

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

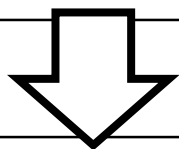
～高山市三町・下二之町大新町重伝建地区の土蔵群に着目して～



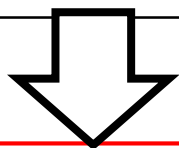
立命館大学 理工学研究科 環境都市専攻 歴史都市防災コース
防災まちづくり研究室 M1 砂田陸

研究の背景と目的

歴史的な町並みの多くは木造密集市街地
→ 火災に対する危険性が高い



「減災の知恵※1）」と呼ばれる防災資源
→ 歴史的な町並みと共に継承されてきた



「高山市の土蔵群」

街区の背割りに沿って列状に存在し、延焼遮断帯として伝統的に整備されてきた可能性が指摘されている。



写真1 焼け残った土蔵群※2)

※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

研究の背景と目的

既往研究※1)における検証方法

- 土蔵群を不燃物として設定
- 限定された出火条件



土蔵でも**類焼**や**燃えぬけ**が生じる

本研究における検証方法

- 土蔵を可燃物として設定
- 様々な条件下での、延焼抑止効果を検証

目的

樋本らが開発した物理的延焼性状予測モデル※3)を用いて延焼予測を行い、土蔵群の防火性能を科学的に検証する。

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。



写真2 平成8年火災時の土蔵被害※2)

対象地区の概要

本研究の対象地区

下二之町大新町重伝建地区の一部を含む
三町重伝建地区の周辺※1)

町並みの特徴

宅地割

短冊状



建物配置

道路側から順に
主屋・庭・土蔵



南北方向：土蔵群が列状に配置

東西方向：火除地としての道路※2)



延焼拡大の抑制効果が期待できる

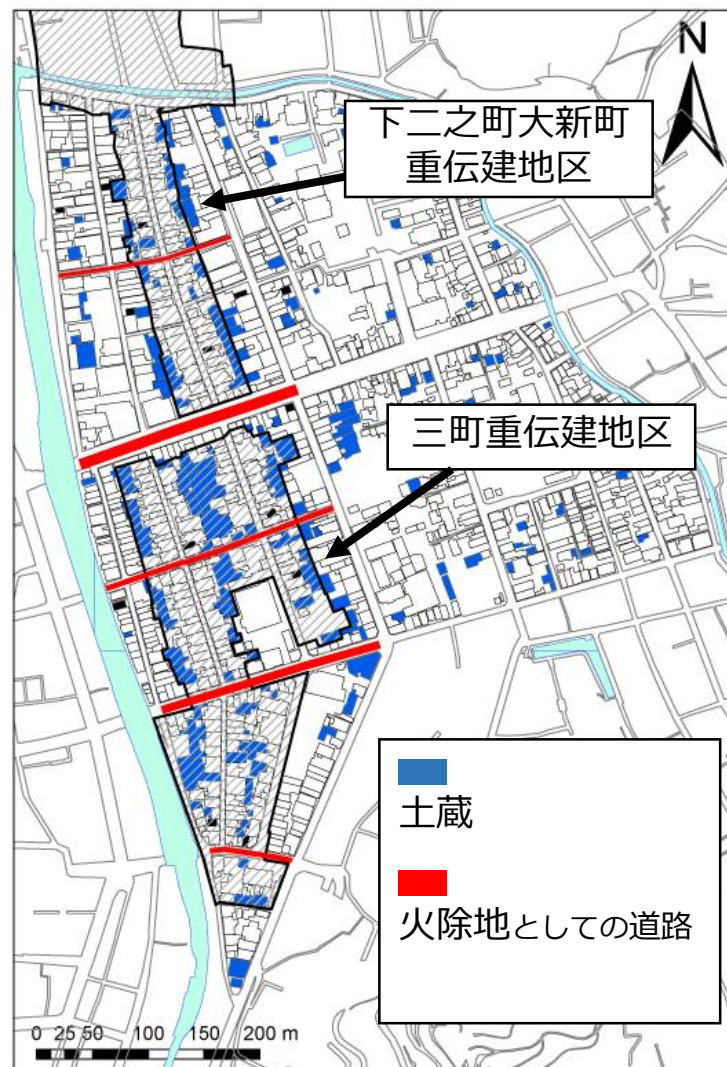


図1 火除地としての道路と土蔵配置

※1)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

※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

過去の火災時における土蔵群

ヒアリング調査概要

調査日時：2017年8月29日

調査協力：高山市史編纂専門員

田中彰様

調査結果：

- 平成8年、上三之町を火元として発生した火災において、**土蔵群による延焼抑止効果が確認された。** (図2)
- 土蔵であっても類焼し焼失したものもあった。** (図3)
- 土蔵類焼の原因は、**土蔵開口部の常時開放**と**土蔵屋根の脆弱性**であった。
- 対策として、**土蔵屋根と腰板に耐火ボードの施工**が決定された。

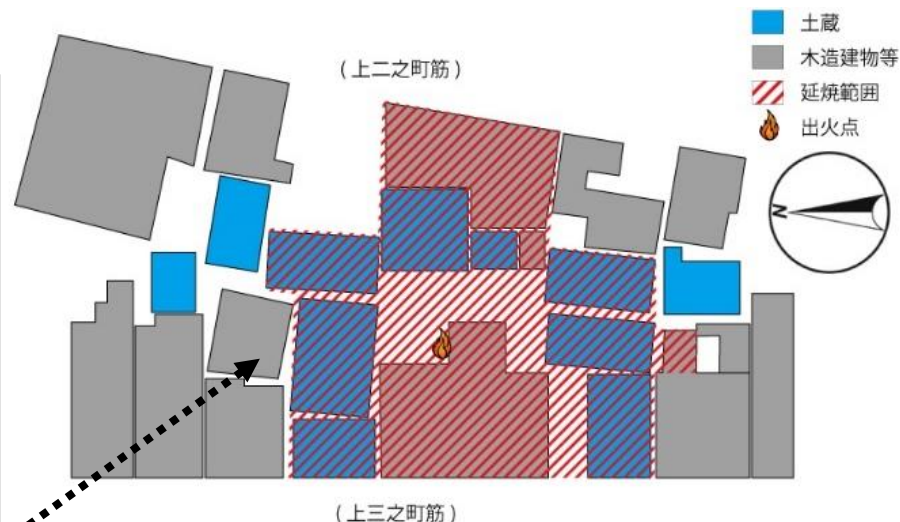


図2 平成8年火災時の延焼範囲

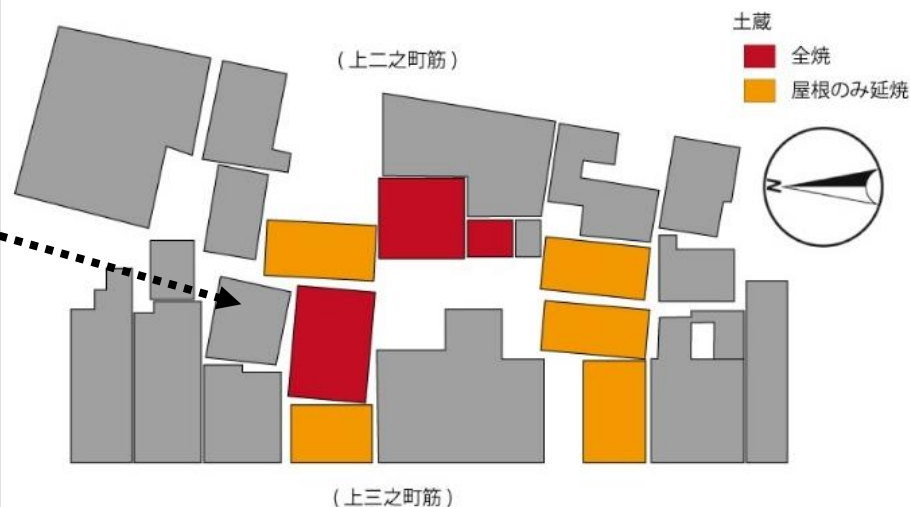


図3 平成8年火災時の土蔵被害状況

利用した物理的延焼性状予測モデル※1)の概要

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延焼モデル

2つのモデルを統合 $\left\{ \begin{array}{l} \text{建物内部の火災性状予測} \\ \text{建物間の火災拡大性状予測} \end{array} \right.$

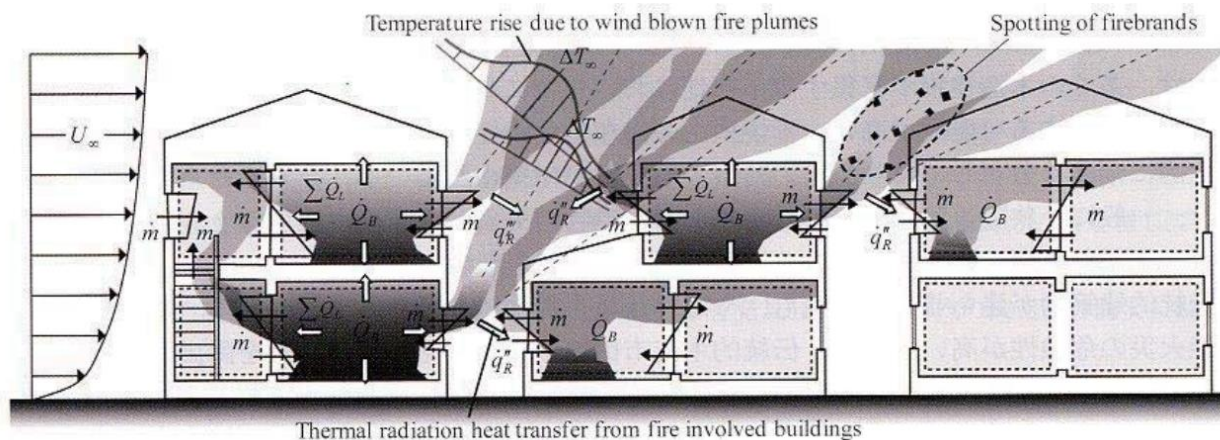


図3 物理的延焼性状予測モデル※1)

選定理由

- 市街地レベルでの延焼性状予測が可能
- 構造種別ごとの熱物性値の設定が可能

可燃物としての土蔵の熱物性値

厚み・熱伝導率・比重・比熱

文献※1,2)を参考に設定を行った。

開口部面積：0

基本的に、土蔵開口部は閉められている場合を想定しているため0とした。

固定可燃物密度：0

土蔵の外壁は厚い土壁で覆われているため0とした。

燃え抜け時間：45分

土蔵を準耐火構造(45分)相当と考え設定した。 ※3)

表1 建物構造種別ごとの熱物性値

構造種別		壁の熱物性値 (m w.csv)				建物概要データ (o.csv)		開口 (d.csv)		
		厚み (m)	熱伝導率 (kW / (m · K))	比重 (kg/m ³)	比熱 (kJ / (kg · K))	燃え抜け時間 (m in)	積載可燃物密度 (kg/m ³)	固定可燃物密度 (kg/m ³)	開口 (開放)率	開口部面積
構造種別	木造	0.09	0.00015	500	1.8	10	30	100	0.01~1	隣棟間隔に依存
		0.09	0.00015	500	1.8	10				
		0.09	0.00015	500	1.8	10				
	防火木造	0.09	0.0013	2000	0.8	20	30	30	0.01~1	隣棟間隔に依存
		0.09	0.0013	2000	0.8	20				
		0.09	0.0013	2000	0.8	20				
	準耐火造	0.09	0.00015	500	1.8	10	30	100	0.01~1	隣棟間隔に依存
		0.09	0.00015	500	1.8	10				
		0.09	0.00015	500	1.8	10				
	耐火造	0.09	0.0013	2000	0.8	0	30	30	0.01~1	隣棟間隔に依存
		0.09	0.0013	2000	0.8	0				
		0.09	0.0013	2000	0.8	0				
土蔵造	0.3	0.00069	1280	0.86	45	30	0	/	0	
	0.3	0.00069	1280	0.86	45					
	0.3	0.00069	1280	0.86	45					

※土蔵以外の構造種別における熱物性値は、既往文献※4)を参考に設定を行っている。

※積載可燃物密度は、建物内部に積載されている可燃物のことであり、土蔵においても他の構造種別と違いないと考えられるため、同様の値(30)としている。

対象地区全体の建物焼失リスク

計算条件

計算時間：24時間
計算回数：1500回
気象条件：ランダムに設定
出火建物：ランダムに設定

焼失リスク：
地区内で出火
が生じた際に、
各建物が火を
もらう確率

計算結果と考察

北側(下二之町大新町地区)が相対的に焼失リスクが高くなる結果となった。土蔵群が比較的連続している南側(三町地区)では、土蔵群による延焼抑止効果が働いたと推測される。

連担する土蔵群による延焼抑止効果が見られる可能性があるエリア



検証街区として、詳細な延焼予測を行う

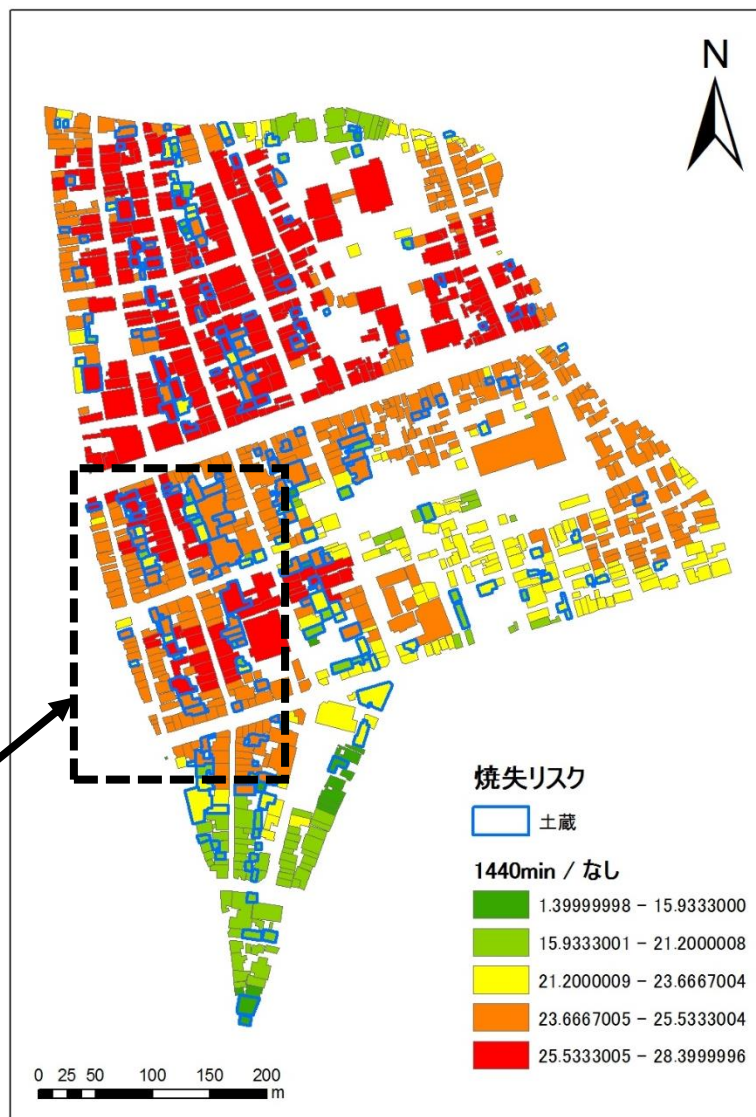


図4 建物焼失リスク

設定条件

モンテカルロシミュレーション

- 計算時間：
140min
- 計算回数：
300回
- 気象条件：
ランダムに設定
- 出火建物：
土蔵群に垂直方向に延焼が進行するように設定

特定の出火点における延焼予測

- 出火建物：
焼失リスクが比較的高く、土蔵群配置の違いによる延焼動態の違いが見られそうな建物を3箇所選択
- 風速風向：
9.5m/s 土蔵群方向の風向き
- 気温：
平均気温

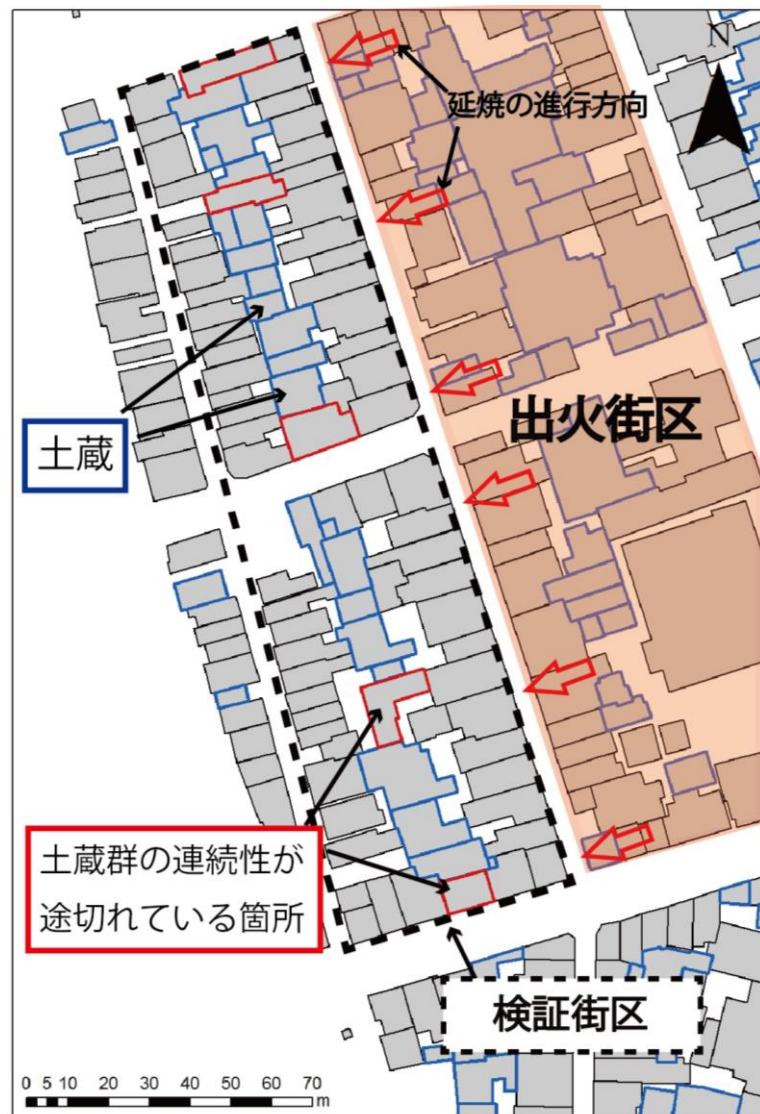


図5 出火街区と検証街区

土蔵の燃焼性状に関する設定条件

検証項目

A) 現状の土蔵群配置における延焼抑止効果

⇒ 土蔵の熱物性値を木造建物の値とした場合と比較

B) 土蔵開口部の開放状態が防火性能に与える影響

⇒ 土蔵に開口部を設定した場合と比較

C) 土蔵群の連続性が土蔵の防火性能に与える影響

⇒ 土蔵群の連続性が途切れている建物を土蔵に改修した場合と比較

D) 土蔵に施された防火対策の有効性

⇒ 土蔵群に防火対策を施した場合

土蔵の燃焼性状に関する設定条件

土蔵に施された防火対策

- 腰板・野地板に準不燃材料相当の耐火ボードを施工※1)



外壁と屋根の燃え抜け時間+10分

土蔵開口部の設定

- 開口部面積：両開きを想定
⇒ 1.8m×1.8m
- 開口部位置：調査による把握が困難
⇒ 1階外壁のうちランダムに1壁面を選択し、設定

表2 土蔵の熱物性値（土蔵の燃焼性状別）

		壁の熱物性値 (m w.csv)					建物概要データ (o.csv)		開口 (d.csv)	
		厚み (m)	熱伝導率 (kW / (m · K))	比重 (kg/m ³)	比熱 (kJ / (kg · K))	燃え抜け時間 (m in)	積載可燃物密度 (kg/m ³)	固定可燃物密度 (kg/m ³)	開口 (開放)率	開口部面積
土蔵の燃焼性状	現状の土蔵群	0.3	0.00069	1280	0.86	45	30	0		0
		0.3	0.00069	1280	0.86	45				
		0.3	0.00069	1280	0.86	45				
	木造建物相当	0.09	0.00015	500	1.8	10	30	100	0.01~1	隣棟間隔に依存
		0.09	0.00015	500	1.8	10				
		0.09	0.00015	500	1.8	10				
	開口部の常時開放状態	0.3	0.00069	1280	0.86	45	30	0	1	1.8m × 1.8m ランダムに選んだ壁に一つだけ設定
		0.3	0.00069	1280	0.86	45				
		0.3	0.00069	1280	0.86	45				
	防火対策を施工	0.3	0.00069	1280	0.86	55	30	0		0
		0.3	0.00069	1280	0.86	55				
		0.3	0.00069	1280	0.86	45				

※1)高山市伝建地区保存修理事業特記仕様書、2005

A) 現状の土蔵群配置における延焼抑止効果

モンテカルロシミュレーション

- 土蔵群からみて西側の街区の焼失リスクに違いが見られる。
- ②では、土蔵による延焼抑止効果がなくなった事に加え、木造建物を延焼経路とした延焼の進行があったと考えられる。

①現状



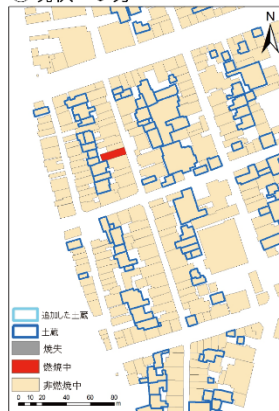
②木造相当



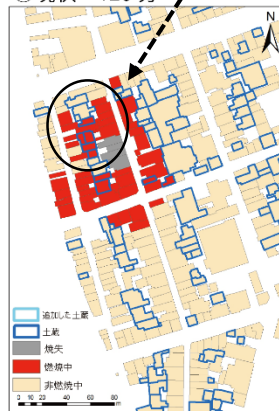
特定の出火点における延焼予測

- ⑤⑥では②③に比べて、延焼範囲が大きくなっていることが分かる。
- ②より、土蔵群の連続性が途切れている箇所から延焼が進行している。

①現状：0分



②現状：120分



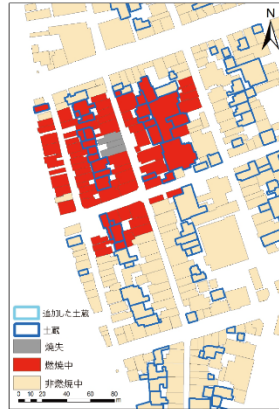
③現状：240分



④木造相当：0分



⑤木造相当：120分



⑥木造相当：240分



B) 土蔵開口部の開放状態が防火性能に与える影響

モンテカルロシミュレーション

- ①に比べて②では、**土蔵自体の焼失リスクが高くなっている**。
- 土蔵から見て西側の街区の焼失リスクに大きな違いが見られないことから、類焼した土蔵であっても延焼抑止効果は少なからず有しているものと考えられる。

①現状



②開口部開放



特定の出火点における延焼予測

- ②と比べて、⑤では土蔵自体の焼失が見られる。
- ⑥より240分経過後は、焼失した土蔵も多くなり、延焼範囲が拡大している。

①現状：0分



②現状：120分



③現状：240分



④開口部開放：0分



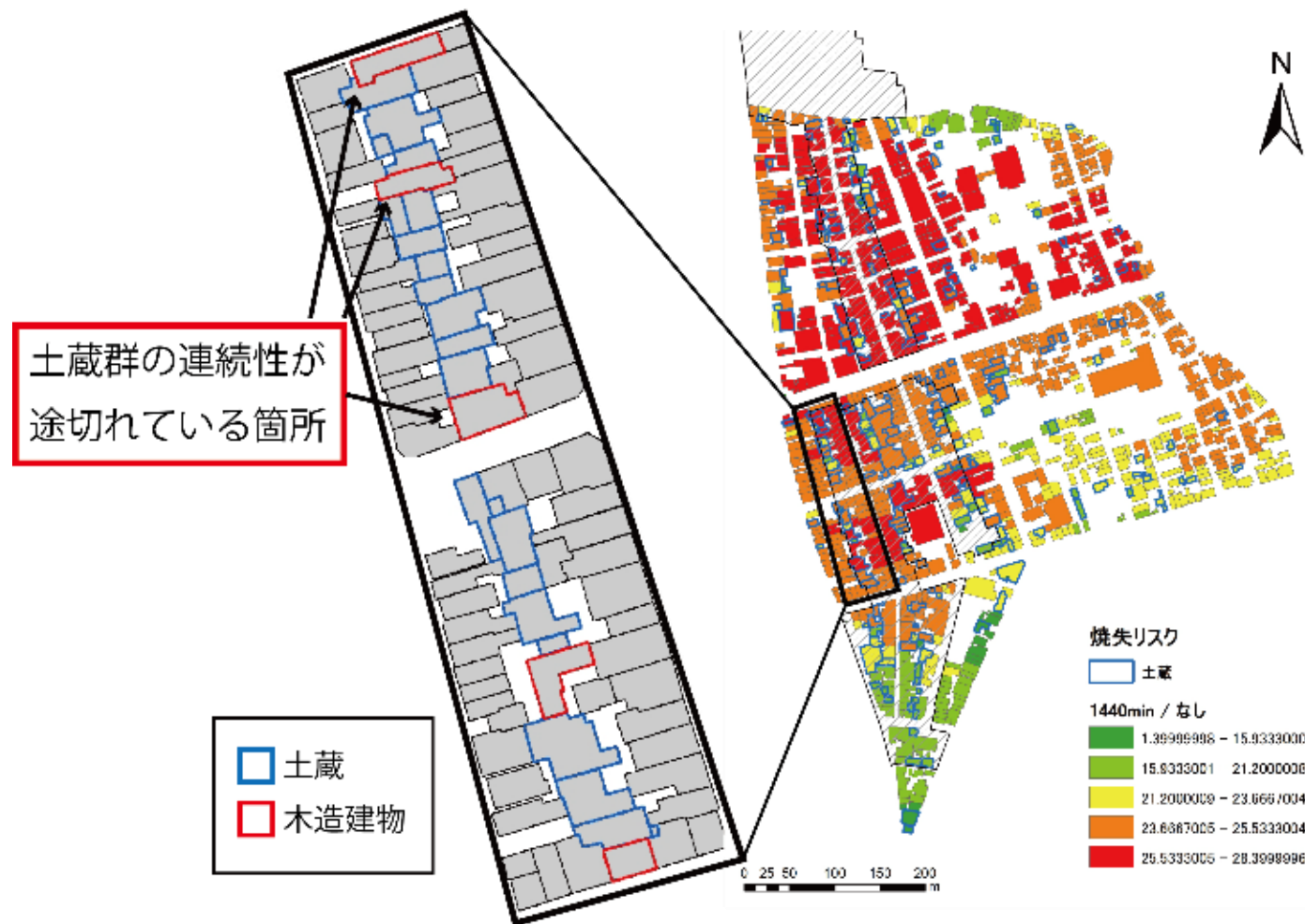
⑤開口部開放：120分



⑥開口部開放：240分



C) 土蔵群の連続性が土蔵の防火性能に与える影響



C) 土蔵群の連続性が土蔵の防火性能に与える影響

モンテカルロシミュレーション

- ②では①に比べ、土蔵群から見て西側の建物の**焼失リスクが低**くなっている。
- 土蔵群の連続性が途切れている箇所からの延焼の進行がなくなった事が理由だと考えられる。

①現状



②連続性を確保



土蔵群の連続性が途切れている箇所

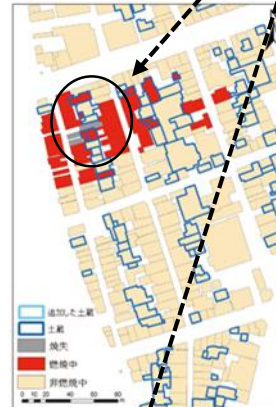
特定の出火点における延焼予測

- ②に比べ、⑤では土蔵群が連続して配置されているため、**延焼の進行が止まっている**ことが分かる。

①現状：0分



②現状：120分



③現状：240分



④連続性を確保：0分



⑤連続性を確保：120分



⑥連続性を確保：240分



D) 土蔵に施された防火対策の有効性

モンテカルロシミュレーション

- 建物焼失リスクに大きな違いは見られなかった。
- 土蔵の燃え抜け時間を増加させると、着火から建物が完全に焼け落ちるまでの時間に影響が及ぶが、火のもらいややすさには変化がないものと考えられる。

①現状



②土蔵の防火対策



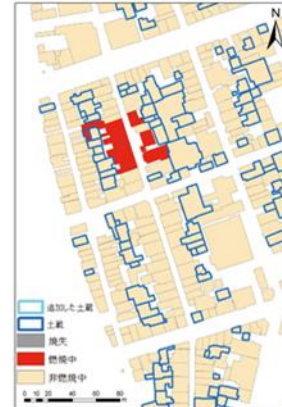
特定の出火点における延焼予測

- ⑥より、延焼範囲が③に比べて小さくなっている事が分かる。
- 依然として連続性の途切れている箇所からの延焼の進行が見られる。

①現状：0分



②現状：60分



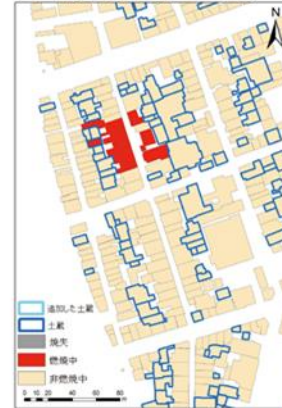
③現状：120分



④土蔵の防火対策：0分



⑤土蔵の防火対策：60分



⑥土蔵の防火対策：120分



結果のまとめと考察

A) 現状の土蔵群配置

- 延焼遮断帯として機能
- 連続性の途切れている箇所から延焼が拡大

B) 土蔵開口部

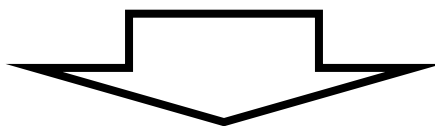
- 土蔵自体の焼失リスクが増加
- ある程度の延焼抑止効果は確認

C) 土蔵群の連続性

- 焼失棟数減少、延焼範囲縮小
- 焼失リスクも減少

D) 土蔵の防火対策

- 焼失リスクに大きな差はなし
- 出火からの時間が大きくなると延焼遅延効果が見られる

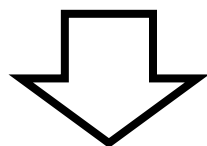


土蔵群による延焼抑止効果を最も発揮する条件

⇒ **土蔵群の連続性が途切れている建物を土蔵に改修した場合**

結果のまとめと考察

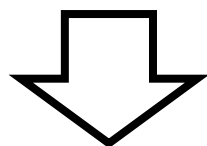
焼失リスク算出過程のモンテカルロシミュレーションにおいて、
計算時間（出火からの時間）を増加させると
土蔵群による延焼抑止効果は確認されづらくなった



土蔵群による延焼抑止効果にも限界がある

現状、土蔵群が存在している箇所を空地として設定

➡ 土蔵を延焼経路とする延焼の拡大はなくなったが、
飛び火による延焼がそれ以上に増加



現状の土蔵を取り壊した際にも危険性は高まる

今後の課題

開口部の設定壁面

土蔵1階の外壁から、ランダムに設定

⇒ 追加調査によって、より高精度な延焼予測が実施可能

地震の際の土蔵群

土蔵：外壁剥落の観点から地震に対して脆弱

⇒ 外壁剥落による土蔵の防火性能低下も考慮した延焼予測の必要性

土蔵群以外の防災資源

本研究は、主に「列状に連担する土蔵群」のみに着目

本対象地区における土蔵群以外の防災資源

- 伝統的な地域コミュニティ「屋台組」の防災活用事例
- 土蔵間の通路を活用した二方向避難
- 道路両側に流れる用水路の防災水利としての利用

土蔵群の防火性能評価と合わせて検証

地域内のハードウェアとソフトウェア両側面の防災資源に対する防火性能評価が可能

ご清聴、ありがとうございました。