

歴史的街区の伝統的な構成要素による延焼抑止効果に関する研究 ～高山市三町・下二之町大新町重伝建地区の土蔵群に着目して～

砂田陸*1 大窪健之*2 金度源*3

土蔵、重要伝統的建造物群保存地区、延焼抑止帯、高山、延焼モデル

1. はじめに

歴史的な町並みの多くは、木造建築物が密集し街路幅員も狭いために、火災に対する危険性を多く孕んでいる。このような背景から、歴史的な町並みには「減災の知恵¹⁾」と呼ばれる伝統的な防災資源が地区の歴史と共に継承されているケースも少なくない。高山市三町、下二之町大新町重伝建地区では、街区の背割りに沿って列状に存在する土蔵群が延焼の拡大を抑制する目的で伝統的に整備されてきた可能性が指摘されている²⁾。この土蔵群に関しては樋本ら³⁾による延焼シミュレーションによって、火災安全上の有効性が検証されているが、土蔵を完全な不燃物として捉え、防火性能評価を行っている。一方で、近年では土蔵を延焼経路とする延焼火災も報告されている⁴⁾ため改善の余地があると考えられる。また土蔵を集団として捉えた防火性能評価は、樋本らの研究以外には見られない。そこで本研究では、下二之町大新町重伝建地区の一部を含む三町重伝建地区周辺を対象として、樋本らが開発した物理的延焼性状予測モデル⁵⁾を用いて土蔵の延焼可能性も考慮した延焼予測を行い、土蔵群の防火性能を科学的に検証する。また土蔵群が延焼遮断帯として、より防火能力を発揮する条件を明らかにする事を目的とする。

2. 対象地区の概要

本研究では、幅員 12m 以上の道路や河川等を延焼の境界⁶⁾と考え、地区の切り取りを行った。

(1) 町並みの特徴

当該地区は短冊状の宅地割に加えて道路側から順に主屋・庭・土蔵といった建物配置が多く採用されている事で、南北方向に街区の背割りに沿った土蔵の連なりが形成され、東西方向に比較的幅員の大きい道路が整備されている。(図 1) これにより、プロ

ック状の街区が形成され、有事の際には延焼拡大の抑制効果が期待されている。²⁾

(2) 火災時の土蔵群

過去の火災では、周囲を囲むように存在していた土蔵群による延焼遮断帯としての効果が確認⁴⁾されている。一方、同火災時には土蔵開口部の開放状態や土蔵屋根の脆弱性が原因となり、図 2 に示すように土蔵自体が焼失した事例も確認されている。

3. 防火性能評価の方法

(1) 物理的延焼性状予測モデルの概要

対象地区における建物の延焼計算を行う際、樋本らによる物理的延焼性状予測モデル⁵⁾を使用した。物理的延焼性状予測モデルは、市街地における火災拡大を現象の物理的な知見に基づいて定式化したものである。ここでは、都市火災を多く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延焼性状を予測することで、市街地全体の延焼性状予測へとつなげている。

(2) 可燃物としての土蔵の熱物性値

本研究では土蔵にも延焼が及び、場合によっては燃え抜けが発生する可能性も考慮した上で、土蔵群

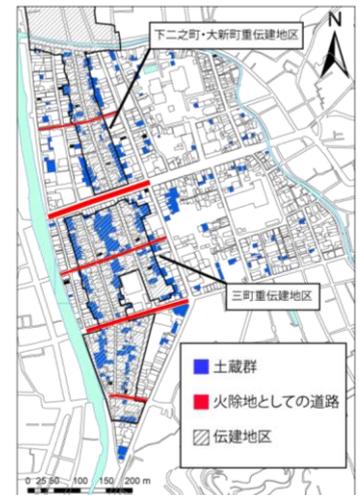


図 1 火除地と土蔵配置



図 2 平成 8 年火災時の土蔵被害

A Study on a fire spread prevention effect with traditional component in historic city block:
through an evaluation of a fire spread prevention effect of dozo(storehouse) in Takayama

SUNADA Riku, OKUBO Takeyuki and KIM Downon

の延焼抑止効果を評価する。既往研究⁷⁾より、伝統構法による木造土壁でも一般の準耐火構造（45分）以上の防火性能を達成できる事が明らかになっている。従って、土蔵でも同程度の防火性能は保有していると考えられるため、燃え抜け時間を45分と設定した。土蔵の開口部面積は戸締りがされている事を想定し、通常の状態では0として設定した。土蔵の場合、外壁は厚い土壁に覆われているため、外壁の燃焼は考慮せず、建物内部に存在する可燃物が燃える想定とした^{※1)}。その他の熱物性値に関しては、文献⁸⁾⁻¹⁰⁾を参考に設定を行った。建物種別毎の熱物性値を表1に示す。

表1 建物構造種別ごとの熱物性値

| 構造種別 | 種別 | 建物の熱物性値 (w.o.s.v) | | | | 建物構造データ (o.s.v) | | 開口 (d.o.s.v) | | |
|------|------|-------------------|--------------|-------------------------|--------------|-----------------|------------------------------|--------------|---------------------|---------|
| | | 厚み (m) | 熱伝導率 (W/m·K) | 比重 (kg/m ³) | 比熱 (kJ/kg·K) | 燃え抜け時間 (min) | 燃焼可能物密度 (kg/m ³) | 開口開放率 | 開口部面積 | |
| 普通建 | 木造 | 0.1 | 0.00015 | 500 | 1.8 | 10 | 30 | 100 | 0.01 ^{※1)} | 隣接周囲に依存 |
| | | 0.1 | 0.00015 | 500 | 1.8 | 10 | | | | |
| | | 0.1 | 0.00015 | 500 | 1.8 | 10 | | | | |
| | 防火木造 | 0.1 | 0.0013 | 2000 | 0.8 | 20 | 30 | 30 | 0.01 ^{※1)} | 隣接周囲に依存 |
| | | 0.1 | 0.0013 | 2000 | 0.8 | 20 | | | | |
| | | 0.1 | 0.0013 | 2000 | 0.8 | 20 | | | | |
| | 準耐火 | 0.1 | 0.00015 | 500 | 1.8 | 10 | 30 | 100 | 0.01 ^{※1)} | 隣接周囲に依存 |
| | | 0.1 | 0.00015 | 500 | 1.8 | 10 | | | | |
| | | 0.1 | 0.00015 | 500 | 1.8 | 10 | | | | |
| | 耐火 | 0.1 | 0.0013 | 2000 | 0.8 | 0 | 30 | 30 | 0.01 ^{※1)} | 隣接周囲に依存 |
| | | 0.1 | 0.0013 | 2000 | 0.8 | 0 | | | | |
| | | 0.1 | 0.0013 | 2000 | 0.8 | 0 | | | | |
| 土蔵造 | 0.3 | 0.00069 | 1280 | 0.86 | 45 | 30 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0.3 | 0.00069 | 1280 | 0.86 | 45 | | | | | |
| | 0.3 | 0.00069 | 1280 | 0.86 | 45 | | | | | |

(3) 検証街区の抽出

対象地区内における各建物の焼失リスク^{※2)}算出結果を図3に示す。重伝建地区に指定されている地区は、木造建物が多い事から、焼失リスクが高くなる結果となった。一方で三町地区では、下二之町・大新町地区に比べて焼失リスクが比較的低い値となった。三町地区は下二之町・大新町地区に比べ、土蔵群が列状に配置されている事から、連担する土蔵群による延焼抑止効果が働いたことが推測される。そこで、土蔵群が比較的列状に存在する三町地区の一部を検証街区として抽出し、土蔵群による延焼抑止効果を検証する。

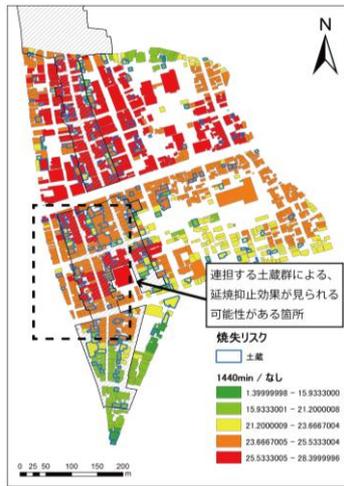


図3 建物焼失リスク

(4) 土蔵開口部の開放

過去の火災時に問題点となった、土蔵開口部を開放した場合に関して検証を行う。開口部面積は、一般的な両開きを想定し、1.8m×1.8mで設定を行い、開口部はガラス等で覆われていない事を想定し、開放率^{※3)}は1と設定した。また、開口部の設定壁面に関しては、調査による把握が困難であったため、今回は土蔵1階外壁のうち、ランダムに1壁面を選択し、設定を行った。土蔵開口部を開放した場合における熱物性値の設定値を表2に示す。

表2 土蔵開口部の開放状態における物性値

| 開口部の開放状態 | 建物の熱物性値 (w.o.s.v) | | | | 建物構造データ (o.s.v) | | 開口 (d.o.s.v) | | |
|----------|-------------------|--------------|-------------------------|--------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|-------------|
| | 厚み (m) | 熱伝導率 (W/m·K) | 比重 (kg/m ³) | 比熱 (kJ/kg·K) | 燃え抜け時間 (min) | 燃焼可能物密度 (kg/m ³) | 開口開放率 | 開口部面積 | |
| 開放 | 0.3 | 0.00069 | 1280 | 0.86 | 45 | 30 | 0 | 1 | 1.8m × 1.8m |
| | 0.3 | 0.00069 | 1280 | 0.86 | 45 | | | | |
| | 0.3 | 0.00069 | 1280 | 0.86 | 45 | | | | |

(5) 土蔵群の連続性

土蔵群が比較的列状に配置している三町地区における焼失リスクが低くなっていたことから、土蔵群の連続性にも着目して、延焼予測を行う。図4に示す、土蔵群の連続性が途切れている箇所における木造建物の熱物性値を土蔵の熱物性値で設定し、木造建物を土蔵に改修した場合を表現する。

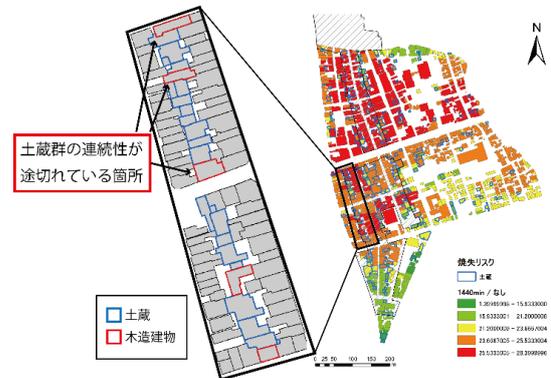


図4 検証街区内の土蔵配置

(6) その他の設定条件

土蔵群による延焼抑止効果を検証しやすくするため、列状の土蔵群に対して延焼が直交方向に進行してくるよう、図5の通り出火街区を定めた。その上で、気象条件や具体的な出火建物などの不確実要因を考慮した



図5 出火街区

モンテカルロシミュレーションを行う事によって焼失リスクを算出した。計算回数は出火街区内の建物総数より多い300回とし、計算時間は複数ケース行った中から、検証街区内の焼失リスクに特に差が見られた140分に関して記述する。

また、時間経過に沿った延焼動態を観察する目的で、特定の出火点における延焼予測も実施した。風速は9.5m/sで設定し、着目する土蔵群方向の風向きとした*4)。出火建物は、図3より焼失リスクが比較的高い建物に関して、複数の検証を行ったが、土蔵群配置や開口部の状況による延焼動態に特に違いが見られた結果を抜粋し以下に記述する。

4. 防火性能評価の結果と考察

(1) 検証街区における建物焼失リスク

検証街区における建物焼失リスクの算出結果を図6に示す。②では全体的な焼失リスクに大きな差は見られなかったものの、土蔵そのものの焼失リスクに違いが見られた。開口部を開放している場合には開口部を延焼経路として土蔵に延焼が及ぶ可能性が比較的高くなる事が推測される。③では①と比べて焼失リスクに大きな違いが見られ、出火街区側から見て土蔵群の裏側の建物における焼失リスクが低くなる結果となった。①では、土蔵群の連続性が途切れている箇所(点線内)近傍において特に焼失リスクが高くなっている。この事から、土蔵群の連続性

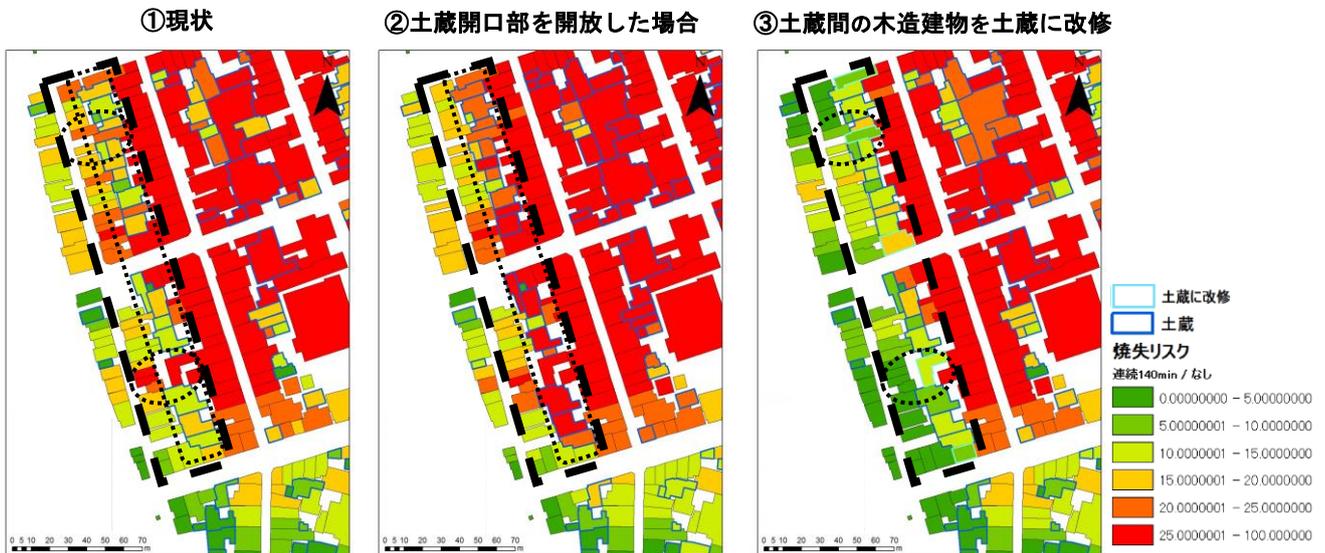


図6 検証街区における建物焼失リスク

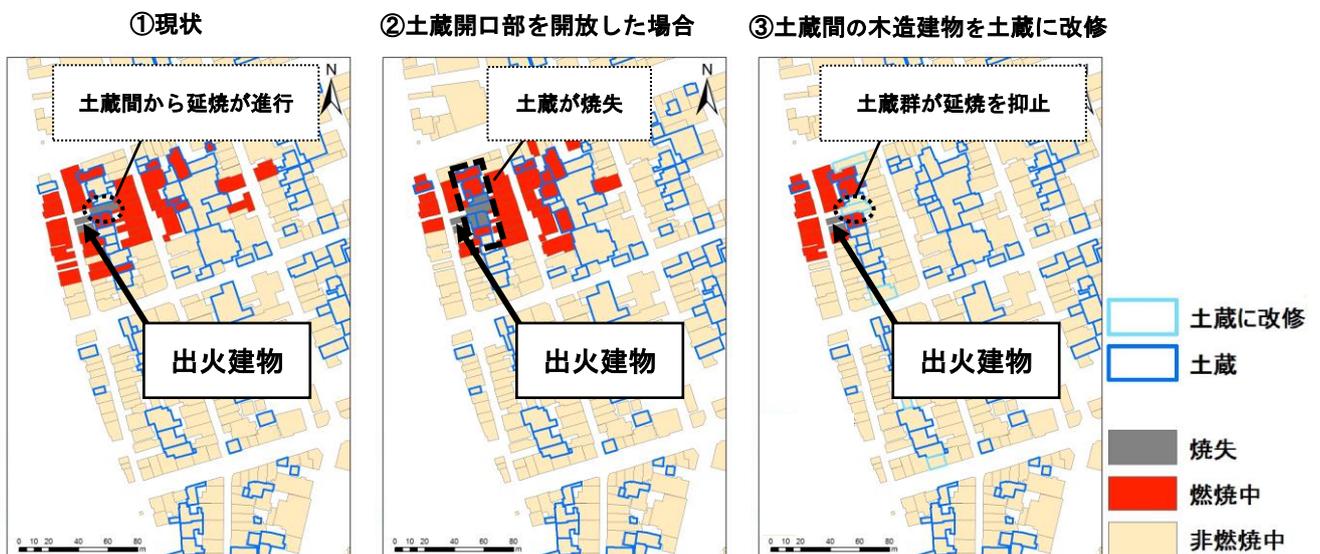


図7 時間経過による延焼動態 (出火から120分時点)

が途切れている箇所から延焼が進行したものと考えられる。一方③では土蔵群が連担している事で、延焼経路になる可能性がなくなり、焼失リスクが低減したと推測される。

(2) 時間経過による延焼動態

延焼予測によって計算された、出火から120分^{※5)}時点での延焼範囲を図7に示す。出火点は、土蔵群の連続性が途切れている箇所の近傍に設定した。また、風向きは西南西とした^{※4)}。①では、土蔵群の連続性が途切れている箇所（点線）からの延焼の進行が確認された。一方で、土蔵群が連担している部分からの延焼は、比較的少ないことが明らかとなった。②では①同様に土蔵間から延焼が進行していることに加えて、土蔵そのものが比較的多く焼失する結果となった。③では延焼範囲が比較的小さくなる結果となったが、これは①に比べて土蔵群が連担していることが理由だと考えられる。

5. 結論

本研究では、当該地区の伝統的な防災資源の一つと言える、土蔵群による延焼抑止効果を科学的に実証する目的で、物理的延焼性状予測モデルを用いた対象地区の防火性能評価を行った。土蔵への延焼可能性も考慮し防火性能評価を行った結果、土蔵群は延焼を完全に抑止するものではなかったが、一定の延焼抑止効果を有している事が実証された。土蔵群の連続性が途切れている箇所の建物を土蔵に改修した場合には、延焼抑止効果が向上することも明らかとなった。一方で、土蔵群による延焼抑止効果には、時間的な限界があり、完全に延焼を抑止できない場合もある事が複数のシミュレーション結果より明らかとなった。本対象地区には、土蔵群以外にも伝統的な地域コミュニティである屋台組の防災活用事例や土蔵間の通路を利用した二方向避難等の伝統的な防災資源が複数存在する。今後、これらと併せて防火性能評価を行う事で、地区内のハード・ソフト両側面の防災資源に対する防火性能評価が可能となる事が考えられる。

■謝辞

高山市史編纂専門員 田中彰様にはヒアリング調査のご協力を賜りました。また、本研究は、JSPS 科研費 JP17H03368（基盤研究(B)「歴史地区を対象とした伝統的減災手法の抽出と科学的検証」）の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

■注釈

- ※1) 固定可燃物密度を0と設定し、積載可燃物密度を他の建物と同様に30と設定する事で表現した。
- ※2) 着火回数を出火回数で除すことで求まる焼失確率を指す。消火活動による延焼抑制を無視し、出火条件や気象条件などの不確実要因を考慮したモンテカルロシミュレーションによって算出した。
- ※3) 開口部面積の内、ガラス等で覆われていない部分の面積比率を指す。
- ※4) 土蔵を延焼の抑止帯と捉え、土蔵の延焼抑止効果を過剰に評価しないために、より不利な状況となる設定を行った。風速は、用いたデータの中で時間平均風速が最大のものを選択した。また、気象データに関しては、2007年から2016年にかけての10年間の高山観測所 AMeDAS で観測されたデータを用いて設定した。
- ※5) 土蔵開口部の状況や土蔵群配置の違いにより、延焼動態に差が生じたと考えられる経過時間に関して特に記述した。

■参考文献

- 1) 大窪健之：「歴史に学ぶ減災の知恵」、2012.6
- 2) 高山市三町防災計画策定委員会「高山市三町防災計画策定書」1993.3
- 3) 樋本圭佑、田中哮義：延焼シミュレーションに基づく高山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年8月、pp337-338.
- 4) 高山市教育委員会文化財課「高山市三町伝建地区火災状況報告」1996.4
- 5) 樋本圭佑、田中哮義：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第607号、pp15-22、2006.9
- 6) 高井広行、矢野公一、松井武史、坊池道昭、上村雄二：神戸市における地震火災の発生と延焼動態に関する研究、日本建築学会計画系論文集第508号、pp137-144、1998.6
- 7) 安井昇、長谷見雄二、木下孝一、秋月通孝、吉田正友、山本幸一、田村佳英：伝統軸組構法による木造土壁の火災安全性実験、日本建築学会技術報告集、第16号、pp141-144、2002.12
- 8) 樋本圭佑、向坊恭介、秋元康男、黒田良、北後明彦、田中哮義：地震動による建物構造被害と火災加熱による損傷の進行を考慮した地震火災延焼性状予測モデル、日本建築学会環境系論文集第653号、pp543-552、2010.7
- 9) 国立研究開発法人建築研究所：建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報
- 10) 学芸出版社：「建築の結露」