

FOCUSにおけるFDSベンチマーク 報告書

The logo for CAE Solutions, featuring the letters 'CAE' in a bold, black, sans-serif font, followed by 'Solutions' in a lighter, grey, sans-serif font. A stylized orange line is integrated into the 'A' of 'CAE'.

2020/1/15

株式会社CAEソリューションズ

技術部

大槻 真人

はじめに

これまでFDSは大規模並列には向かないと考えてきた。過去に実施したベンチマークは100万セル程度で、最大12コア程度の規模であった。

最近、テレビの歴史番組（本能寺の変）のために大規模並列計算を実施する機会を得た。そこで、計算科学振興財団の厚意によりFOCUS Fシステムを使用させていただき、1000万超メッシュで144並列までのスケーラビリティを計測した。

本報では実施したシミュレーションの概要とベンチマーク結果を報告する。

FDSの概要

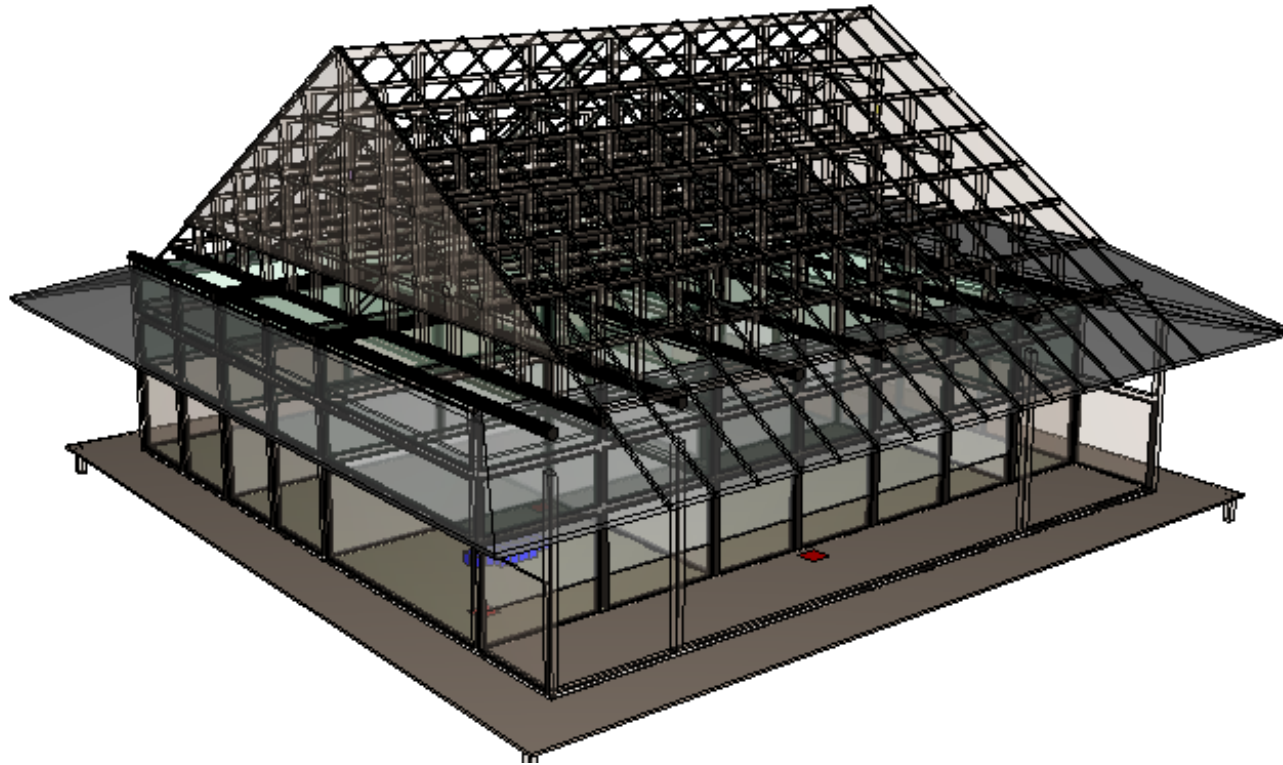
- 火災シミュレーションに特化したCFDソフト
<https://pages.nist.gov/fds-smv/index.html>
- 米国NISTが開発・無償配布
- オープンソース
- Fortran90で開発
- MPIとOpenMPによるハイブリッド並列
- Microsoft Windows/MacOSX/Linuxで稼働
- FOCUS共用領域にインストール済

火災シミュレーションモデルの作成

2D図面をもとにSOLIDWORKSで構造モデルを構築（2.5人日）

メッシュ解像度を考慮して構造材を簡略化

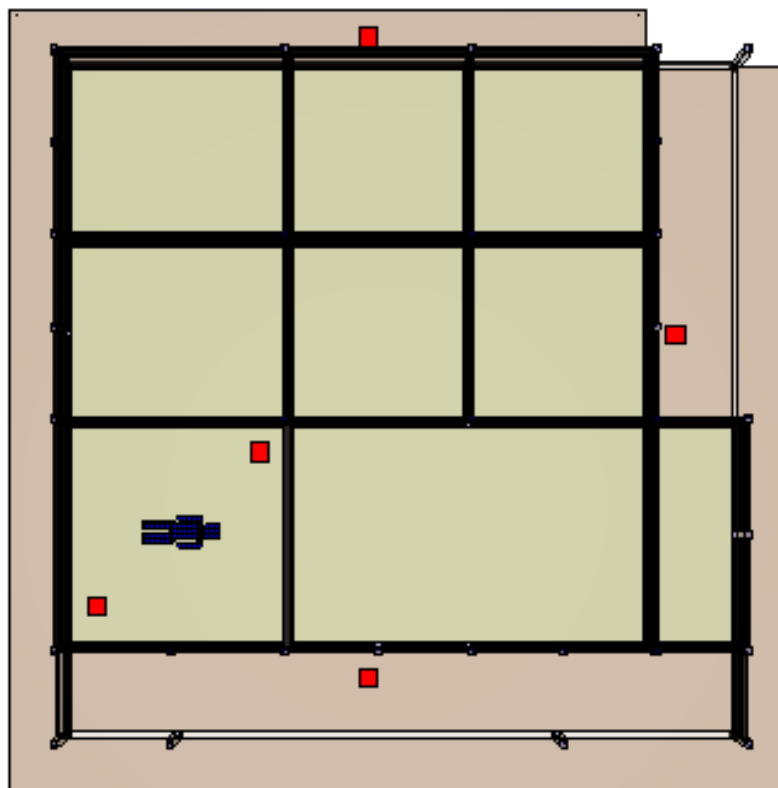
ParasolidからSTLに変換し、PyroSim GUIにインポートしてモデル設定



火源設定

■ 100kWの火源を 5 か所に設定

信長が自刃後、家臣が油をまき、燈明を倒して着火させたと想定



可燃物（燃え広がり）設定

床、畳、柱、ふすま、障子、天井、垂木、屋根をモデル化

木材の着火温度 260°C

着火後の火災成長曲線を設定 (t_{glow} 、 Q_{max})

減衰は無視(燃え尽きると消失)

T_{glow} : 各部材の高表面積から算出

Q_{max} : 木質系可燃物の平均値 148kW/m^2 を使用

太い柱は焼失しないと仮定

出典：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).

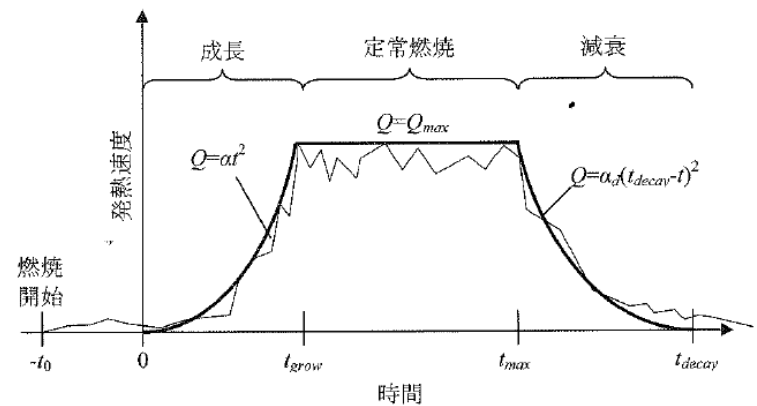
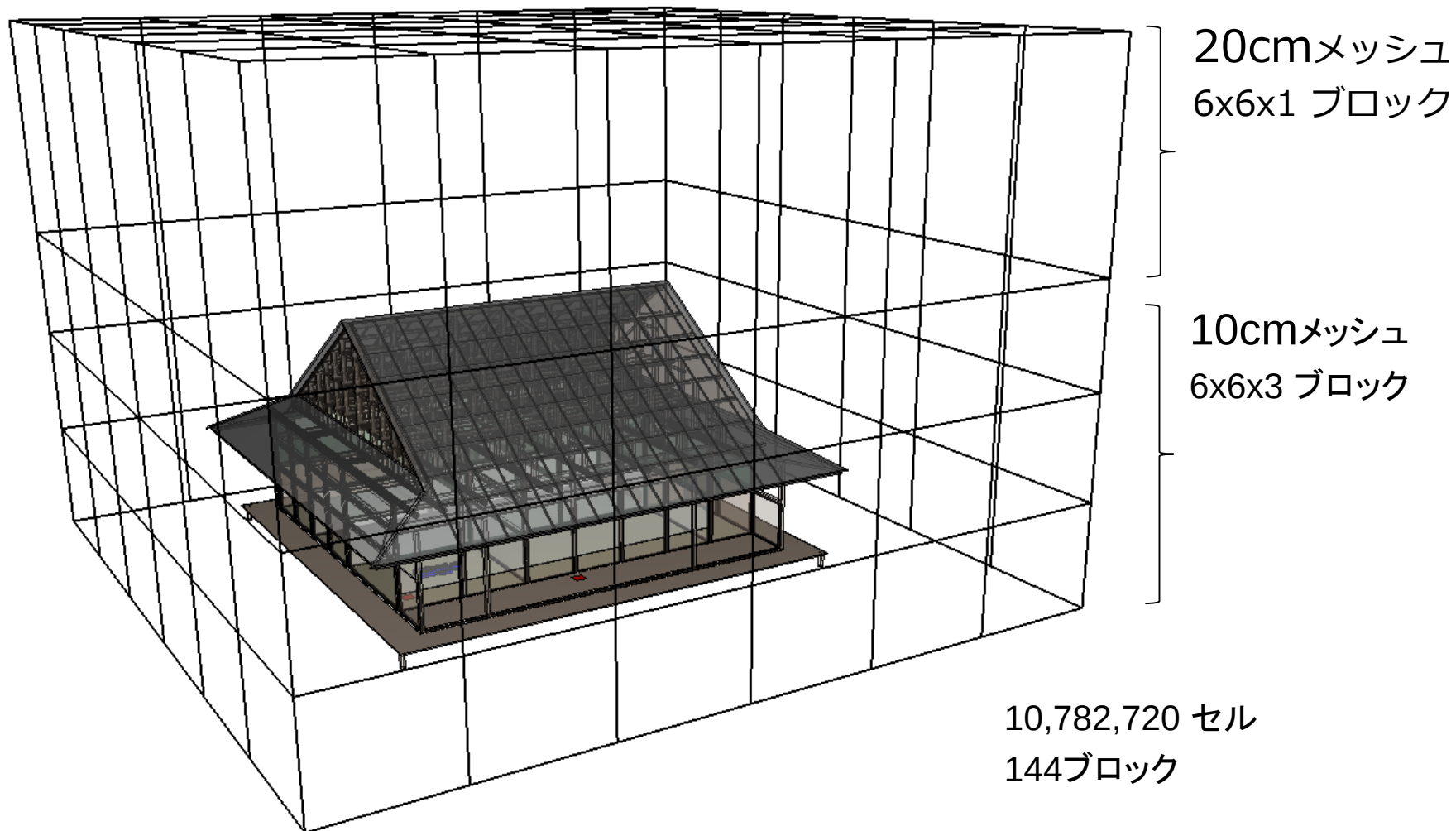


図 3.1.1 発熱速度の時刻歴のモデル化

解析モデル

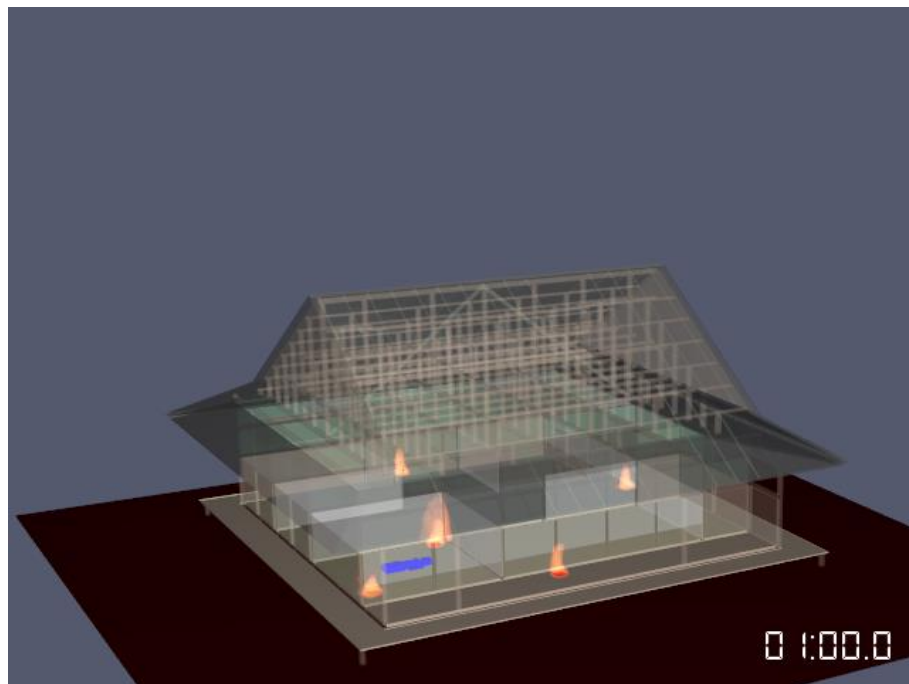
上空と周囲は大気開放境界、地面は壁境界



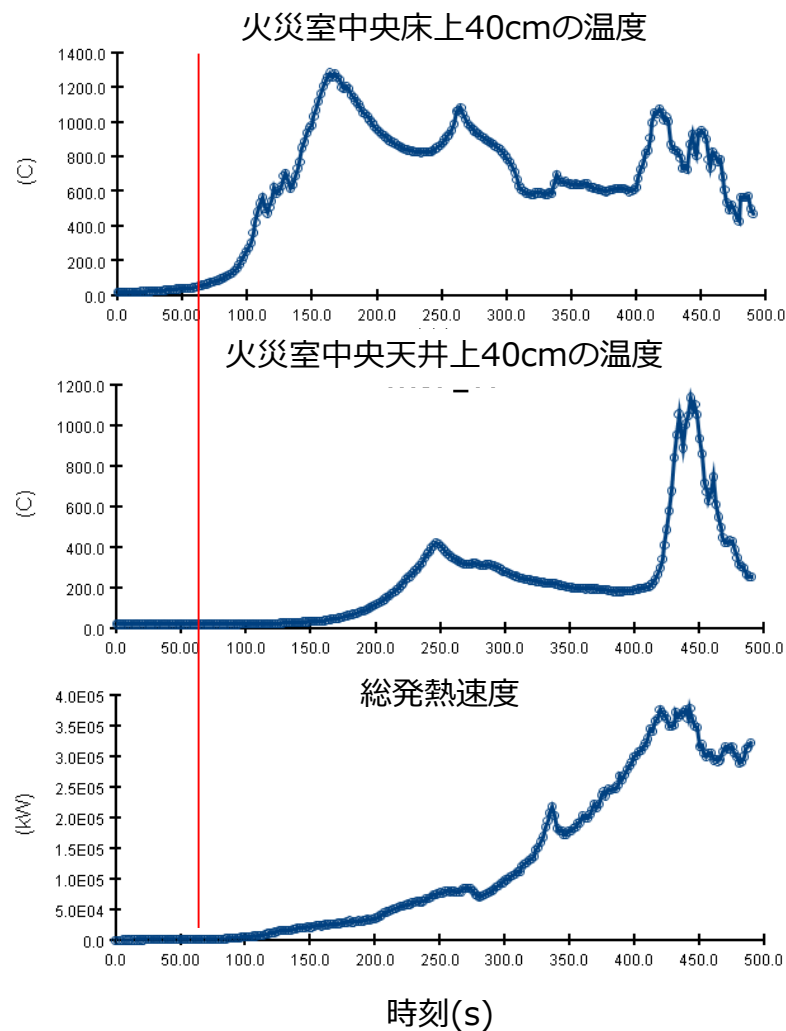
シミュレーションの実施

- PyroSim2018/FDS 6.7.0を使用
- FOCUC F system 4ノード 144コアを使用
- 火勢の拡大とともに時間刻み幅が小さくなる
- 489sで計算不可となる
- 所要CPU時間 約77h

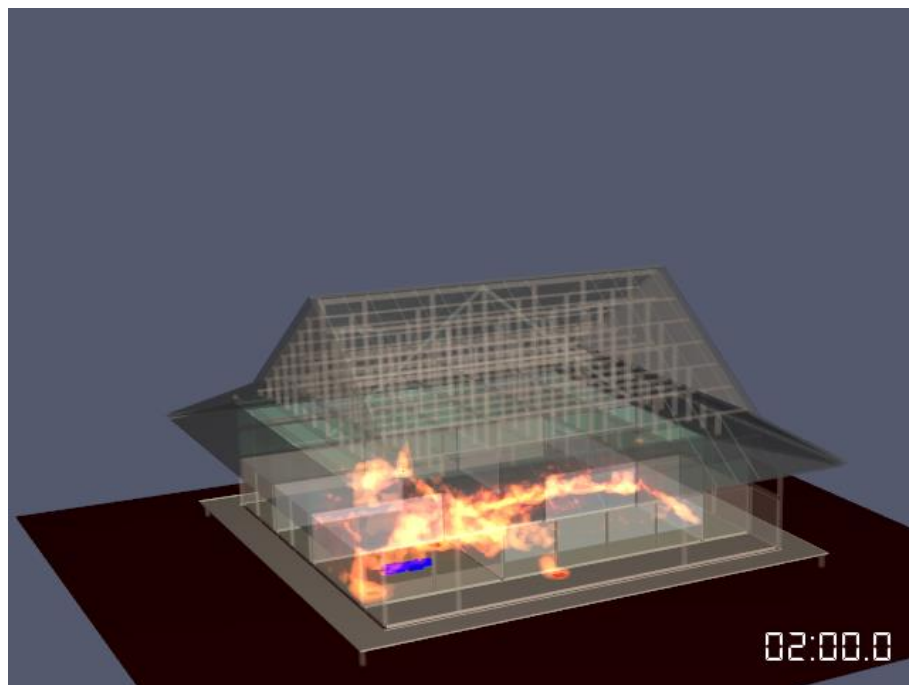
シミュレーション結果 1分後



天井に向かって火炎が伸長

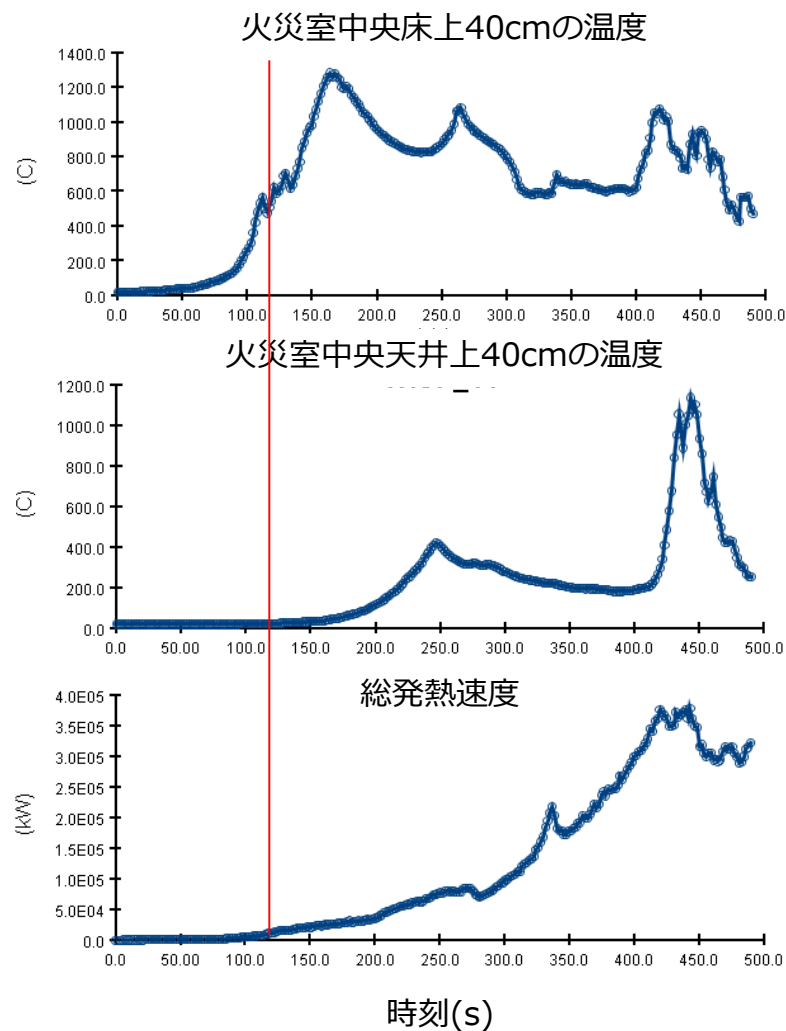


シミュレーション結果 2分後

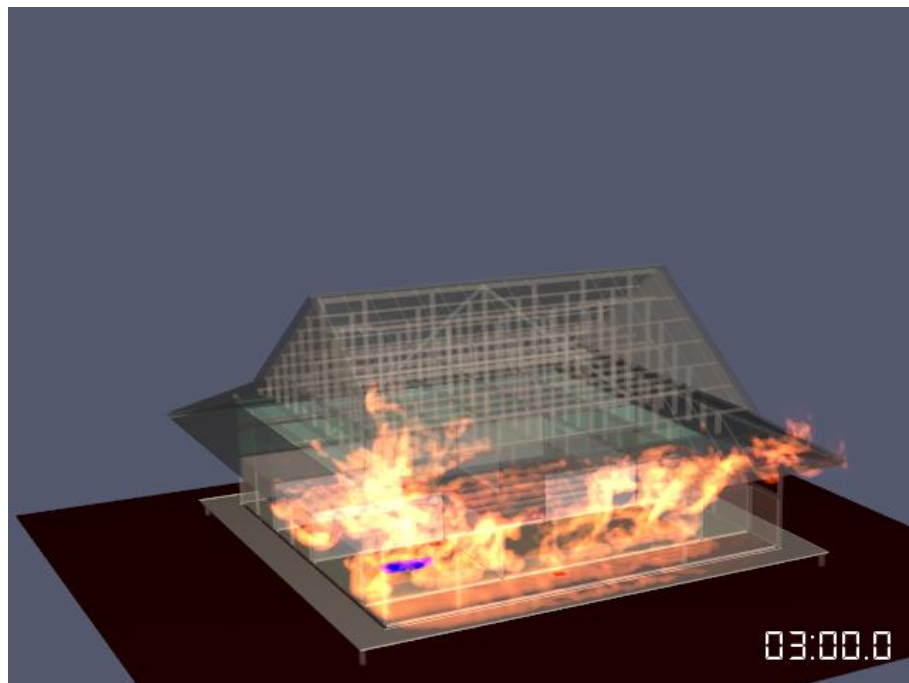


天井に着火

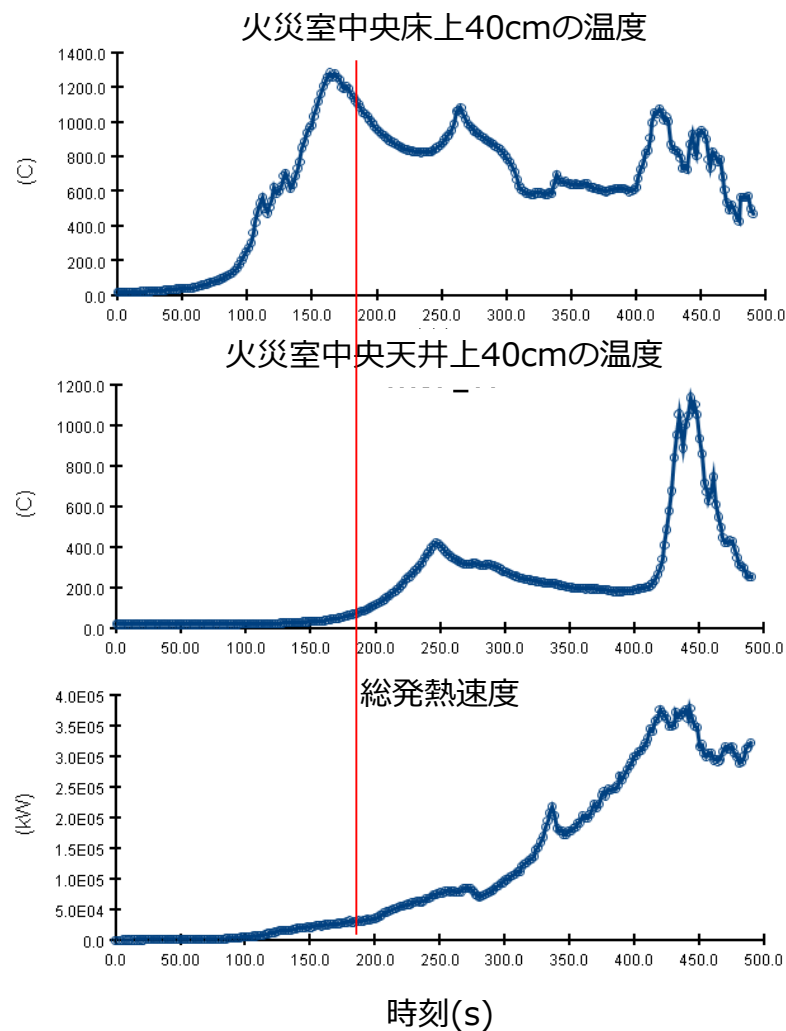
隣室へも燃え移る



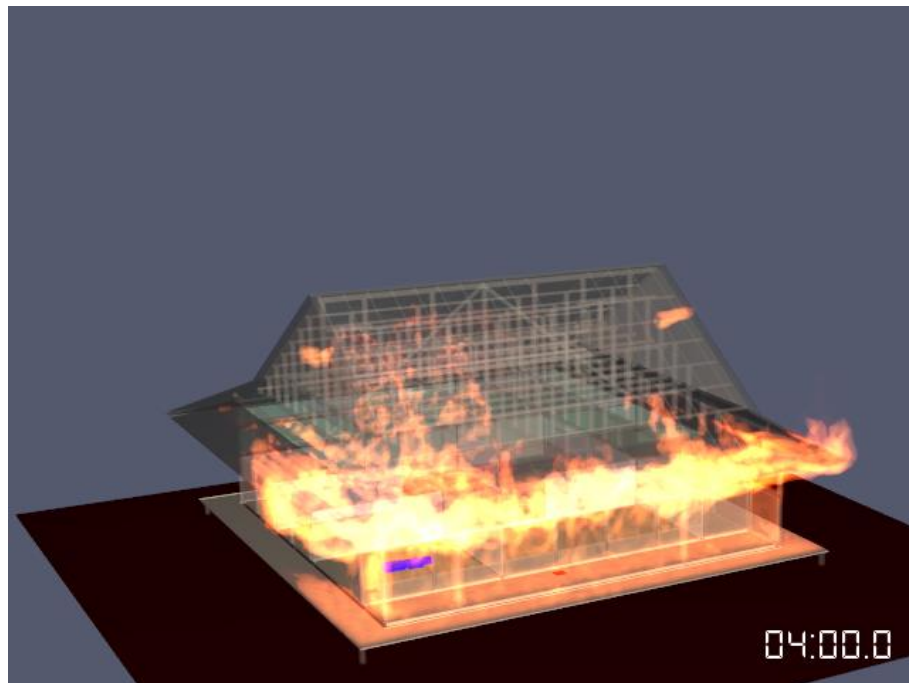
シミュレーション結果 3分後



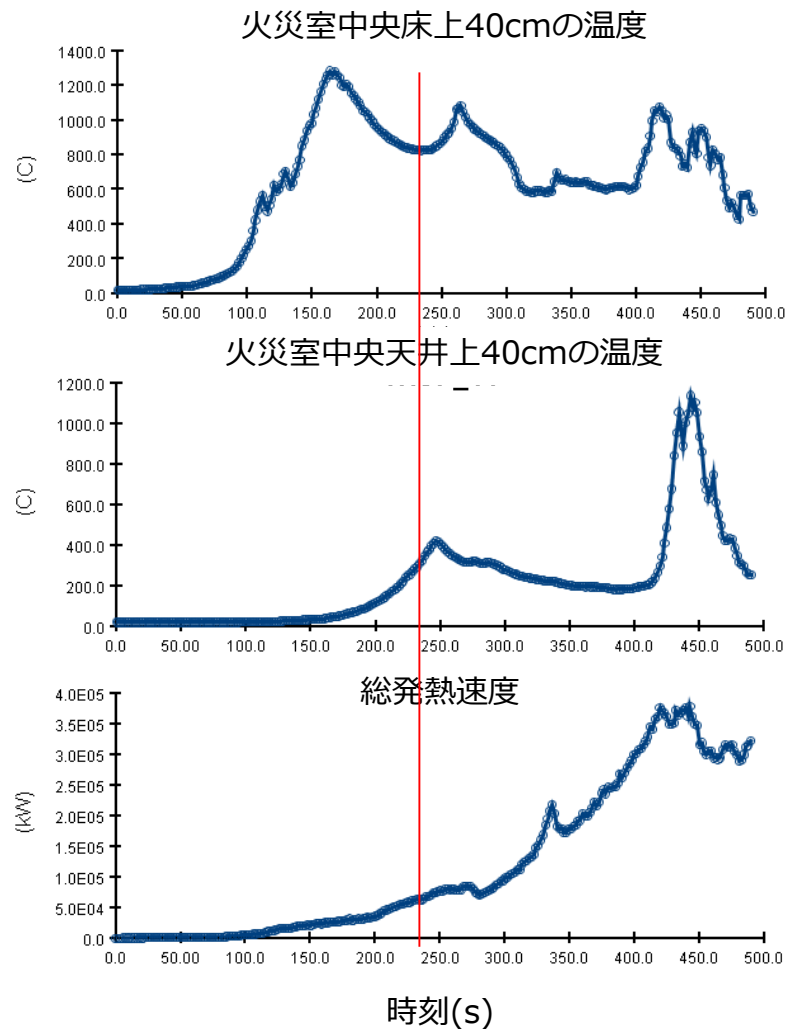
フラッシュオーバー
床面にも着火



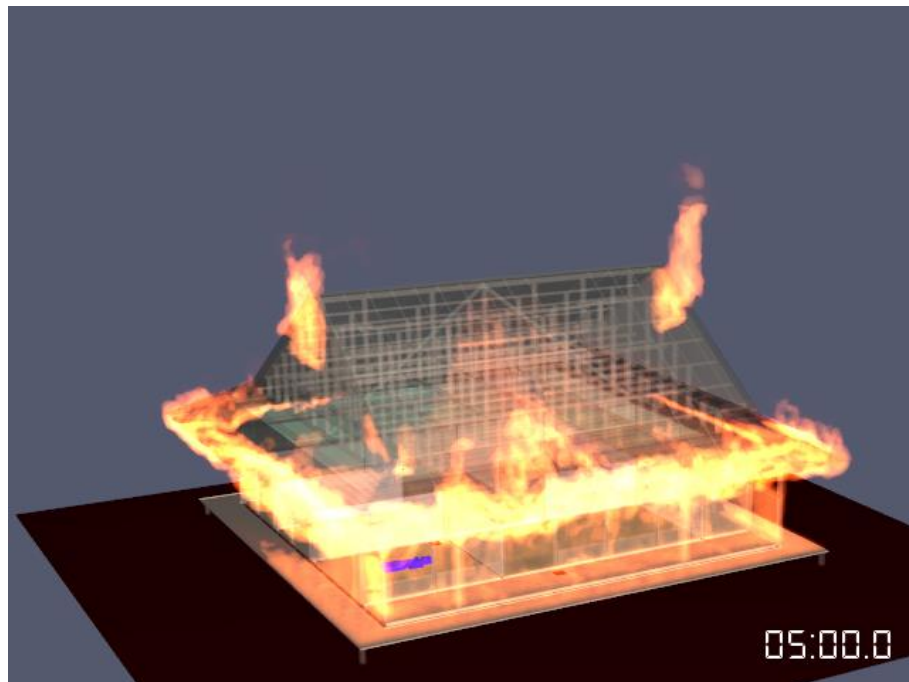
シミュレーション結果 4分後



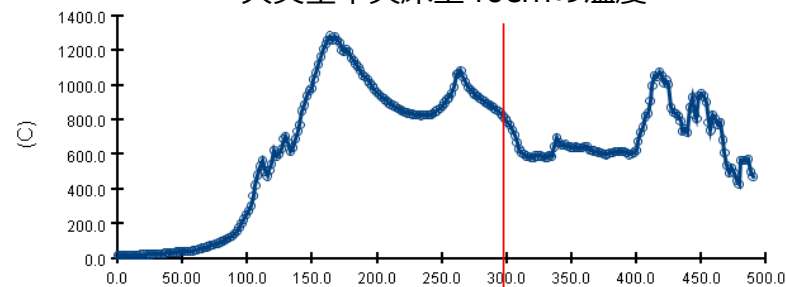
天井裏に燃え抜け
軒下から屋根に燃えうつり



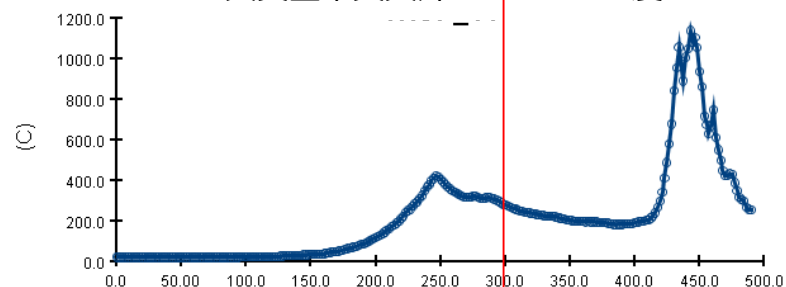
シミュレーション結果 5分後



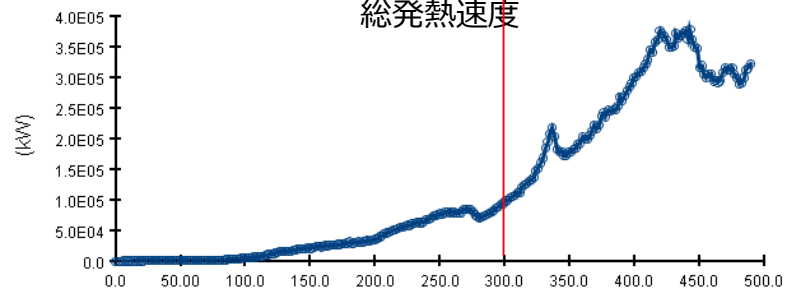
火災室中央床上40cmの温度



火災室中央天井上40cmの温度

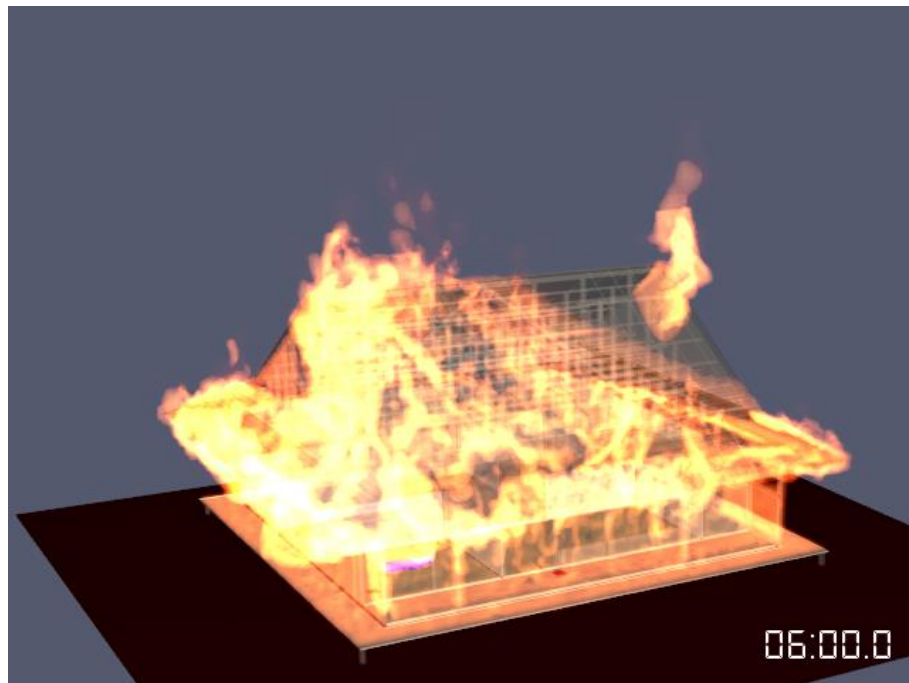


総発熱速度

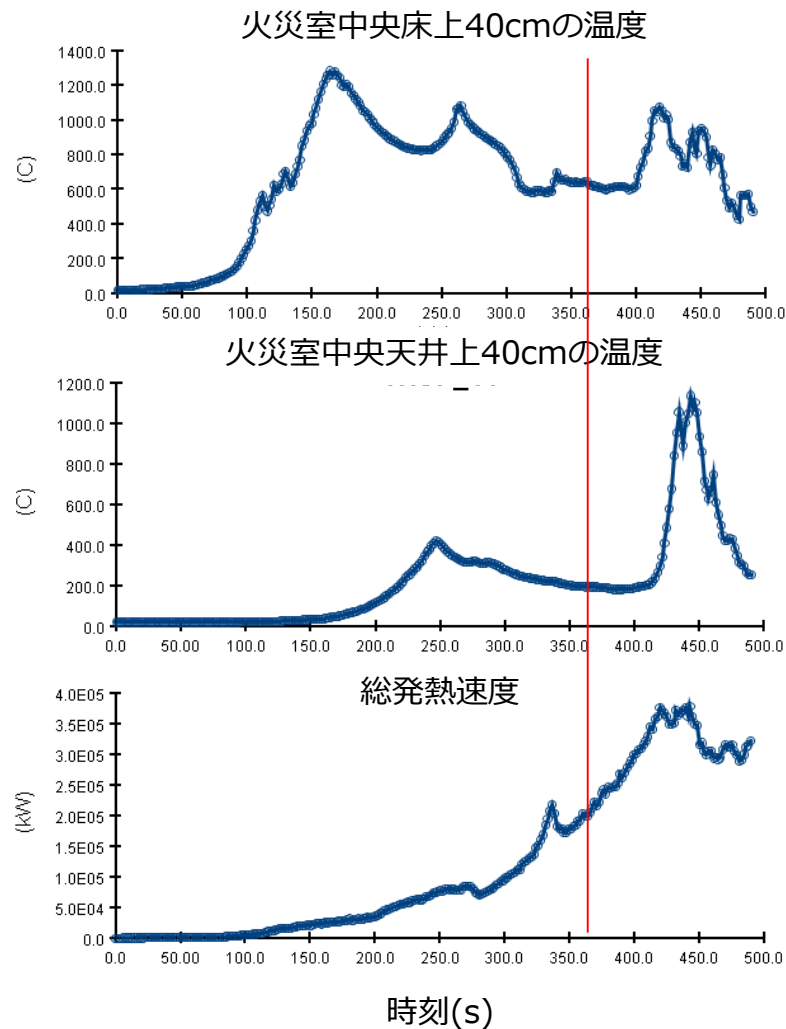


時刻(s)

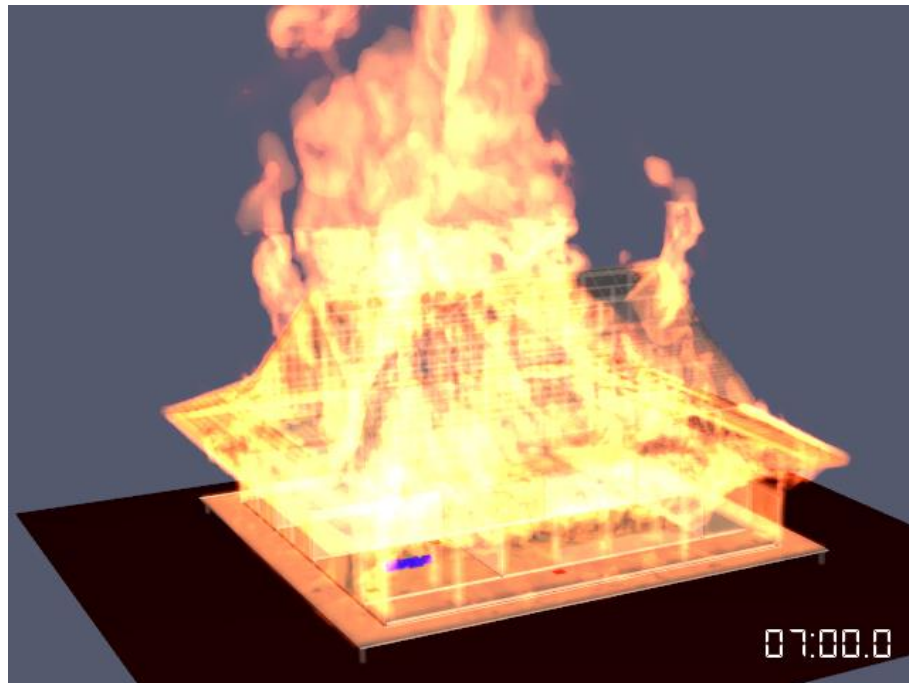
シミュレーション結果 6分後



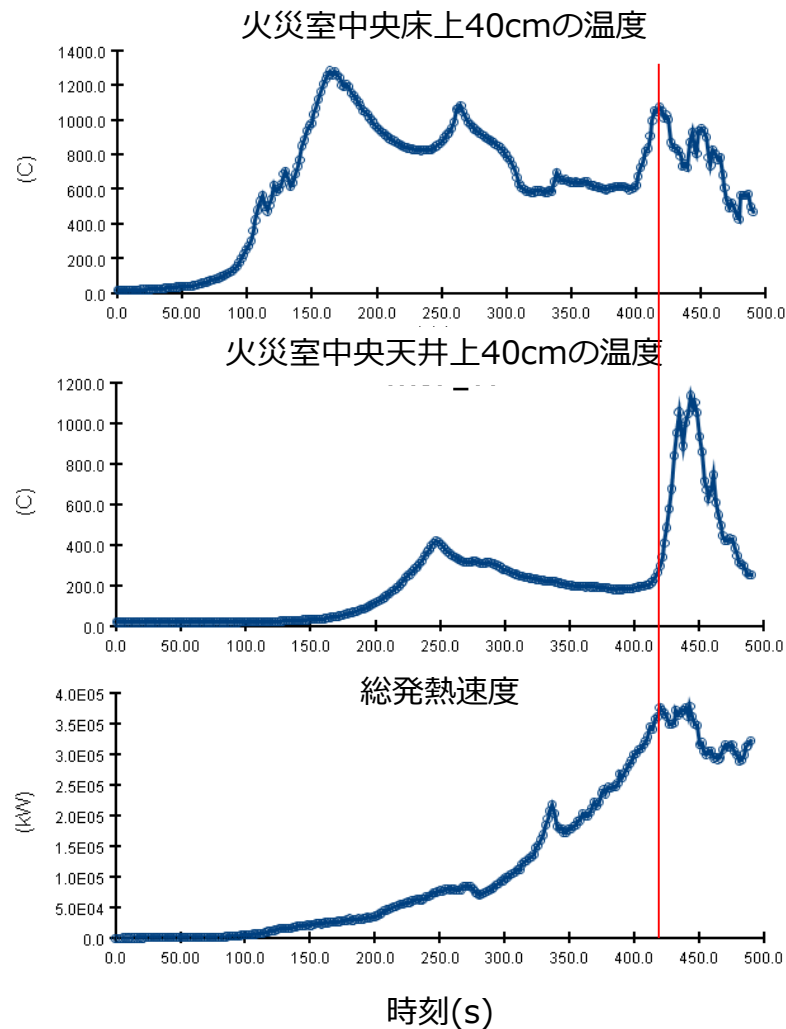
屋根の燃焼が拡大



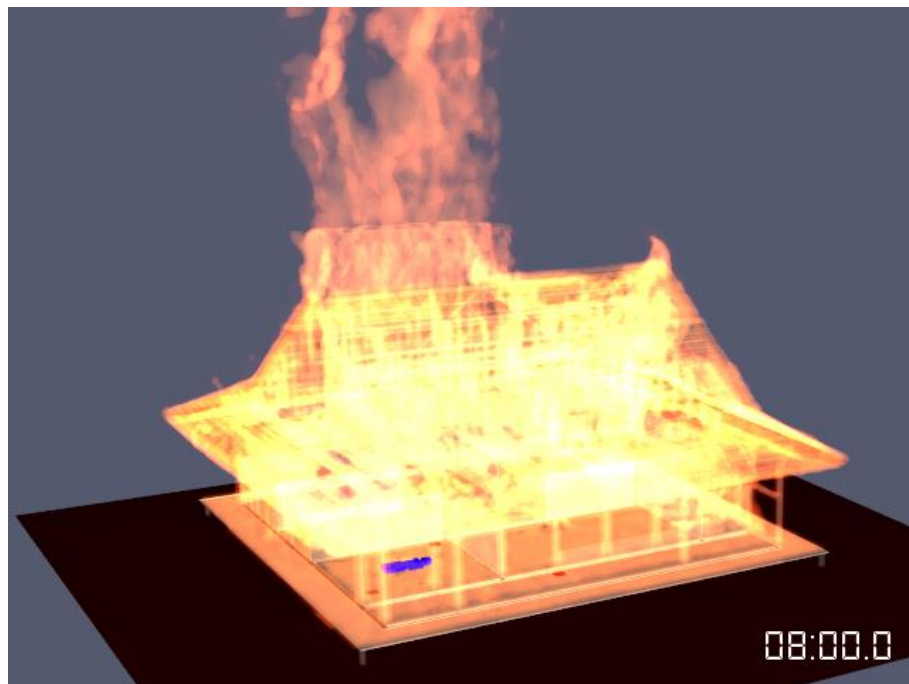
シミュレーション結果 7分後



屋根の燃焼がさらに拡大

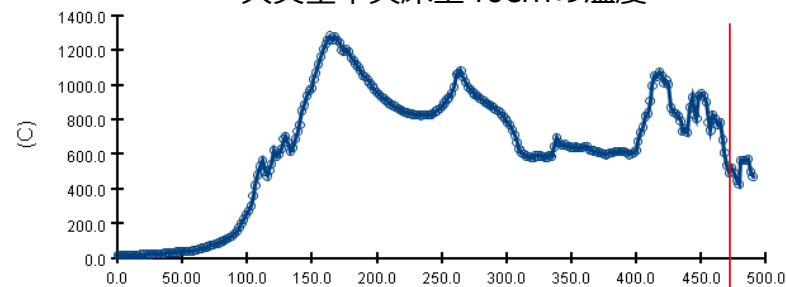


シミュレーション結果 8分後

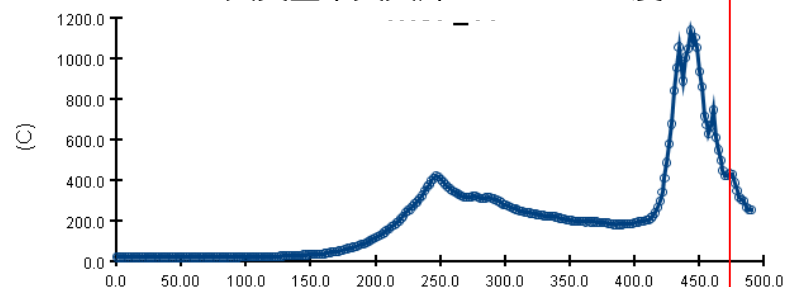


居室内の可燃物はほぼ消失

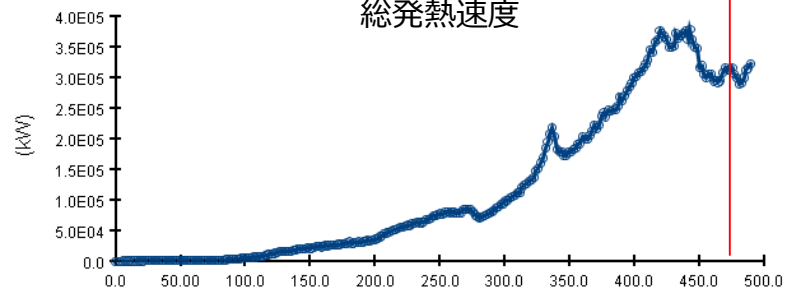
火災室中央床上40cmの温度



火災室中央天井上40cmの温度



総発熱速度



時刻(s)

並列性能ベンチマーク

- ・ FOCUS F Systemを使用
- ・ 時刻とともに計算速度が遅くなるため300sまでを計算
- ・ コア数とノード数を変化させて計算速度を比較

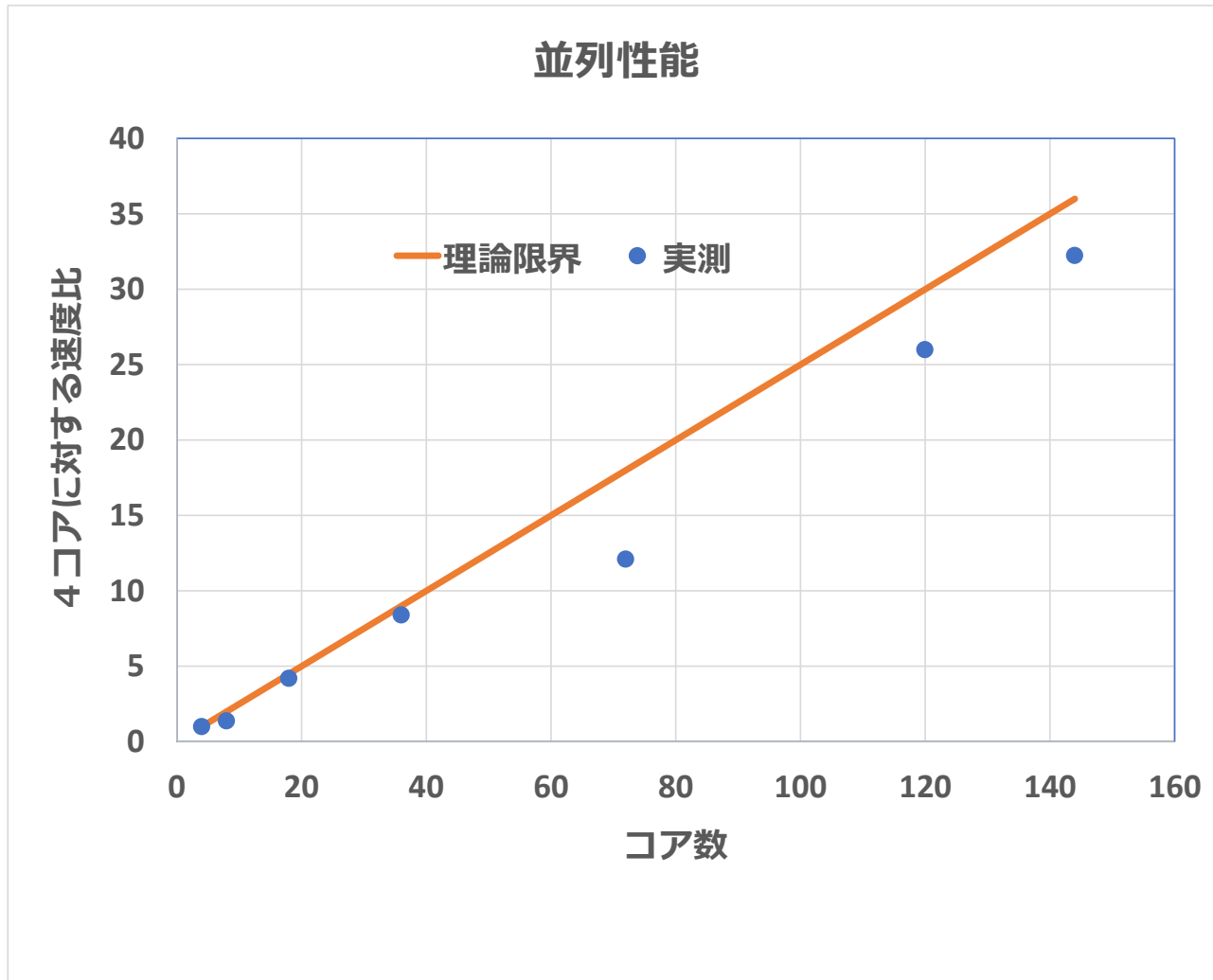
ベンチマーク結果 計測値

Case	コア数	ノード数	領域分割	CPU時間 (h)	速度*1 (s/h)	速度比*2
A	144	4	6x6x4	17.3	17.3	32.0
B	120	3	6x4x5	21.4	13.9	25.7
C	72	2	6x6x2	46.1	6.5	12.0
D	36	1	3x3x4	66.4	4.5	8.3
E	18	1	3x3x2	133.0	2.3	4.3
F	8	1	2x2x2	405.5	0.74	1.4
G	4	1	2x1x2	538.8	0.54	1.0

*1 速度=CPU1hあたりの解析の進行時間(s)

*2 CaseG (4コア)に対する速度比

ベンチマーク結果 グラフ



シミュレーションまとめ

- 20cmメッシュで点火後10分までの火災進展を計算できた。燃焼が拡大すると時間進行が遅くなり、これ以上の計算は困難。
- 燃え抜け時間などを仮定することなく燃え広がりが再現できた。
- 10cmメッシュでは8分までの計算が限度と思われる。
- 計算科学振興財団(FOCUS)の厚意により、144並列の計算資源を使用させていただいた。
- 結果の一部は2019/12/18 NHK「歴史探偵」で放映された。

ベンチマーク結果まとめ

- ノード内並列(<40core)では理論限界に近い性能
- 40コア以上では若干性能の低下がみられる
- 144コアまで、速度向上の飽和は見られない
144コア以上で、さらなる高速化が期待される



CAE専門サイト <https://www.cae-sc.com>



株式会社CAEソリューションズ

102-0072 東京都千代田区飯田橋2-1-10 TUGビル8F

TEL 03-3514-1506 **FAX** 03-3514-1507

e-mail sales@cae-sc.com

※記載されている会社名および商品名は、各社の商標または登録商標です。