



MPS 粒子法流体解析による 重要建築物の消火シミュレーション

研究・開発機関 : [プロメテック・ソフトウェア株式会社](#)
 利用施設 : 自社設備
 計算規模 : 1 ~ 10 時間程度 (NVIDIA Quadro GV100 1GPU 使用時)
 利用ソフトウェア : Particleworks、Granuleworks

Before

- 貴重な文化遺産に設置する消防設備は、設置基準や現場での放水試験等によって検討されますが、実試験のコストの増加や貴重な建造物の損傷などが課題でした。
- 近年では、高層建築物消火のためのドローン活用など、新たな消防技術の可能性が生まれ、統合的な消防性能評価の必要性が増しています。

After

- 数値シミュレーションにより、放水による建造物の被水量、放水の軌跡や流れの方向などの消防設備の効果を、建築物への負荷なく定量的に把握できるようになりました。
- 開発したソフトウェアを用いることにより、液体や粉体の消火剤単体としての挙動だけでなく、風(気流)の影響を考慮できるなど、より現実的な消防機器の動作確認が可能となりました。

背景と目的

貴重な文化遺産の火災事故を防ぎ、歴史と文化の象徴を後世に伝えることは私たちの重要な使命ですが、日本を始めアジアの歴史的建造物は木造が多いため、このような火災を未然に防ぐ対策がより強く求められます。

現在、多くの建造物に固定式や移動式の放水銃、建物を水幕で包むドレンチャーなどが設置され、高層建築物の消火には消防ドローンの研究開発も進められています。こうした消防設備の効果は、設置基準や現場での放水試験等により検討されますが、現実的な火災状況を想定した実地試験はコストや貴重な建造物への物理的負荷を考えると容易ではありません。

そこで、数値シミュレーションを活用して放水による建造物の被水量、放水の軌跡や流れの方向などを検討し、消防設備の効果を事前に評価することが非常に有用となります。

利用成果

強風下での放水銃のシミュレーション

寄棟造の木造建造物を解析対象とし、強風下の放水銃による消火シミュレーションを行いました。水の挙動はMPS粒子法を使用し、空気の影響は気流速度を与えることにより簡易的にモデル化しています。

有限体積法(FVM)などの格子法連成により気液二相流



図1 放水銃による消火シミュレーション

解析を行うことも可能です。放水銃は建物の対角位置4箇所に放水確度60°、流量0.15 m³/sで設置しています。無風状態での解析結果が図1、被水量を積算値で表示したコンターが図2です。濡れた領域を可視化することにより、放水銃の位置や角度と被水領域の範囲の関係を把握できます。さらに建物の周囲に強風が吹いている状態を解析しました。図3の左は固定式放水銃を使った結果ですが、右方向に吹く風により水流が押し流され屋根の一部しか被水していません。右は遠隔操作の可動式の放水銃を用いた結果で、同じ風速下でも被水領域が拡大していることがわかります。

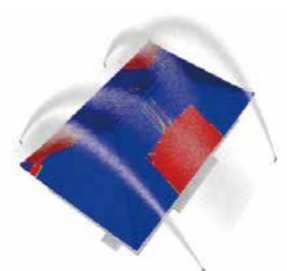


図2 屋根の被水量積算コンター

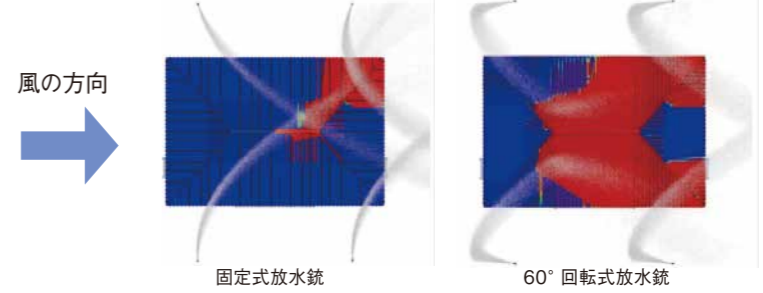


図3 風速 25 m/s 時の固定式放水銃 (左) と 60° 回転式放水銃 (右) による被水量積算コンター

ドレンチャーによる防火シミュレーション

ドレンチャーは散水ノズルから噴射した水幕によって周囲からの延焼を防ぐ防火装置です。このシミュレーションでは、散水ノズルを間隔5mで設置し、ノズルごとの流量を0.2 m³/s、スプレーの噴射角度を6°として、ノズルからの散水が放射状に広がるよう設定しました。火災により建築物に飛来する火の粉は離散要素法(DEM)でモデル化し、MPS-DEM連成で解析しました。

結果からほぼ全て火の粉が形成された水幕により進行を遮られ、建築物へ到達しないことが確認できました(図4)。

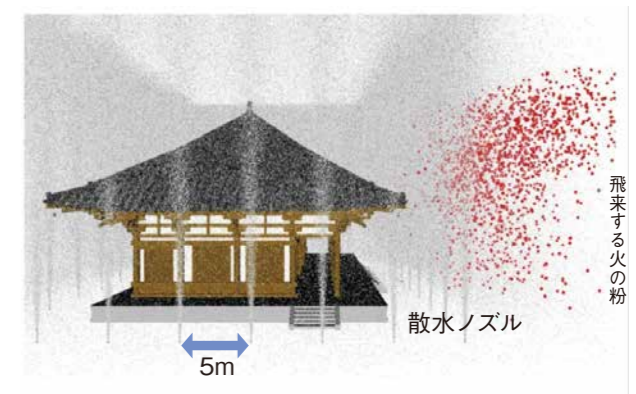


図4 ドレンチャーにより火の粉が抑止されている様子

消防ドローンによる消火シミュレーション

五重塔のモデルを用い、ドローンが最上階に接近して消火剤を噴射するまでの過程のシミュレーションを行いました。地上に置かれたドローンは10秒間で18mの最上階の高さまで上昇し、その直後に流速30m/sで消火剤を噴霧します。このとき液体消火剤を用いると木造建築物にダメージを与える可能性があるため、木造建築物への負荷が少ない粉末消火剤の利用を想定しDEMでモデル化しました。図5の結果より、ドローンからの消火剤の到達位置が確認できます。さらに機構解析との連携により、ドローンが風の影響を受けながら飛行し消火活動を行うより現実的な条件設定も可能です。

本記事で用いているMPSやDEMなどの粒子法は、放水設備やドローンなどの機械製品だけでなく、洪水、津波、土砂災害などの防災や、クリーンエネルギーなど環境問題の幅広い分野に適用することが可能です。シミュレーション技術を余すことなく活用することで、歴史や伝統、文化を守り、安全で快適な未来の実現に繋がることを期待されます。

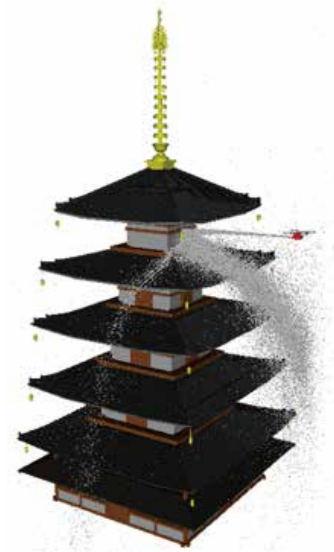


図5 ドローンによる木造高層建築物の消火シミュレーション