

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：82113

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24360248

研究課題名(和文) 歴史的細街路における三項道路指定の活用と付帯的防火規制の検証に関する研究

研究課題名(英文) Application of Paragraph 3, Article 42 of the Building Standard Law for the Preservation of Alleys in Historic Districts and Verification of Supplementary Fire Safety Regulations

研究代表者

樋本 圭佑 (Himoto, Keisuke)

独立行政法人建築研究所・その他部局等・その他

研究者番号：90436527

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、細街路空間模型を用いた火災建物から周辺建物への伝熱測定実験、ならびに軒下模型を用いた火炎伝搬実験を行うことで、歴史的細街路で発生する火災の延焼危険性を実験的に明らかにした。また、東北地方太平洋沖地震時の出火アンケート調査の結果に基づいて地震出火モデルを構築すると同時に、市街地火災延焼モデルに改良を加えるなどして、地震火災リスク評価手法の整備を進めた。さらに、市街地火災延焼モデルを利用することで三項道路規定を防火的な観点から分析し、付帯的防火規制の整備に向けた基礎的な検討を加えた。

研究成果の概要(英文)：This study analyzes the applicability of paragraph 3, article 42 of the Building Standard Law for the preservation of historic alleys. Reduced scale experiments on heat transfer within an alley in case of fire and temperature-rise under an eave were conducted in order to investigate the behavior of fire spread between buildings. For the improvement of the fire spread simulation, critical condition for fire spread from a fire room to adjacent room was investigated by a compartment fire experiment. As for the fire risk assessment, questionnaire survey for post-earthquake ignition following the Tohoku earthquake was conducted and a probabilistic model was developed. Requirement of the present regulation was analyzed from the perspective of fire spread risk and evacuation safety. Survey on construction type was conducted in Kyoto city and a model for estimating the ratio of buildings unqualified to the present regulation is developed with additional statistical data on houses and land use.

研究分野：防災計画

キーワード：火災 都市計画・建築計画 建築環境・建築設備 防災

### 1. 研究開始当初の背景

建築基準法の制定以前に成立した市街地には、幅員が4m以上の道路に面していない、いわゆる未接道敷地が少なくない。未接道敷地では、建物を更新する際にセットバックを設けることが要求されるが、こうした市街地では、そもそも零細な敷地が集まって細街路を形成している場合が多い。このため、セットバックを設ければ建物の規模が小さくなり、更新は事実上困難となっている。この結果、建物の老朽化は進み、細街路の安全性は著しく低下している。

一方、京都のような歴史都市に残る細街路の中には、伝統的な空間構成を保ち、良好な町並みを形成しているものが多い。地域特性をいかしたまちづくりを進めていく上では、こうした都市資産を活用していくことが欠かせない。以上のように、歴史的な細街路では、「安全の確保」と「町並みの保全」をいかに両立させるかが大きな課題となっている。

未接道問題を解決するため、これまでに様々な施策が採られてきた。なかでも、建築基準法42条三項に規定される道路(三項道路)の指定を受け、2.7mという狭い道路幅員を維持した状態での建物更新を可能とする、いわゆる「三項道路指定」の活用は、歴史的な細街路の「安全の確保」と「町並みの保全」を両立するための有力な選択肢といえる。しかし、同指定の活用にあたっては、狭い幅員に起因する防火性能の低さを、付帯的な防火規制によって補うことが要求される。ところが、防火規制を検証するための手法が整備されていないため、どういった防火規制を設ければ、建築基準法でそもそも要求される安全性を確保することができるのか、確認することができないといった問題があり、このことが三項道路指定の活用を阻害する一因となってきた。

### 2. 研究の目的

本研究では、歴史的細街路で発生する火災の延焼危険性を実験的に明らかにすると同時に、実験結果を踏まえてこれまでに開発をした延焼モデルを改良し、合理的な地震火災リスク評価につなげる。また、火災安全工学の知見を活用することで、三項道路規定を防火的な観点から分析し、付帯的な防火規制の整備に向けた基礎的検討を行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、以下の3課題の検討を通じて、三項道路指定に伴う付帯的な防火規制の工学的な評価手法を整備することを目的とする。また、「延焼危険性」、「避難安全性」、「消火活動円滑性」の3つの観点から建築基準法の要求性能を分析することで、三項道路指定された細街路で満足すべき防火性能の基準を明らかにする。

- ・ 模型燃焼実験による細街路火災の危険性の分析
- ・ 市街地火災延焼性状予測モデルの改良
- ・ 建築基準法の要求性能(延焼危険性、避難安全性、消火活動円滑性)の分析

まず、課題1では、1/10縮尺の細街路模型を用いた燃焼実験を行うことで、細街路内で発生した火災から、隣接する建物への伝熱性状を定量的に把握し、細街路火災の危険性を分析するための基礎データとする。

次に課題2では、これまでに開発を進めてきた延焼モデルを改良し、隣棟間延焼の予測精度を向上させる。なお、改良された延焼モデルの検証には、課題1で収集する実験データを利用する。

さらに、課題3では、課題2で改良された延焼モデルを利用した数値実験を行って、「延焼危険性」、「避難安全性」、「消火活動円滑性」の3つの観点から、建築基準法において要求される防火性能基準を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### (1) 細街路火災の危険性の分析

まず、1/5ならびに1/10縮尺の細街路模型を用いた燃焼実験を行うことで、細街路内の一面で火災が発生した場合の隣接家屋への延焼危険性を評価した(図1)。具体的には、火炎噴出形態、開口幅、前面道路幅、庇の有無、燃料種別を変数とする実験を実施した。このとき、対向する非火災建物の1階、2階および屋根面に入射する熱流束を測定することで、噴出火炎の基礎的な特性について分析を加えた。



図1 縮尺模型実験の様子

歴史的市街地では、通りに沿って建物の前面位置や軒の高さが調整される上、軒材料には木材が露出した状態で使用されることが少なくないため、一般の市街地と比べて、軒下火災によって隣棟延焼が発生する危険性が高い。そこで、模型実験を行って、軒下部に衝突する火炎の熱伝達特性について調べた。軒断面形状、バーナー形状・設置位置、火源規模といった条件を変えながら、軒下部および軒材料表面の温度分布や軒への入射熱流束、火炎長さなどを計測した。模型実験の結果、軒下の最大温度上昇 $\Delta T_{max}$ ならびに入射熱流束 $q''$ の減衰特性と、火源設置位置を始点とする無次元距離 $(x+H)/L$ との間に一定の関係が見られることを確認した。また、

$\Delta T_{max}$  は、連続火炎領域において一定値をとり、熱気流領域において  $(x+H)/L$  の-1 乗に比例して減衰することを解析的に示し、実験結果からもこの妥当性を確認した (図 2)。

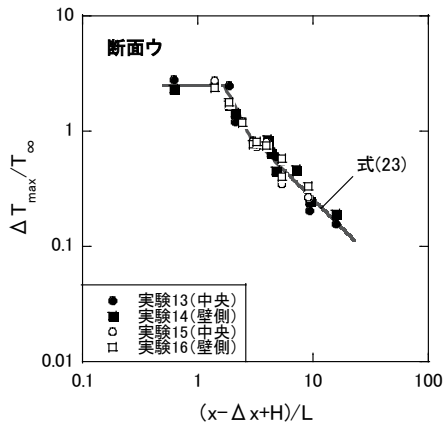


図 2 軒下の最高温度上昇 ( $z=50\text{mm}$ )

### (2) 市街地火災リスク評価手法の改良

開発中の市街地火災延焼性状予測モデルを改良するため、隣接する 2 区画からなる幅  $1800\text{mm} \times$  奥行き  $900\text{mm} \times$  高さ  $720\text{mm}$  の区画モデルを利用した燃焼実験を行い、片側の区画で発生した火災が隣接する区画に延焼する速さについて調べた。具体的には、燃料種別、開口形状、開口の有無を変数とする実験を実施した。この時、火災区画から火災区画への延焼時間に加え、区画内の温度分布、可燃物の重量減少、可燃物周辺への入射熱流束、区画間の差圧を測定することで、区画間火災拡大速度の支配的要因について考察を加えた。また、出火室の発熱速度をバーナーで調節し、非出火室側に木材クリブを設置した実験を行ったところ、非出火室の火災成長速度は、入射熱流束の二乗量累積値に比例する結果が得られた (図 3)。

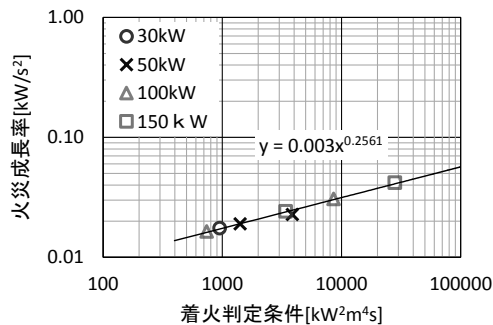


図 3 着火判定条件と火災成長率の関係

市街地火災は地震時に発生する可能性が高く、その際の出火確率がリスク評価の際には必要となる。そこで、東北地方太平洋沖地震の発生から 1 ヶ月間の、東日本 698 市区町村の出火データをアンケート調査により収集し (図 4)、同地震による津波浸水区域外で発生した火災 (地震関連火災) の出火傾向を

分析した。まず、河角式を用いた分析では、同地震と兵庫県南部地震における地震関連火災の出火確率の比較を行い、両者に顕著な違いが見られないことを確認した。次に、ポアソン分布を誤差構造とする一般化線形モデルを適用することで、市区町村ごとの出火件数を予測するモデルを構築した。この結果、「震度」、「加速度応答 (1.0s)」、「SI 値」を採用したモデルの AIC が最小となった。

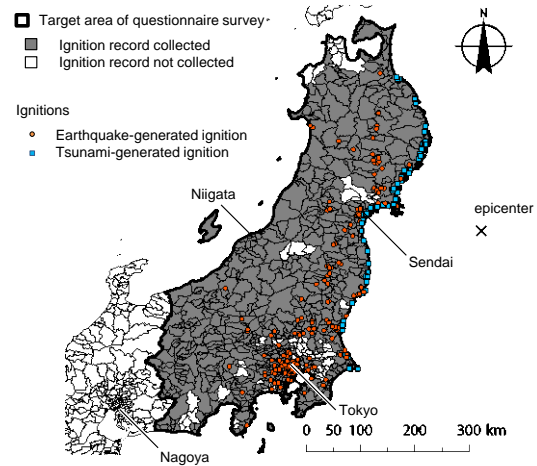


図 4 アンケート調査により明らかとなった東北地方太平洋沖地震時の出火点

### (3) 建築基準法の要求性能の分析

延焼危険性の評価にあたって、盛期火災状態にある建築物からの加熱を受けた場合の、基準的な着火時間  $t_{ig,cr}$  を設定し、防火規制後の外装材が着火するか開口部材が脱落するまでの時間  $t_{ig}$  がこれを上回った場合に、建築基準法で想定される以上の安全性が確保されているものと見なされる。通路幅と開口寸法に着目して部材着火時間に関する分析を行った結果、幅  $D$  の通路に面する建物の開口面積  $A$  は次式のような制限を掛けることで建築基準法が想定する安全性を担保できることを示した。

$$\frac{A}{A_{cr}} \leq \left(\frac{D}{4}\right)^2 \quad (1)$$

また、仮想的な細街路を対象とした延焼シミュレーションの結果をもとに、通路幅と開口部材が満足すべき性能の違いについて考察を加えた。

避難安全性については、人体がうける輻射受熱強度と暴露時間に対する限界値を定め、その限界値に達することなく避難できるよう、建築物側の防火上の条件を検討した。この結果、開口面積  $A$  に次式のような条件は制限を設けることで建築基準法が想定する安全性を担保できることを示した。

$$A < 5.25 \cdot \left(\frac{1}{\gamma}\right)^{4/5} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{8/5} \cdot v^{2/5} \quad (2)$$

ただし、 $\gamma$  は開口部材による放射低減係数、 $v$  は避難者の歩行速度である。

京都市内の4地区における建物外観調査を実施し、これに建物規模や階数などの情報や防火地域指定の変遷と重ね合わせることで、地区内における小地域単位の既存不適格率を推定した。また、この結果を住宅土地統計調査のいくつかの指標と比較、分析した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- 1) 樋本圭佑・出口嘉一 : 軒下部に衝突する火炎の熱伝達特性, 日本建築学会環境系論文集 (査読有), Vol.80, No.710, pp.305-313 (2015.4)
- 2) Himoto K, Nakamura T. An Analysis of the Post-earthquake Fire Safety of Historic Buildings in Kyoto Japan, Fire Technology (査読有), Vol.50, No.5, pp.1107-1125 (2014.9)  
DOI: 10.1007/s10694-013-0330-0
- 3) 樋本圭佑 : 建築防火研究における縮尺模型実験の活用, 日本燃焼学会誌 (査読無), Vol.56, No.177, pp.205-211 (2014.8)
- 4) 樋本圭佑・山田真澄・西野智研 : 2011年東北地方太平洋沖地震における津波浸水区域外の出火傾向の分析, 日本建築学会環境系論文集 (査読有), Vol.79, No.697, pp.219-226 (2014.3)
- 5) 樋本圭佑 : 文化財建造物とまちの火災安全 -清水寺とその周辺地域の連携-, 火災 (査読無), Vol.65, No.6, pp.30-35 (2013.12)
- 6) Himoto K, Mukaibo K, Akimoto Y, Kuroda R, Hokugo A, Tanaka T. A Physics-Based Model for Post-Earthquake Fire Spread considering Damage of Building Components caused by Seismic Motion and Heating of Fire, Earthquake Spectra (査読有), Vol.29, No.3, pp.793-819 (2013.8)  
DOI: 10.1193/1.4000154
- 7) Manzello SL, Yamada T, Jeffers A, Ohmiya Y, Himoto K, Fernandez-Pello C. Workshop for Fire Structure Interaction and Urban and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires – Operation Tomodachi – Fire Research, Fire Safety Journal (査読無), Vol.59, pp.122-131 (2013.7)  
DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.03.021
- 8) 樋本圭佑・山田真澄・西野智研 : 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の出火状況アンケート調査 (その5世帯あたり出火件数といくつかの地震動指標の関係), 火災 (査読無), Vol.63, No.2, pp.13-18 (2013.4)
- 9) Himoto K, Tanaka T. A Model for the Fire-fighting Activity of Local Residents in Urban Fires, Fire Safety Journal (査読有), Vol.54, pp.154-166 (2012.11)

DOI: 10.1016/j.firesaf.2012.04.006

[学会発表] (計 24 件)

- 1) Himoto K, Deguchi Y. Evaluation of Temperature-rise under an Eave due to Flame Impingement – Towards the Mitigation of Fire Spread Risk in Japanese Historic Urban Areas, 10th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology (査読有) (2015.10), エポカル (茨城県つくば市)
- 2) 鶴澤陵磨・田嶋一雅・大宮喜文・申易澈・樋本圭佑 : 複数区画の火災拡大性状に関する研究 その7-隣接室内の可燃物の発熱速度-, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集 (査読無) (2015.9), 東海大学 (神奈川県平塚市)
- 3) 佐藤拓・田嶋一雅・申易澈・大宮喜文・樋本圭佑 : 複数区画の火災拡大性状に関する研究 その8-模型実験-, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集 (査読無) (2015.9), 東海大学 (神奈川県平塚市)
- 4) 田嶋一雅・申易澈・大宮喜文・樋本圭佑 : 複数区画の火災拡大性状に関する研究 その9-2区画における簡易温度予測モデル-, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集 (査読無) (2015.9), 東海大学 (神奈川県平塚市)
- 5) 齋藤聖・田嶋一雅・大宮喜文・申易澈・樋本圭佑 : 複数区画の火災拡大性状に関する研究 その10-加圧防排煙設備における簡易温度予測モデル-, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集 (査読無) (2015.9), 東海大学 (神奈川県平塚市)
- 6) 樋本圭佑・鈴木圭一 : 中高層建築物の地震火災リスク評価手法の構築に向けた検討, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集 (査読無) (2015.9), 東海大学 (神奈川県平塚市)
- 7) 樋本圭佑・鈴木圭一 : 揺れによる消火・防火設備被害を考慮した中高層建築物の地震火災リスク評価, 日本火災学会研究発表会概要集 (査読無), pp.18-19 (2015.5), 山形大学 (山形県米沢市)
- 8) Himoto K. Estimation of Loss due to Anticipated Post-earthquake Fires in the Tokyo Metropolitan Area, US-Japan Workshop on Fire Research, NISTIR (査読無), No.1189, pp.96-99 (2015.3), Gaithersburg (USA)
- 9) Anderson D, Davidson R, Himoto K, Scawthorn C. New statistical approaches to modeling post-earthquake fire risk using data from the Tohoku, Japan earthquake and tsunami, Society for Risk Analysis Annual Meeting (査読無) (2014.12), Denver (USA)
- 10) 樋本圭佑 : 首都直下地震における中高層建築物火災の危険性, 第12回環境研究

- シンポジウム (査読無) (2014.11), 学術総合センター (東京都千代田区)
- 11) 秋元康男・樋本圭佑・田中哮義 : 建築基準法において集団既定 (防火) が目標とする性能の評価に向けた基礎的検討～統計指標を用いた建築物の防火上の既存不適格に関する推計の手法について～, 日本建築学会大会 (近畿) 学術講演梗概集 (査読無), pp.15-16 (2014.9), 神戸大学 (兵庫県神戸市)
  - 12) 樋本圭佑・出口嘉一 : 軒下部に衝突する火災による隣棟延焼に関する模型実験, 日本建築学会大会 (近畿) 学術講演梗概集 (査読無), pp.191-192 (2014.9), 神戸大学 (兵庫県神戸市)
  - 13) 種子田翔一・申易澈・野秋政希・田嶋一雅・樋本圭佑・出口嘉一・大宮喜文 : 複数区画の火災拡大性状に関する研究 その5 実大複数区画実験, 日本建築学会大会 (近畿) 学術講演梗概集 (査読無), pp.43-44 (2014.9), 神戸大学 (兵庫県神戸市)
  - 14) 田嶋一雅・申易澈・野秋政希・種子田翔一・樋本圭佑・出口嘉一・大宮喜文 : 複数区画の火災拡大性状に関する研究 その6 隣接室への放射熱計算モデル, 日本建築学会大会 (近畿) 学術講演梗概集 (査読無), pp.45-46 (2014.9), 神戸大学 (兵庫県神戸市)
  - 15) 樋本圭佑 : 想定南海トラフ地震時の出火に関する基礎的検討, 日本火災学会研究発表会概要集 (査読無), pp.282-289 (2014.5), 東京理科大学 (東京都新宿区)
  - 16) Himoto K., Yamada M, Nishino T. Analysis of Ignitions Following 2011 Tohoku Earthquake Using Kawasumi Model, Fire Safety Science, Proceedings of 11th International Symposium (査読有) (2014.2), Christchurch (New Zealand)
  - 17) 秋元康男・樋本圭佑・田中哮義 : 建築基準法において集団既定 (防火) が目標とする性能の評価に向けた基礎的検討-目標性能の把握に向けた実市街地における情報の整理手法について, 日本建築学会大会 (北海道) 学術講演梗概集 (査読無), A-2, pp.411-412 (2013.8), 北海道大学 (北海道札幌市)
  - 18) Himoto K. Post-earthquake Fire Safety of Historic Buildings in Densely-built Urban Area of Kyoto, Japan, Proceedings of Inferflam 2013 (査読無), pp.1395-1407 (2013.6), London (UK)
  - 19) 出口嘉一・樋本圭佑 : 歴史的細街路で発生する火災の延焼危険性に関する模型実験 その3 - 1/5 スケールの模型実験の結果と考察, 日本火災学会研究発表会 (査読無) (2013.6), 熊本大学 (熊本県熊本市)
  - 20) 申易澈・野秋政希・大宮喜文・樋本圭佑 : 複数区画の火災拡大性状に関する研究

その4, 日本火災学会研究発表会概要集 (査読無), pp.116-117 (2013.6), 熊本大学 (熊本県熊本市)

- 21) 樋本圭佑・山田真澄・西野智研 : 2011年東北地方太平洋沖地震後の出火傾向の分析, 日本火災学会研究発表会概要集 (査読無), pp.210-211 (2013.6), 熊本大学 (熊本県熊本市)
- 22) 申易澈・岸本元成・野秋政希・大宮喜文・樋本圭佑・田中哮義 : 複数区画の火災拡大性状に関する研究 その3, 日本火災学会研究発表会概要集 (査読無), pp.108-109 (2012.5), 宇都宮東武ホテルグランデ (栃木県宇都宮市)
- 23) 出口嘉一・樋本圭佑・土橋常登 : 伝統的街区で発生する火災の延焼危険性に関する模型実験 その2 実験の結果と考察, 日本火災学会研究発表会概要集 (査読無), pp.282-283 (2012.5), 宇都宮東武ホテルグランデ (栃木県宇都宮市)
- 24) 樋本圭佑・出口嘉一・土橋常登 : 伝統的街区で発生する火災の延焼危険性に関する模型実験 その1 研究の背景と実験の概要, 日本火災学会研究発表会概要集 (査読無), pp.280-281 (2012.5), 宇都宮東武ホテルグランデ (栃木県宇都宮市)

[その他]

ホームページ等

<http://www.kenken.go.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

樋本圭佑 (HIMOTO, Keisuke)

建築研究所・主任研究員

研究者番号 : 90436527

### (2) 研究分担者

田中哮義 (TANAKA, Takeyoshi)

京都大学・防災研究所・名誉教授

研究者番号 : 70293959

大宮喜文 (OHMIYA, Yoshifumi)

東京理科大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号 : 10287469

### (3) 連携研究者

出口嘉一 (DEGUCHI, Yoshikazu)

竹中工務店・技術研究所・研究員