。

(2) 今後の課題

先斗町地区内に現存する町家の構造を利用した避難路活用の可能性確認(臨時的な避難路となりうる通り庭の活用など)、周辺の避難場所、避難所等も対象に取り入れたより広域な避難シミュレーションを実行する必要がある。

〔謝辞〕

先斗町まちづくり協議会の皆様には多くのご尽力とご協力を賜りました。先斗町このまち守り隊の皆様にはアンケート調査のご協力を賜りました。また、本研究は立命館大学歴史都市防災研究所研究施設運営支援(拠点形成)によるものであります。ここに記して謝意を申し上げます。

●注釈

注1) 本研究における「来遊者」とは、他地域からの観光客や飲食を目的に地区内にやってくる、この地区についてあまり精通していない人々のことを指す。

注2) 京都市に多くの観光客が訪れるのは例年3・4・11月⁶⁾であるため、実測調査は11月中旬の土曜日に行った。

注3) 居室避難許可時間Tとは、火災が発生した場合にその居室の全員が室外に避難を完了するまでの時間のことである⁷⁾。

注4) 本研究における「出口」とは、避難シミュレーションモデル内での先斗町地区内から地区外へ出る出口のことであり、避難者が出口を出た時点で先斗町地区内から地区外へ避難完了したとみなす。

●参考文献

- 1) 京都市・先斗町まちづくり協議会：先斗町地域景観づくり計画書、p.25、2012
- 2) 松井大輔・岡井有佳：先斗町花街における茶屋の減少に伴う火災危険性の変化、歴史都市防災論文集、Vol.8、pp.211-216、2014
- 3) 京都市・先斗町まちづくり協議会：先斗町デザイン集「このまちのしつらえ」、2015
- 4) 福井通・山家京子：建築設計テキスト 商業施設、彰国社、pp.44-45、2008
- 5) 織田誠一郎・佐野暢紀：図解・建築計画、学芸出版社、p.51、2002
- 6) 京都市：京都市観光総合調査平成27年、2016
- 7) 建設省住宅局建築指導課日本建築主事会議：新・建築防災計画指針、財団法人日本建築センター、pp.128-129、1995

災害発生場所を地図で共有できる メール配信システムの有効性評価

—京都市先斗町での避難シミュレーションを通して—

大窪健之

立命館大学教授
理工学部環境都市工学科

山根雅也

立命館大学大学院
理工学部環境都市工学科

金 度源

立命館大学准教授
理工学部環境都市工学科

1 はじめに

(1) 背景

我が国では現在、30年以内に首都直下地震や南海トラフ巨大地震等の大地震が相当な確率で発生することが指摘されている¹⁾。また火災に対する脆弱性の高い木造密集市街地が多く存在しており²⁾、地震時には深刻な火災被害が懸念されている。特に歴史的な町並みでは近代的な都市構造とは異なり、幅員の小さい道路や屈曲路、袋小路など、文化的価値の高さに都市防災の観点からは課題が多い。一たび地震火災が発生すると、道路が塞がるなどにより消防が火災発生場所まで到達するのに時間を要したり、到達できても断水で消火栓が使えず、倒壊家屋で防火水槽が使用できなくなる等、消火活動が困難となることが予想されている³⁾。

このため、火災や建物倒壊などによる被災箇所が発災直後に地図上で把握できれば、これらを回避した移動経路を求めることができ、効率的に現場や避難場所に到着できる可能性が高まるため、人的被害・物的被害の低減に大きく貢献できる可能性がある。

本稿では、立命館大学防災まちづくり研究室と能美防災株式会社共同開発した、各戸に設置されている住宅用火災警報器が感知した火災情報を無線で収集し、インターネットを通して地域全体に地図で配信できる「地域防災情報ネットワークシステム」(以下本システムという)を利用することで、最適な避難行動、避難経路の選択に有効であると考えた。本システムの開発は、2009年⁴⁾から行われており、現在は青森県黒石重要伝統的建造物群保存地区で実戦投入に至った本システムでは、知らせたい情報を知らせたい範囲の相手に選択的に配信することが可能であり、配信する災害情報の多角化も期待される。

(2) 目的

本稿では、代表的な木造密集市街地であり京都を代表する伝統ある繁華街の一つとなる先斗町地区を対象として、地震火災発生時の避難状況をシミュレーション上で再現するこ

とを試みる。さらに実際に本システムを先斗町地区に導入した場合を想定して、災害時に具体的な被災箇所が即時的に共有できた場合における、避難時間の短縮効果の検証を目的とした。

2 対象地と検証の方法

(1) 対象地区の概要

本研究の対象地である先斗町は、京都市中京区の三条通南から四条通間に立地し、歴史的な街並みが残る「界わい景観整備地区」に指定された、京都五華街の1つである。図2のように、中央には南北に約500mの長さの道幅2.7m以下の先斗町通が延び、その通りに接して間口3間程度の伝統的なスケールの建物が両側に建ち並んでいる木造密集市街地である。また、地区のほぼ中央には先斗町公園と先斗町バイク駐輪場が、東側にはみそそぎ川・鴨川が、西側には木屋町通が位置している。大地震時には、建物倒壊や地震火災により避難経路が限定されるだけでなく、安全な経路を選択することが困難となることを考えられる。

(2) 検証の方法

先斗町地区は、多くの来訪客が訪れる観光地の一つであり、災害時を想定して実際に大規模な避難訓練を行うことは困難となっている。このため一人一人の行動原則を設定でき

るエージェント型避難シミュレーションを用いて、避難行動における課題を抽出し、対策を検討することとした。まず、現状のままの避難シミュレーションモデルを構築することで、先斗町地区の地震後を想定した避難上の課題を抽出する。さらにシステムの導入を想定した避難シミュレーションを実行し、得られる効果とさらなる課題を考察する。

本稿では、フォーラムエイト社の避難シミュレーションソフトであるbuildingEXODUS (Ver.5.00)¹⁾注2)を使用した。また、シミュレーションモデルを構築するにあたり必要となる情報として、地区内の各事業所(店舗等)内の客席数と、ピーク時の先斗町通及び路地内を回避している来遊者数の二つが必要となるが、林田らの先行研究⁵⁾で調査したデータを引用している。避難シミュレーションを実施するにあたり、火災発生時と道路閉塞が起る地震発生時を想定した2つのシナリオを作成し、本システムの特徴である障害発生地点を避難者に地図で周知できた場合とそうでない場合の避難完了時間・混雑度の違いを明らかにする。

3 実用化されたシステムと機能拡張の提案

(1) システムの概要

本システムは、各戸に義務付けられた個別の住宅用火災警報器(以下住警器という)を



図2 先斗町地区の概要

表4-1 各通の避難者数

	先斗町通	5番路地	6番路地	9番路地	蛸薬師通(北)	蛸薬師通(北)	11番路地	13番路地	15番路地	16番路地	17番路地	25番路地
避難者数(人)	491	5	17	1	10	1	0	2	4	1	6	1



図4-5

地震時の使用可能路地



図4-4

火災発生エリア区分



図4-3

使用不可とした路地の例

図4-2



図3 地震災害情報配信フロー概略

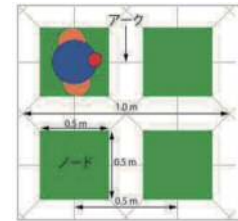


図4-1 buildingEXODUS のアークとノード

街中に分布する火災センサーとして利用し、受け取った信号を無線ネットワークを経由して地図化しメール配信することで、地域全体で即時共有する情報インフラである。住警器が作動すると屋外火災警報装置が連動して鳴動し、この情報は中継器等を通してクラウドサーバー上に送信され、住民の携帯メール等へ地図付きの災害発生情報が配信される仕組みとなっている(図3)。さらに本システムは地区の防災機器(サイレン等)と連動可能であり、地区の特徴やニーズに応じた運用が可能である。

(2) 本システムの機能拡張の提案

本システムは、住警器をセンサーとして利用して無線ネットワークで繋いでいるため、センサーを変えるだけで様々な災害情報を配信可能となる。

ここでは各建物の軒下などに設置する屋外火災警報装置の中に「傾きセンサー」^{注3)}を追加することを提案した。一定以上の傾きを検知した際に、建物が倒壊している、または倒壊の危険性があるという情報を本システムが受け取り、先斗町地区に住む住民に対し、倒壊箇所の地図情報等を配信するというものである。これにより火災発生場所だけでなく、道路閉塞の可能性のある場所情報も配信可能となるため、より効率の良い避難が可能となると考えた。

4 避難シミュレーションモデルの構築とシナリオ

- (1) 避難シミュレーションに必要なパラメータ
避難者数の設定

避難シミュレーションを構築する際には、先斗町地区内の滞在者数(避難者数)を設定する必要がある。本稿では、林田らによる先行研究⁶⁾で実施した住民アンケート調査及び来遊者数調査の結果を基に、避難シミュレーション内では、地区内に最も多くの来遊者が訪れる時間帯の各通りの来遊者数を避難者数とし、地区内の各経路にランダムで配置した避難者数は上の表4-1の通りである。

- b) 各店舗から通りへ出てくる避難者の設定

避難者が各店舗から通りへ出てくる様子の再現については、各店舗の滞在者数を上限に一定時間ごとに人を生成するソースノードを店の入口に設置することで対応した。今回のシミュレーションでは、災害発生後に式4-1の居室避難許可時間^{注5)}T秒(2-3=2.5秒)が経過すると、当該店舗から人が生成開始される設定とし、その後は滞在者がいなくなるまで2秒ごとに1人生成される設定とした。

$$T = 3 \times \sqrt{A}$$

(T: 居室避難許可時間, A: 出火室の面積)

- (2) 避難シミュレーションモデルの構築

- a) 対象地区のモデル化

当該シミュレーションソフトでは、人が滞在可能な空間を50cm×50cmのノードと呼ばれる正方形で分割し、その正方形を伝ってエージェント(避難者)が移動することによって、人の移動がモデル化されている。エージェントは各ノードにつき一人しか滞在することができない。(図4-1)

本稿では、先斗町通および路地の形状が50cmで割り切れない場合は切り捨てることでモデル化した。また、先斗町通と通り抜け可能な路地の先に出口^{注4)}を設置し、すべての避難者が何れかの出口に到達した時点で避難完了とした。

- b) モデル化の際の条件設定と結果の分析方法
当該シミュレーションソフトの出口設定

に必要なパラメータの一つに「誘引力値(Atractiveness値)」があるが、避難者が出口を認識している確率と読み替えることができる。誘引力値が100の場合、全避難者とその出口に向かって避難する一方で、その値が50や20の場合は、避難者のうち50%、20%がその出口について認識していることを意味する。

ここでは、本システムを利用して経路上の障害をあらかじめ知って安全な出口を選んでいる人の割合を、その誘引力値を変化させることにより表現することとした。また、シミュレーション実行時に集中的に混雑が発生していた箇所を確認するため、全シミュレーション時間のうち10%以上で混雑していたエリア(4人/m²)を表示することとした。

- (3) 避難シミュレーションのシナリオ設定

本稿では、本システムを先斗町地区に導入した際の効果について検証を行うため、a)火災発生時と、b)地震発生時の2つのシナリオで検証を行う。道路閉塞を考慮する路地については、図4-5で赤色で示した狭小な路地から抽出することとし、図4-2・4-3は該当する路地の例である。

観光客は地区内に精通していないため先斗町通を用いて避難するが、路地に面している店から出てくる観光客や事業者は路地を使つて地区外へ避難するものとした。各路地の出口の誘引力値の初期値は、当該路地の利用者の全避難者に対する人口割合を算出し、その値を初期値として設定した。

- (4) 災害時を想定したシナリオ

避難者の出口選択は接近の度合いのみに従うのではなく、災害情報を受け取るにより変化すると考えられる。本稿では、避難者が災害情報を受け取った後の行動を、各路地の出口に対する誘引力値を変化させることにより表現する。

- a) 火災発生時

各回のシミュレーション上の火災発生箇所は、図4-4に表したA・Kエリアの中心の先斗町通上に設定する。火災発生エリアを挟む路地は、消防隊が進入路として使用するものと考え、それ以外を避難経路とした。

b) 蛸薬師通以北の3本を使用可能としたとき



図5-2 b)の使用可能路地

c) 蛸薬師通以南の3本を使用可能としたとき

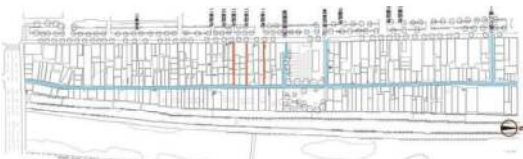


図5-3 c)の使用可能路地

d) 蛸薬師通以北の2本、以南の1本を使用可能としたとき

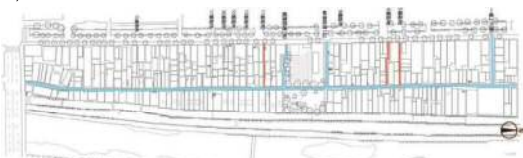


図5-4 d)の使用可能路地

e) 蛸薬師通以北の1本、以南の2本を使用可能としたとき



図5-5 e)の使用可能路地

表5-1 火災発生時のシミュレーション結果

出火エリア	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
避難完了時間	29分41秒	25分41秒	21分27秒	19分11秒	17分30秒	15分47秒	14分07秒	13分02秒	13分26秒	23分40秒	25分41秒

表5-2 火災発生時の路地利用時のシミュレーション結果

出火エリア	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
避難完了時間	15分22秒	15分21秒	15分24秒	15分03秒	14分56秒	12分53秒	12分28秒	11分37秒	11分51秒	16分54秒	15分40秒
基本ケースとの避難完了時間の差	14分19秒	10分20秒	6分03秒	4分08秒	2分34秒	2分54秒	1分39秒	1分25秒	1分35秒	6分46秒	10分01秒

表5-3 路地利用者を全体の20%としたときのシミュレーション結果

出火エリア	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
避難完了時間	12分10秒	10分15秒	9分25秒	9分37秒	9分25秒	9分13秒	9分11秒	8分58秒	8分59秒	10分20秒	11分17秒
基本ケースとの避難完了時間の差	15分31秒	15分26秒	12分02秒	9分34秒	8分05秒	6分34秒	4分56秒	4分04秒	4分27秒	13分20秒	14分24秒
b)のケースとの避難完了時間の差	3分12秒	5分06秒	5分59秒	5分26秒	5分31秒	3分40秒	3分17秒	2分39秒	2分52秒	6分34秒	4分23秒

表5-4 地震発生時のシミュレーション結果

	避難完了時間
基本ケース	22分08秒



図5-6 基本ケースの混雑

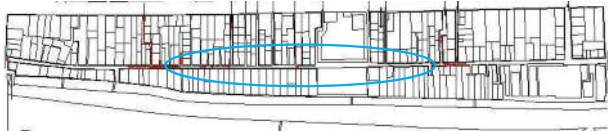


図5-7 誘引力値100のときの混雑



図5-8 誘引力値 20 のときの混雑

5 避難シミュレーションの結果と考察

b) 地震発生時

道路閉塞を直接的に検証できる資料がないため、本稿では亀井らの既往論文⁶⁾を参考に閉塞する路地を設定した。ここでは、京都市における5.5m未満の道路では48%が道路閉塞すると推定されているため、先斗町の路地においても11本存在する路地の中から5本のみを避難経路として使用可能(図4-5)と考えた。

(1) 火災発生時の避難シミュレーションの結果と考察

a) 避難者が火災情報を認識していない場合(火災情報を知らずに避難開始した場合)

火災発生時の避難シミュレーション結果は以下の表5-1の通りとなった。各路地の出口の誘引力値は算出した初期値を設定した。このケースを「基本ケース」として、以降で比較対象とする。

避難完了時間で見ると、エリアAに続いてエリアB、エリアKが長くなるという結果となった。これは、避難者が主に先斗町通を用いて避難している為、南北端のエリアで出火した場合出口までの避難距離が長くなることと原因と考えられる。また、先斗町公園以南の通りは特に幅員が狭くなっているため、渋滞が発生しやすく避難時間が長くなる結果につながったものと考えられる。

b) 全ての避難者が火災情報を受け取った(本システムで全員周知した場合)

本システムの導入により、先斗町に滞在する全ての避難者が火災発生場所(エリアA、K)を把握できた場合のシミュレーションを行った。ここでは避難可能な路地に対する誘引力値の数値を全て100に設定することで表現した。いずれのケースにおいても避難完了時間が短縮される結果となり、特にエリアAでの火災発生ケースにおいて、避難時間が14分19秒と最も短縮される結果となった。ここでは「基本ケース」で避難完了時間が最も長くなったエリアAについて考察する。

図5-6は「火災情報なしでの避難」を想定した基本ケースの混雑箇所、図5-7は「火災情報を全ての避難者が受け取った」と想定したときの混雑箇所を表しており、2つの図を比べると、後者の方が先斗町通の混雑が解消されていることがわかる。これは、火災情報が周知されることにより、それ以外の安全な路地を利用した避難者が増えたことによる効果と考えられる。

c) 一部の避難者が火災情報を受け取った(本システムで従業者に周知した場合)

林田らの既往研究⁵⁾から、ピーク時の来遊者数が539人である一方、先斗町には395の事業所が存在しており、ピーク時における従業者数は全体の約20%となった。そこで少なくとも従業者である20%が、火災発生場所の情報を受け取り、安全な路地を使って避難すると仮定した際のシミュレーションを行った。

この結果、一部の避難者が情報を受け取った場合(出口の誘引力値20)の方が、避難者全員に火災情報を周知した場合(出口の誘引力値100)よりも避難完了時間が短縮されることが明らかとなった。これは、全ての避難者が最寄りの安全な路地を利用しようとして、かえって混雑が生じたものと考えられる。その一方で混雑状況について比較すると、誘引力値20の混雑状況(図5-8)は、誘引力値100のとき(図5-7)と比較してもあまり変化が見られなかった。実際の避難時に路地で渋滞が生じたときには、状況を把握しながら効率の良い誘導が必要になると考えられる。

(2) 地震発生時の避難シミュレーションの結果と考察

a) 避難者が使用可能な路地を認識していない場合(閉塞箇所を知らずに避難開始した場合)

避難者が地震発生時に、道路閉塞箇所を認識していないと仮定したときの避難シミュレーション結果は上の表5-4の通りとなった。このケースを「基本ケース」として、以降で比較対象とする。

地震発生後にも閉塞しないと仮定される5本の路地のうち、蛸薬師通(図5-1)の2

表5-5 道路閉塞を考慮した際の避難完了時間と基本ケースとの避難完了時間の差

	使用可能とした路地	Attractiveness値	避難完了時間	基本ケースとの避難完了時間の差
b) 蛸薬師通以北の3本を使用可能としたとき	5・6・9番路地	100	14分08秒	8分00秒
		20	10分22秒	11分46秒
c) 蛸薬師通以南の3本を使用可能としたとき	11・13・15番路地	100	15分51秒	6分17秒
		20	12分05秒	10分03秒
d) 蛸薬師通以北の2本、以南の1本を使用可能としたとき	5・6・11番路地	100	27分09秒	-5分01秒
		20	14分31秒	7分37秒
e) 蛸薬師通以北の2本、以南の1本を使用可能としたとき	9・17・25番路地	100	15分06秒	7分02秒
		20	11分03秒	11分05秒



図5-1 蛸薬師通(北側)の様子

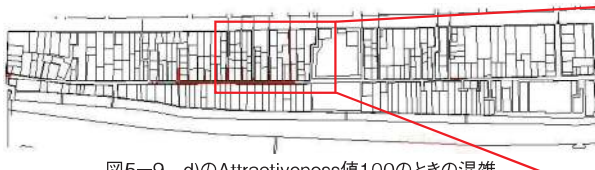


図5-9 d)のAttractiveness値100のときの混雑



図5-10 混雑箇所の拡大図

本はバイク駐輪場が隣接しており、相対的に閉塞の可能性が低いと考えた。そこで、残り3本の使用可能と想定される路地をランダムに選んでシミュレーションを行った。以下b)～e)については、残りの3本の路地をランダムに選んだケース中、最も避難完了時間が長くなったものを示した。

利用可能な路地の設定に応じてb)～e)のケース別に実施した避難シミュレーション結果を、以下の表5-5に整理した。避難者全員が道路閉塞状況から安全な路地を知っている場合(利用可能な路地の誘引力値(Attractiveness値)を100とした)と、従事者のみ(20%の避難者)が道路閉塞情報を知っている(利用可能な路地の誘引力値を20とした)場合のそれぞれについて、避難完了までにかかる時間を求めた。

この結果、いずれのケースにおいても避難完了時間が短縮されており、避難者に道路閉塞情報を周知していない場合(基本ケース)に比べて、避難者に情報を与えることの有効性が明らかとなった。しかし火災発生の場合と同様に、全ての避難者に使用可能な路地を周知した場合に、その路地に向かう人が増えてしまうことでかえって避難完了時間が長くなるという結果になった。図5-9は、d)のケースでの全避難者に周知した場合の混雑状況を表しており、図5-10はその混雑が生じている箇所の拡大図である。このことから、使用可能と周知した11番路地に向かう人が多くなつて渋滞が起き、避難時間が長くなったと考えられる。

6 結論

(1) まとめ

先斗町を対象に、火災時および地震時に障害が発生した場所を周知できた場合の避難活動への効果について、エージェント型避難シミュレーションを用いて検証した結果、以下のことが明らかとなった。

a) 火災発生時

避難者が火災情報を受け取ることで、木屋

町通へ通じる路地に向かう人が増えれば、混雑が一定程度解消されることがわかった。一方で全員に周知した場合は、20%の従業者等に周知した場合と比較してかえって集中による混雑が生じ、避難時間が長くなることも明らかとなった。

b) 地震発生時

地震時に建物倒壊により道路閉塞が生じたことを想定したシナリオでも、避難者に情報を周知して使用可能な路地から避難させることにより、避難時間の短縮につながるということが明らかとなった。しかし路地は幅員が狭いため、避難者が過度に集中すると混雑が生じ、避難時間が長くなることも分かった。

本システムは全ての避難者に災害情報を配信することを目標としており、情報の周知により避難時間の短縮効果が認められたが、先斗町地区においては全員に災害情報を配信した場合に、利用可能な道に集中して混雑が生じ、かえって避難に時間がかかる可能性も明らかとなった。

(2) 今後の課題

本稿では、避難者が災害情報を認識している可能性を避難シミュレーション内の出口に対する誘引力値を変化させることにより擬似的に表現したため、実際の災害時における避難者の行動とは正確には異なることが考えられる。今後の課題として、災害情報を受け取った避難者がどのような行動を起こすか、避難者間での情報の共有により行動がどのように変わるのか、についても明らかにする必要があると考えられる。

また先斗町地区に本システムを導入するためには、地域住民に使用方法を十分に説明した上で避難訓練等を行い、本システムの特徴を活かした防災活動を実際に検討していく必要がある。

地震による建物倒壊については、現時点では定量的に評価することが困難であるため、様々なケースを想定しておくことも必要であると考えられる。

●注釈

- 注1) 本研究で用いるフォーラムエイト社のシミュレーションソフトであるbuildingEXODUSは、人と人、人と建造物の相互作用を表現し、非常時や常時の人の動きや行動を評価するエージェント型シミュレーションソフトである。
- 注2) buildingEXODUSは、人と建造物の相互作用を表現することに優れているが、本研究で対象地域としている先斗町地区は、メインストリートである先斗町通の幅員が2.7m以下であり、その両側にぎりがりて建物が建ち並んでいるため、本研究で用いるエージェント型シミュレーションソフトとしてふさわしいと考えられる。
- 注3) ジャイロセンサーとは、物体の傾きを検出する装置の総称であり、基準軸に対して1秒間に角度が何度変化しているかを検知するセンサーのことである。
- 注4) 本研究における「出口」とは、避難シミュレーションモデル内の先斗町地区内から地区外へと出る出口のことであり、避難者が出口を出た時点で先斗町地区内から地区外へ避難完了したとみなす。
- 注5) 居室避難許可時間Tとは、火災が発生した場合にその居室の全員が室外に避難完了するまでの時間を表している。

●参考文献

- 1) 内閣府：首都直下地震対策ワーキンググループ最終報告、中央防災会議、http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/
- 2) 国土交通省：「地震時等に著しく危険な密集市街地」について、報道・広報 https://www.mlit.go.jp/report/press/house06_hh_000102.html
- 3) 東京消防庁：木造密集地域における震災対策の課題、http://www.tfd.metro.tokyo.jp/hp-bousaika/kabousin/19k/jishintaisaku_2-2.pdf
- 4) 深田亮介、大窪健之：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～歴史都市防災論文集Vol.4 2010年7月
- 5) 林田南実、金度源、大窪健之、林倫子：京都市先斗町における来遊者を対象とした避難シミュレーション—火災・地震発生時の混雑による渋滞に着目して—、歴史都市防災論文集Vol.11, 2017.7
- 6) 亀井千尋、花岡和聖、中谷友樹：震災時の道路閉塞状況からみた文化財の危険度評価-建物の建築年代・建築構造に着目したシミュレーション、GIS-理論と応用、2009、Vol.17, No.1, pp73-82