



「本能寺の変」における 建造物火災再現シミュレーション

研究・開発機関 : 東京理科大学、株式会社CAEソリューションズ
 利用施設 : FOCUSスパコンFシステム
 計算規模 : 約1000万セル、144並列
 利用ソフトウェア : SOLIDWORKS、PyroSim、FDS6.7.0

Before

- 火災シミュレーションにおける燃え広がりの解析精度はメッシュ解像度に強く依存し、そのため、大規模モデルにおいては計算時間の観点から詳細検討の実施が困難でした。
- そこで大規模モデルについては燃え広がりのシナリオ(延焼経路と発熱速度)を仮定し計算を実施していましたが、その仮定の適切さに課題が残っていました。

After

- FOCUSスパコンFシステムで144コアの並列計算を行うことにより、建物全体を10cmメッシュの解像度で着火後約10分間のシミュレーションを実施することが可能になりました。
- 着火後の燃焼経路を仮定することなく、既知の木材の材質と着火条件の設定のみで建物全体の自然な燃え広がり状況を定性的に予測することが可能になりました。

背景と目的

「本能寺の変」においては、織田信長は居室に火を放ち自刃したといわれていますが、明智光秀が信長の遺体を手でできなかったことは歴史上のミステリーとされています。本シミュレーションでは、歴史家が想定した着火のシナリオをもとに、本能寺客殿の火災をFDS(Fire Dynamics Simulator)⁽¹⁾によるシミュレーションで再現し、火災時の温熱環境を推定することによって、上述の謎を解く手がかりを提供することを目的としました。

利用成果

FDSシミュレーションモデルの構築

本能寺は現存しないため、同時代に建造された同等の建造物を参考に本能寺客殿の構造を三次元CADソフトウェアSOLIDWORKSで復元しました(図1)。このCADファイルをFDS専用のプリプロセッサPyroSim⁽²⁾にインポートし火災シミュレーションの形状モデルを作成しました。木材の着火温度を代表的な260°Cに、着火後の燃え広がりには床、畳、柱、屋根などの部材毎にパラメータを推定⁽³⁾して設定しました。図2の赤色の点5か所を着火点と設定し、作成したシミュレーションモデルをワークステーションで実行すると数週間を要するため、計算領域を144の部分領域に分割し、FOCUSスパコンを用いて並列計算を行いました。

シミュレーション結果

着火後8分までの計算には、FOCUSスパコンFシステム4ノードを用いて約17時間かかりました。2分毎の火災状況を図3から図5に示します。図6に信長の居室床面付近の温度変化を示します。本シミュレーションにより、着火3分後には信長の居室の気流温度は1000°C以上に上昇し、追手が接近できる状況にはなかったことが示されました。

今回のシミュレーションではFOCUSスパコンを使用することで、メッシュ解像度の高い大規模計算が可能となったため、燃え広がりの経路や発熱速度の時間変化を仮定することなく、部材毎の単純な火災進展モデルをあてはめることで建物全体の火災の再現が可能であることを示すことができました。

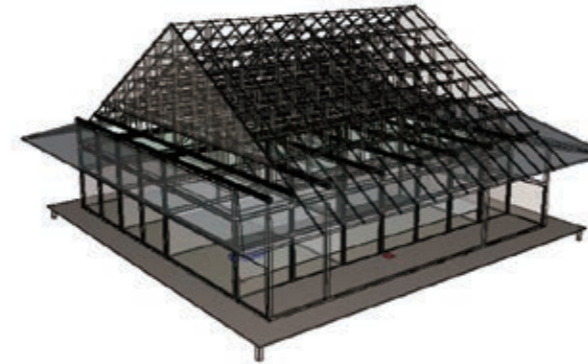


図1 SOLIDWORKSで再現した本能寺形状モデル

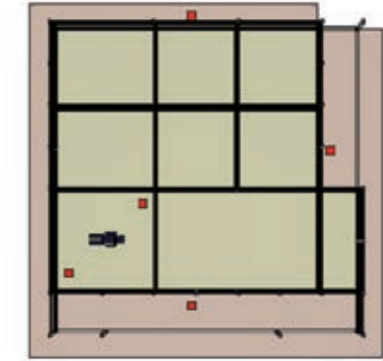


図2 本能寺客殿の見取り図と着火場所(赤い四角)

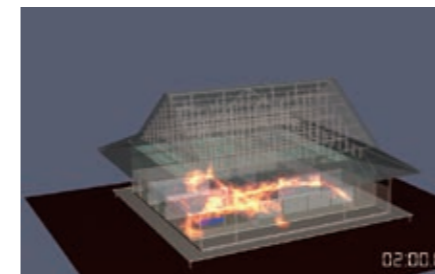


図3 着火2分後の火災

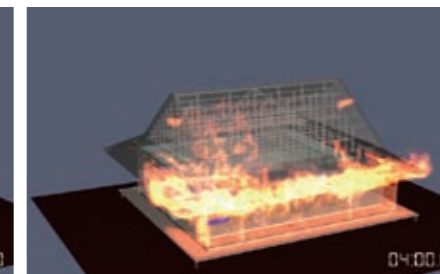


図4 着火4分後の火災

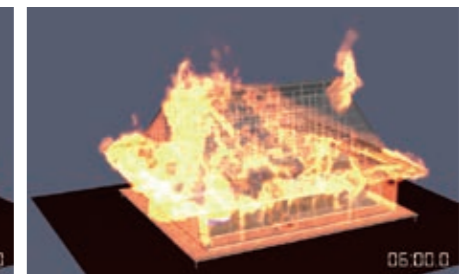


図5 着火6分後の火災

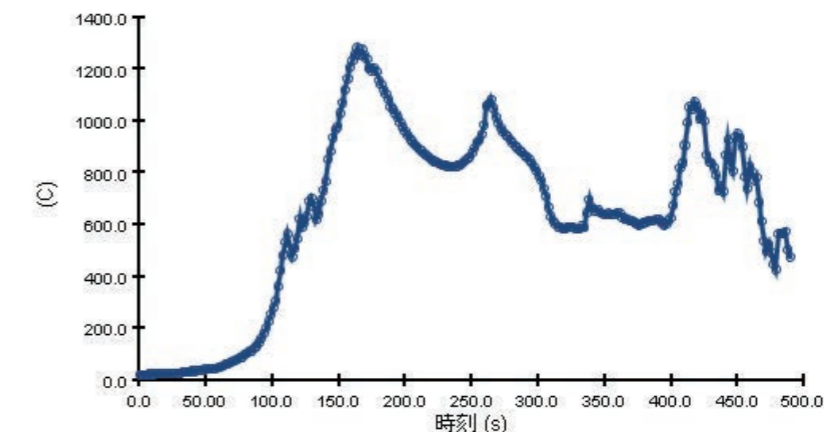


図6 着火後8分間の信長自刃場所の温度変化

出典: [1] <https://pages.nist.gov/fds-smv/index.html>

[2] <https://www.cae-sc.com/products/pyrosim.html>

[3] 日本建築学会、「建築物の火災荷重および設計火災性状指針(案)」丸善、(2013).