

## 建物内の火災解析のためのEVE SAYFA GUI

佐藤 幸男\* 佐藤昌宏\*\*

### EVE SAYFA GUI for the Fire Analysis in Building

Yukio Sato\* and Masahiro Sato\*\*

火災発生時における消防防災対策の効果を消防職員が容易に把握できることを目的として、建物内の火災安全・防災のためのシミュレータ EVE SAYFA による火災解析のための GUI (グラフィカル・ユーザー・インターフェイス) を開発した(EVE SAYFA GUI)。EVE SAYFA GUI は地下鉄、地下街のような多層・広域に繋がった空間を対象としており、煙流動の解析結果の推移を見ながら、途中で開口率を変更する操作でどの程度排煙できているかを確認する機能を持つ。部屋やドアなどを模したアイコンを画面に貼り付けることで建物の構造を入力できるようにし、手早くシミュレーションが行えるようにしている。また、可視化用のアイコンを設けることで各部屋の煙層高さや温度が視覚的に分かりやすくなっている。本稿では、EVE SAYFA GUI の概略について説明する。

Keyword: 建物内火災解析、消防防災対策、煙流動、GUI、インタラクティブ操作、EVE SAYFA

#### 1. はじめに

EVE SAYFA による火災解析における、データ作成・条件設定、計算実行、結果の検討といった一連の操作を容易にするための GUI (グラフィック・ユーザー・インターフェイス) を開発した (以下、EVE SAYFA GUI と呼ぶ)。これは、地下鉄、地下街のような多層・広域につながった空間での火災発生時における消防防災対策の効果を消防職員が容易に把握可能とすることを目的としており、総務省消防庁 消防大学校消防研究センター殿からの受託によるものである。この目的を達成するため以下の点に配慮して開発を行った。

シミュレーションの専門家でなくとも手早く解析対象となる建物の構造を設定できること  
解析結果を視覚的に分かりやすくすること  
火災発生中に窓やドアの開け閉めといった火災の被害抑制のための活動がリアルタイムでシミュレーション結果に反映されること

\*アドバンスソフト株式会社 技術第 4 部

4<sup>th</sup> Technical Division, AdvanceSoft Corporation

\*\*アドバンスソフト株式会社 技術第 5 部

5<sup>th</sup> Technical Division, AdvanceSoft Corporation

以下ではこの 3 点をどのようにして実現したかを中心に EVE SAYFA GUI について紹介する。

#### 2. 機能概要

##### 2.1. アイコンを用いた形状モデル機能

建物を構成する構造物(部屋・開口部等)を模したアイコンを画面上に配置して建物の構造を設定する仕組みとした。これにより以下の 2 つの特長を持つ扱いやすいソフトウェアとなっている。

- シミュレーションの専門家でないユーザーが手軽に使いこなせること
- 建物の構造に関する CAD データがない場合でも対応できるようにすること

また、アイコンは寸法や材質をプロパティとして持っており、アイコンを画面上に配置した後適宜寸法情報などを設定することで簡便に建物の構造を入力できるようにした。

さらに、建物内の状況を手早く把握できるようにするために、煙の発生状況や室内の温度を視覚的に分かりやすくするためのアイコンを用意した。EVE

SAYFA GUI に用意されているアイコンの一覧を表 1 と表 2 に示す。これらの使用方法等は次節以降で説明する。

表 1 建物の構造物アイコン

名称	用途
部屋アイコン	部屋 1 つを表す。
開口部アイコン	ドアや窓を 1 つ表す。外気や部屋と部屋との空気の流動を表す。
廊下アイコン	廊下を表している。
階段アイコン	階段により階上あるいは階下と空気の流動がある状態を表す。
吸排気アイコン	送風機や換気扇等の吸排気を行う機械を表す。
火源アイコン	火災の発生源(=火災による発熱や煙の発生源)を表す。

表 2 可視化アイコン

名称	用途
凡例アイコン	部屋の温度の凡例
煙層高さアイコン	部屋に充満する煙の高さを表す。
煙の向きアイコン	開口部を流れる煙の向きを表す。
人間アイコン	室内の人間が煙に巻かれる程度まで煙が充満しているかどうかを表す

EVE SAYFA GUI を用いた解析は以下の手順で行う。

- ・アイコンの配置
- ・寸法の設定
- ・解析条件の設定
- ・EVE SAYFA によるシミュレーションの実行

(実行中の結果グラフを表示)

- ・結果の表示

操作画面を図 1 に示す。左側の「アイコン」ウィンドウから形状モデルアイコンを「図面」上にドロップすることで部屋やドア・窓を配置し、間取り図を作る。

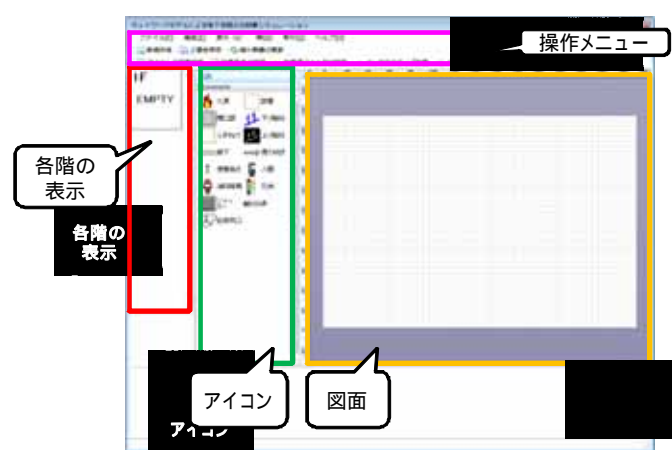


図 1 EVE SAYFA GUI の操作画面構成

### 2.1.1. 解析対象の構築

解析対象のモデルはアイコンの組み合わせで表現する。

- ・部屋アイコン(図 2)

1 つの部屋を表している。幅、奥行き、高さや壁・床・天井の材質を設定する。配置したアイコンをクリックすると、部屋の大きさ等を設定することができる。

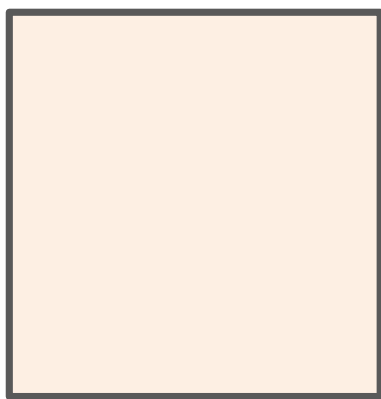


図 2 部屋アイコン

・開口部アイコン(図 3)

1つのドアや窓を表す。幅、高さの他に開度も設定可能。部屋アイコンと同様、クリックすると幅、高さが設定できる。開度については計算中に変更することが可能である。

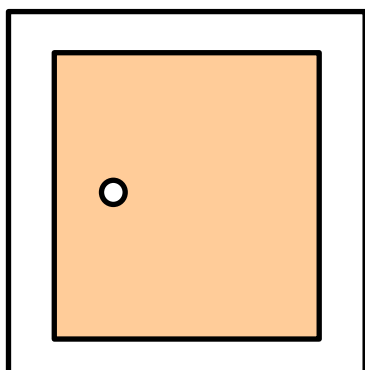


図 3 開口部アイコン

・廊下アイコン(図 4)

1つの廊下を表している。幅、奥行き、高さや壁・床・天井の材質の設定ができる。ドアなどで区切られている場合には複数の廊下アイコンを用い、ドアの位置に開口部アイコンを配置する。



図 4 廊下アイコン

・階段アイコン(図 5)

1つの階段を表すアイコンである。このアイコンを用いることで他の階との間の空気の流動量を考慮することができる。階段と連結している廊下アイコン上あるいは部屋アイコン上に配置して使用する。



図 5 階段アイコン

・吸排気口アイコン(図 6)

部屋へ外気を吸気させる場合や部屋の煙を強制排気させる場合を模擬するために使用する。吸入量あるいは排出量を設定できる。吸排気を行う部屋アイコン上に配置して使用する。

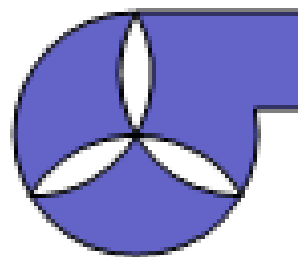


図 6 吸排気口アイコン

・火源アイコン(図 7)

火災の発生源を表す。火災が発生している部屋にこのアイコンを配置する。発火する時刻や各時刻における発熱量、一酸化炭素、二酸化炭素の発生量等が設定でき、模擬する発火物に合わせて設定する(図 8)。



図 7 火源アイコン

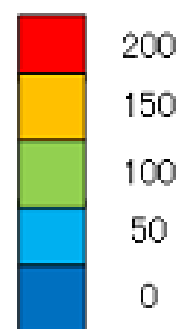


図 9 凡例アイコン

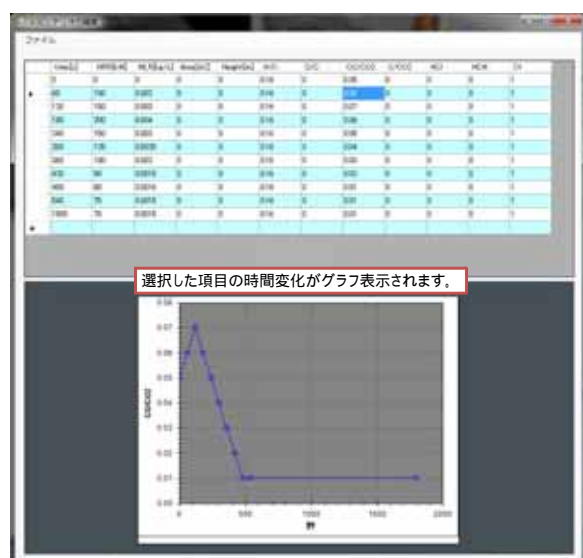


図 8 火災シナリオ表示画面

### 2.1.2. 計算結果の可視化

シミュレーション結果の理解を助ける可視化アイコンを用意し、視覚的に結果を分かりやすくした。

#### ・凡例アイコン(図 9)

インタラクティブ計算中に部屋の色が温度に応じて変化する。その凡例を表すアイコンである。

#### ・煙層高さアイコン(図 10)

煙層の高さを表すアイコンである。灰色の部分の煙を表す。計算中にリアルタイムで変化し、煙がどのくらいの高さまで下りてくるかを表す。各部屋に1つずつ配置して使用するため、どの部屋に煙が充満しているかを把握しやすくなっている。

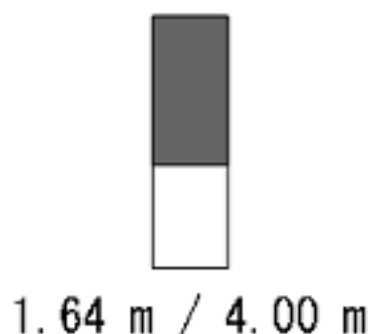


図 10 煙層高さアイコン

#### ・煙の向きアイコン(図 11)

インタラクティブ計算中に、開口部を通過する煙の向きや流量に応じて大きさや向きが変わる。流量を確認したい開口部アイコンの真上に配置して使用する(図 12)。建物全体でどこが空気や煙の流入・流出が大きいかを素早く把握できる。



図 11 煙の向きアイコン



図 12 煙の向きアイコン（使用例）

### ・人間アイコン(図 13)

建物の内部にいる人間を模したアイコンである。煙層が一定の高さまで下りてくると倒れる(図 14)。人間が倒れる閾値は任意の値を設定できる。各部屋に1つずつ配置して使用することで、煙が充満して危険な部屋がどこなのかを素早く把握することができる。



図 13 人間アイコン



図 14 人間アイコン(倒れた場合)

### 2.1.3. アイコン配置例

以上のアイコンの配置例を図 15 に示す。左側の部屋で火災が発生し、左側の部屋のみならず右側の部屋へも煙が充満し、人が倒れる様子を表している。

複数階の場合は、階層ごとに画面が切り替わり、

各階のアイコンを設定する。

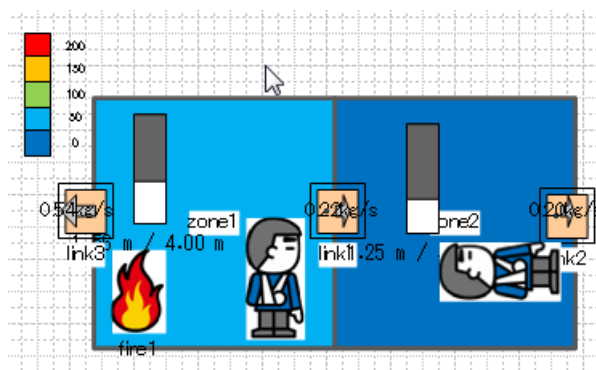


図 15 アイコン配置例

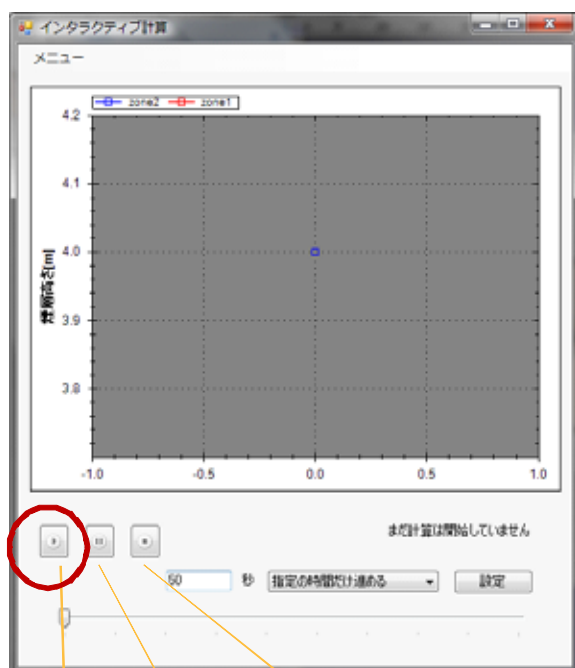
## 2.2. インタラクティブ計算機能

計算終了時刻等の条件(図 16)を設定の上、計算（EVE SAYFA による火災解析）が実行できる。



図 16 計算開始・終了時刻設定

図 17 のような操作画面により、計算の進行に合わせて伸びていくグラフを見ながら、計算の一時停止と再開が自由に行える。



計算開始一時停止 停止

図 17 インタラクティブ計算

### 2.3. 可視化機能

計算終了後に各部屋の圧力や温度、煙層高さ、開口部における流量をグラフ化することができる。図 18 のような画面で可視化対象を選択後、Microsoft 社の Excel が自動で起動し、図 19 のようなグラフが描画される。描画されたグラフは Excel ファイルとして保存することができ、別途報告書の資料として活用することができる。

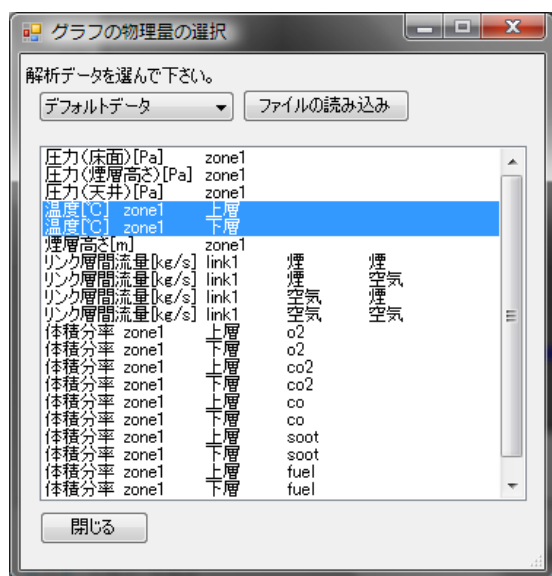


図 18 可視化する物理量の選択画面

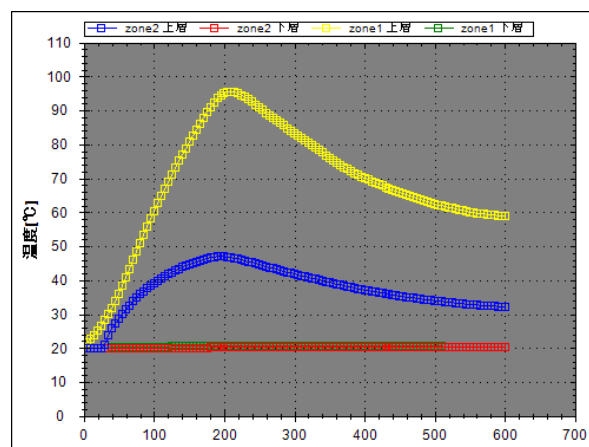


図 19 部屋の温度を可視化した例

### 3. 解析実行例

本章では計算途中で、窓を開閉して排煙の効果を検討した簡単な例について説明する。本解析では図 20 のような建物を想定する。図 21 のように中央と左側のドアは全開の状態、左側の部屋(zone1)で火災が発生した場合に右側の部屋(zone2)の煙層高さが窓の開閉によりどのように変わるかを示す。窓を途中で開ける場合には燃焼開始から 100 秒経過したところで窓を開けることとする。

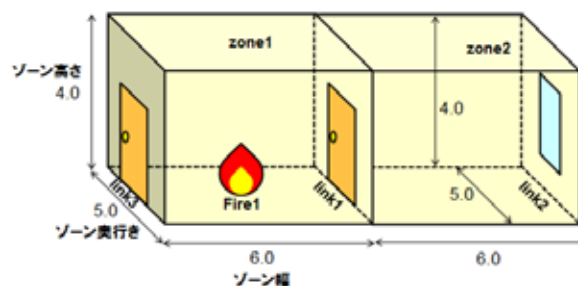


図 20 体系の例 (長さの単位は m)

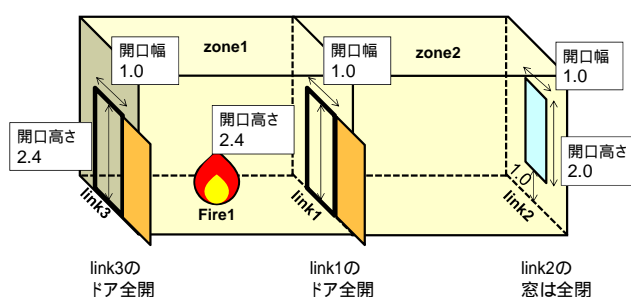


図 21 各開口部(ドア・窓)の開度

### 3.1. 部屋の配置と設定

部屋アイコン、開口部アイコン、火源アイコン、人間アイコン、煙の向きアイコン、煙層高さアイコンを図 22 のように配置する。配置後、各部屋・開口部の寸法やドアや窓にあたる開口部の開度を設定する。本例では一番右側の開口部(以後 link2 と呼ぶ)について開度を 0%とした場合と途中から 100%とした場合について比較する。

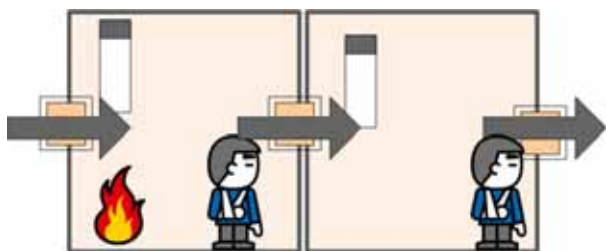


図 22 部屋と各種アイコンの設定

### 3.2. 火源の設定

火源についてはここではメタンガスの燃焼を想定する。発熱量についてはバッグや紙くずがおおよそ 2kg から 3kg 程度燃えた場合を想定する。燃焼開始から 3 分後に発熱量がピークとなり、8 分後にはほぼ鎮火する設定とする。ここでは他の物や部屋への延焼は仮定しない。これらの設定を図 8 の火災スケジュール設定画面にて行う。

### 3.3. 計算の実行

インタラクティブ計算にて燃焼開始から 600 秒経過時点までのシミュレーションを実行した。

#### 3.3.1. 窓を閉めたままの場合

link2 の窓の開度を 0%と設定し、インタラクティブ計算を実行する。計算が開始された後は特に操作の必要はない。

#### 3.3.2. 途中で窓を開ける場合

右側の窓を火災発生後に、タイミングをはかって開くには、次のように操作する。

右側の開口部(link2)をクリックし、「閉じる」を選択する。これにより、閉じた状態で火災が発生することになる(図 23)。



図 23 窓を閉じる設定

計算開始ボタンをクリックしてインタラクティブ計算を開始する。温度等の推移が表示される。

温度の推移を見て、100 秒で一時停止ボタンをクリックする。これで、計算が一時停止する。なお、ボタンをクリックするタイミング次第で 5 秒程度実際に停止する時刻が前後するが、結果への影響はわずかである。また、今後の改良であらかじめ指定した時刻で停止できるようにする。

図面ウィンドウに戻り、右側の開口部(link2)を選択し、開口率の設定画面を開く。開口率を 100%とし、時間幅を 10 秒とする(図 24)。これで窓が 10 秒かけて全開になる。

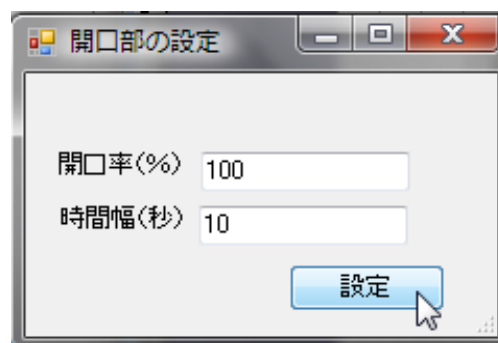


図 24 開口部の設定

計算開始ボタンを再びクリックし、計算を再開させる。



### 3.4. 結果の比較

窓を閉めたままの場合には図 25 のように右側の部屋の人間が倒れており危険な状態である。煙の向きアイコンから右の部屋は煙の流入・流出はほとんどなくなっており、一度流入した煙が流出せずに煙層高さが低くなり最終的に 1m 程度にまで達したため人間アイコンが倒れてしまったことがわかる。

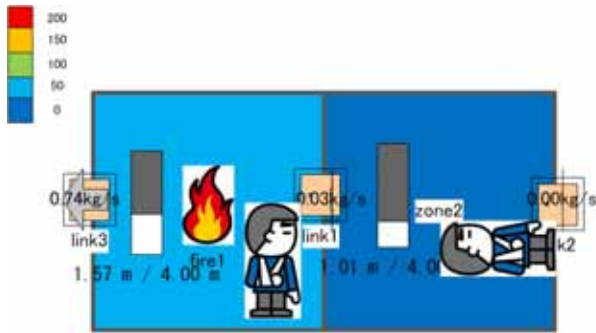


図 25 窓を閉めたまま 600 秒時点の概要

図 26 から開催発生時から 100 秒経過するまでは左側の部屋で煙層高さが急激に低くなっているが、それ以降の時刻でおよそ 100 秒かけて右側の部屋へも煙が充満し、煙層高さが低くなり、最終的には火源のある部屋よりも煙が充満していることが読み取れる。

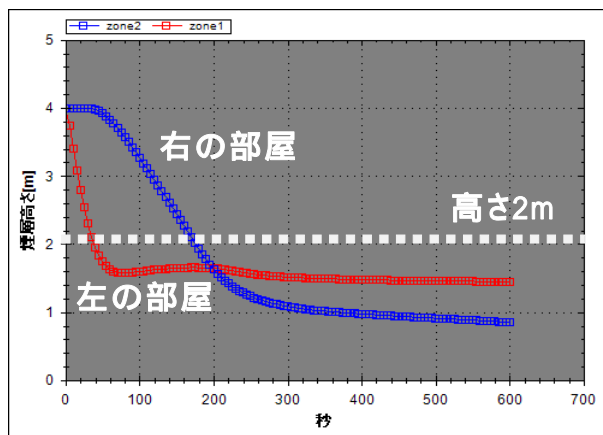


図 26 窓を閉めたままの場合の煙層高さ

一方窓を開けた場合には、左側の部屋からは外気が流入し、右側の部屋では窓から煙が排出されるために右側の部屋の煙層高さが低くならず済んで

おり、そのために人間も倒れていない(図 27)ことから窓を開けたままの状態ほどは危険ではないといえる。

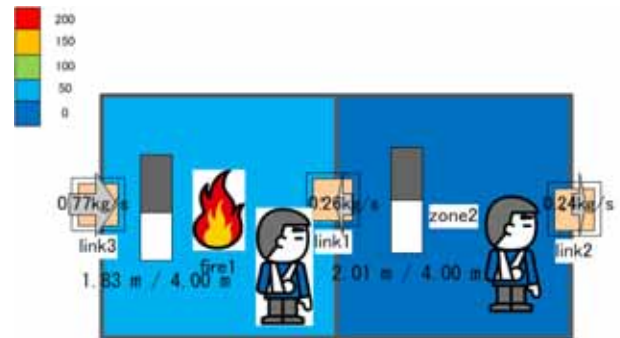


図 27 窓を開けた場合の 600 秒時点の概要

図 28 から右側の部屋の煙層高さがの低下が 2m までとまっている様子を読み取れる。

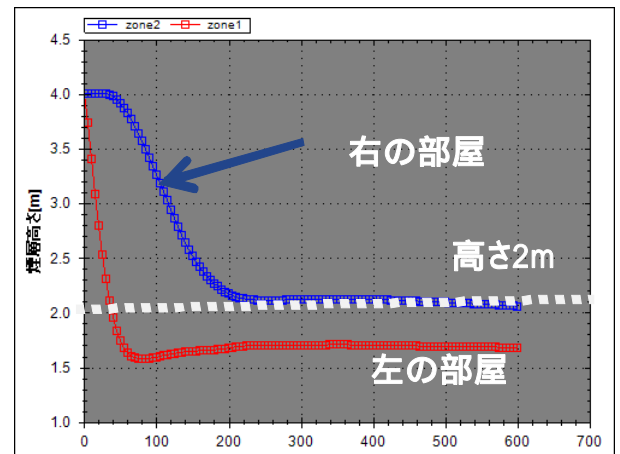


図 28 窓を開けた場合の煙層高さ

### 4. おわりに

建物内の火災安全・防災のためのシミュレータ EVE SAYFA による火災解析の操作を容易にするための GUI(EVE SAYFA GUI)を開発した。アイコンを活用することで手早く建物の部屋の構造を設定でき、各部屋の煙層高さや部屋の温度の推移を可視化アイコンで表現することで、視覚的にどの部屋が危険な状態が分かりやすくなっている。さらに計算途中での開口率を変更するようなインタラクティブな操作が可能のため、窓や防火シャッターの開



閉といった防火活動がリアルタイムにシミュレーションへ反映される。今後は、機能の充実や使い勝手の改善をはかり、火災発生時の現象の理解と、対策の検討等に活用されることを目指すものである。

## 5. 謝辞

EVE SAYFA GUI の開発にあたり、総務省消防庁消防大学校消防研究センター山田常圭様( 現東京大学工学系研究科 都市工学専攻 特任教授 )はじめ研究グループの皆様より、構想から展開に至るまで多大なご支援・ご助言をいただきましたことを深く感謝する次第である。