

国土交通省総合技術開発プロジェクト

高度な画像処理による減災を目指した国土の監視技術の開発  
総合報告書

平成22年12月

国土交通省

## 第3章

### 画像・基盤情報の利活用に関する研究

## (2) 市街地火災総合対策支援ツールの開発

### 1. 本テーマの目的と概要

本テーマは、火災発生時の自宅や自宅周辺への影響、自宅や市街地の改善によってどれだけ火災安全性が向上するのかを、住民が現実感を持って視覚的に体感出来るソフトウェアとして、「市街地火災総合対策支援ツール(以後、ツール)」を開発することを目的としている。ツールの活用により、キメの細かな対策の立案、住民への対策効果の説明等がより一層効果的に推進され、地域の防災性能を向上させることが期待される。

このツールは、今回技術開発を行った下記の3つの要素から構成される(図1-1)。また、検討スケジュールは図1-2のとおりである。

#### (1) 高度な市街地火災シミュレーション技術

上層階セットバック等、複雑な形状の建物の防火性能評価や、内装、床、外壁、内壁、屋根等の部材に応じたキメの細かな防火性能の評価を可能とする高度な市街地火災シミュレーション技術。

#### (2) 市街地火災映像化技術

住民が現状市街地の危険性を実感し、自宅や市街地を改善した際の、危険性の低減を実感可能な映像化技術。

#### (3) 市街地データ・建築物データの管理技術

市街地データ・建築物データの内容を定義し、それを準備する方法を確立するとともに、準備したデータに基づいて市街地火災シミュレーションプログラムを操作し、シミュレーション結果を市街地火災映像化技術を用いて表現する一連のデータ管理技術。

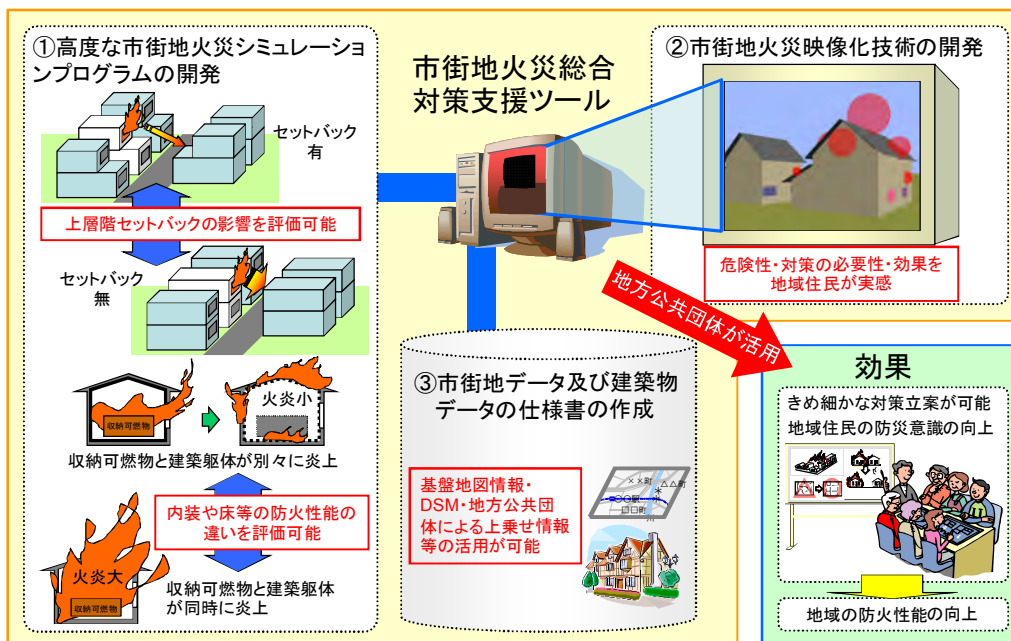


図1-1 本テーマの構成概要

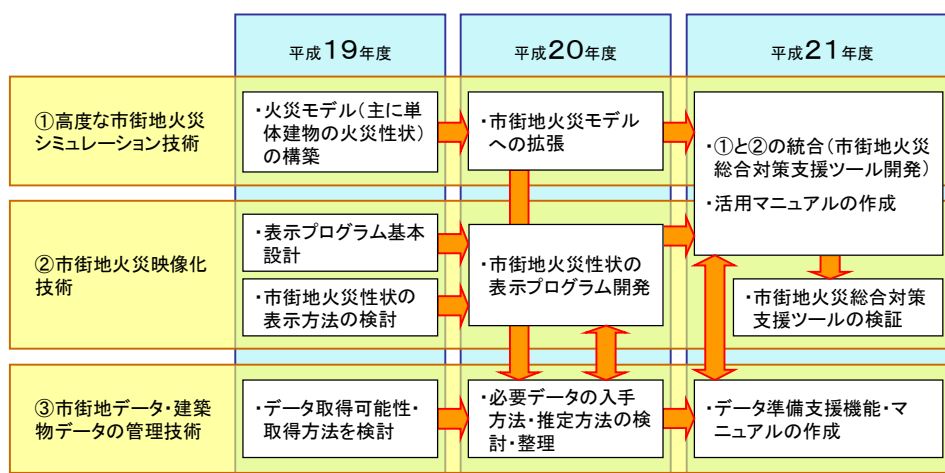


図 1-2 本テーマの検討スケジュール

上記の3つの技術開発を実施した結果、本テーマでは下記の成果を得た。

①高度な市街地火災シミュレーションプログラム

上層階セットバックや内装等の防火性能の違いを詳細に評価可能な市街地火災シミュレーションプログラムを開発した。

②市街地火災総合対策支援ツール

上記の高度な市街地火災シミュレーションプログラムを用いて市街地の火災対策を推進する際に必要な一連の作業を支援するツールとして市街地火災総合対策支援ツールを開発した。主な機能は下記の通り。

- 1)シミュレーションに必要なデータの準備支援機能
- 2)市街地状況データの管理・表示機能
- 3)防火対策に基づく計画案を作成するためのデータ編集機能
- 4)市街地火災シミュレーション条件の設定・管理機能
- 5)シミュレーションの実行機能及びシミュレーション結果の読み込み機能

③市街地火災総合対策支援ツールの活用法

地方公共団体が市街地火災総合対策支援ツールを用いて市街地の防火性能を評価する具体的方法について、実市街地でのケーススタディを中心として活用マニュアル(案)として取りまとめた。

## 2. 技術開発の内容

### 2-1 高度な市街地火災シミュレーション技術

上層階セットバック等、複雑な形状の建物の防火性能評価や、内装、床、外壁、内壁、屋根等の部材に応じたキメの細かな防火性能評価を実施可能な高度な市街地火災シミュレーション技術の開発を行った。

なお、市街地火災モデルは、単体建築物の火災進行モデルと建物間の延焼モデルに分けて検討を行っている。以下では、それぞれについて概要を示す。

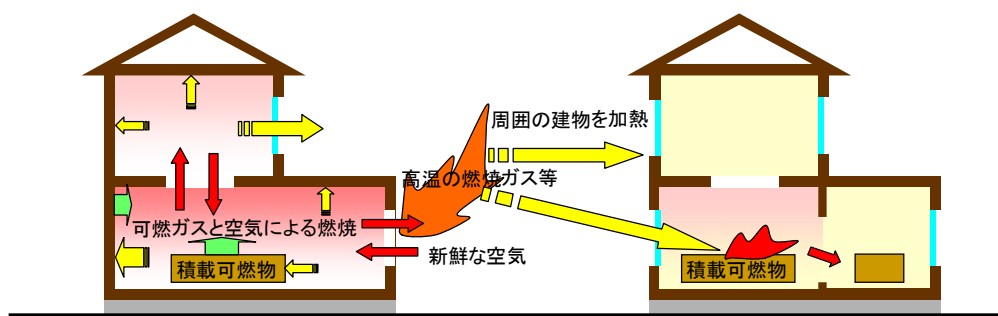


図 2-1-1 市街地火災の評価モデルの概要

#### 2-1-1 単体建築物の火災進行モデル

建築物は壁、床・天井、屋根などの面材（以下、「面材」という。）と、家具やその他の物品などの積載可燃物の集合で構成されるものとし、面材で囲まれた空間（以下、「ゾーン」という。）ごとに、内部ガスの温度や化学種濃度を逐次計算して火災性状を求める。

##### (1) 面材及び積載可燃物の表面積

面材及び構成材料（以下、「面材等」という。）は、複数の構成材料を組み合わせで構成される。面材及び構成材料の主な属性は表 2-1-1 の通り。

面材等の表面積は、初期には面材等の見つけ面積  $A_{m0}$  であるが、面材等の燃抜に伴って減少する。

$$A_m = A_{m0} - A_{bm} \quad (式 1)$$

面材等の燃え抜けは、面材等が面する室内の温度時間面積により求める。屋外に面している面材は、外部からの受熱流束を雰囲気温度に換算して室内同様に取り扱う。

式 2 は面材等の燃え抜け面積を求める式である。 $B^*$ は、標準火災温度曲線による  $t^*$  経過後の温度時間面積である。ここで、 $B_s$  は、式 3 の  $t^* = t_{bs}$  の場合の  $B^*$  であり、 $B_e$  は、式 3 の  $t^* = t_{be}$  の場合の  $B^*$  である。

$$A_{b,m} = \left\{ 1 - \frac{\int_0^{t^*} (T_m(\tau) - T_\infty) d\tau - B_s}{B_e - B_s} \right\} A_{m0} \quad (式 2)$$

$$B^* = \int_0^{t^*} \{345 \log_{10}(8\tau + 1)\} d\tau \quad (\text{式 3})$$

積載可燃物表面積は式 4 による。

$$A_f = \begin{cases} A_{f,0} & (W_f/W_{f,0} \geq 0.2) \\ 5A_{f,0} \times W_f/W_{f,0} & (W_f/W_{f,0} < 0.2) \end{cases} \quad (\text{式 4})$$

$$A_{f,0} = 0.61(W_{f,0}/A_{floor})^{1/3} A_{floor}$$

なお、面材等や積載可燃物の可燃物重量は熱分解に伴って減少する。 $W_m$ 、 $W_f$ が 0 となった時点で当該面材等の燃焼は終了する。

$$W_m = W_{m0} - \int_0^t \dot{m}_m dt \quad (\text{式 5})$$

$$W_f = W_{f0} - \int_0^t \dot{m}_f dt \quad (\text{式 6})$$

表 2-1-1 面材の主な属性

面材全体としての属性	
	燃抜開始時間 $[t_{bs}]$
	燃抜完了時間 $[t_{be}]$
	酸素消費係数 $[\varphi_b]$
個別の構成材料の属性	
	燃抜開始時間 $[t_{ss}]$
	燃抜完了時間 $[t_{ss}]$
	熱伝導率 $[k]$
	密度 $[\rho]$
	比熱 $[c]$
	厚さ $[L]$
	木材重量 $[W_{m0}]$
	出火温度 $[T_{ig}]$
	酸素消費係数 $[\varphi_s]$

## (2) 熱分解速度及び発熱速度

積載可燃物、面材等の熱分解の起こり易さは、木材のそれとの比（酸素消費係数）で表す。

初期には、 $t^2$ に比例する発熱源となることを想定し、可燃物ごとに式 7 の通り熱分解されるものとする<sup>67)</sup>。なお、面材等の火災成長率は、個別の構成材料の露出面積に応じて加重平均をとる。

$$\begin{aligned} \dot{m}_f &= \alpha_f t^2 / HR_f \\ \dot{m}_{m,j} &= \alpha_{m,j} t^2 / HR_f \end{aligned} \quad (\text{式 7})$$

$$\alpha_f = \begin{cases} 0.0125 & (w_f HR_f \leq 170) \\ 2.6 \times 10^{-6} (w_f \Delta HR_f)^{5/3} & (w_f HR_f > 170) \end{cases}$$

$$\alpha_m = \sum_j \alpha_{m,j}$$

$$\alpha_{m,j} = 0.35 \phi_{s,j}^2 A_{m,j,s} / \sum_j A_{m,j}$$

これより、初期の燃焼部分の表面積は式 8 となる。

$$\begin{aligned} A_{burn,f} &= \dot{m}_f / \dot{m}_b'' \\ A_{burn,m,j} &= \dot{m}_{m,j} / (\phi_{s,j} \dot{m}_b'') \end{aligned} \quad (式 8)$$

なお、燃焼部分の表面積は  $A_m$ 、 $A_f$  を超えないものとした。

熱分解速度は式 9 とした。

$$\dot{m}_b'' = \min \left[ \begin{array}{l} k \cdot \dot{m}_{in,eff} / (A_{burn,f} + \sum_j A_{burn,m,j}), \\ 0.007, \\ 0.003 + 0.12 \chi \exp(-11\chi) \end{array} \right] \quad (式 9)$$

$$\chi = A \sqrt{H_{eff}} / (A_{burn,f} + \sum_j A_{burn,m,j})$$

$$\dot{m}_{in,eff} = (\sum_j \dot{m}_{ji} Y_{O,j} + \rho_i V_i Y_{O,i} / \Delta t) / Y_{O,\infty}$$

$$A \sqrt{H_{eff}} = \frac{\sum_j \dot{m}_{in} (T_j - T)}{T_\infty - T} / \frac{2}{3} \alpha \rho_\infty \sqrt{\frac{2g(1-T_\infty/T)}{[1 + \{(1+k)^2 T/T_\infty\}^{1/3}]^3}} \quad (式 10)$$

式 7 は、元々単一開口区画に関する実験式であるが、開口部の条件が複雑な条件に適用するため、流入ガスのエンタルピー量が等しくなるよう換算した値  $A \sqrt{H_{eff}}$  を導入して近似的に求められるよう拡張したものである。

$k$  は、外気に面した単一開口の場合に式 9 における  $\dot{m}_b'' = 0.1\chi$  となるように、 $k \cdot \dot{m}_{in,eff} = 0.1A \sqrt{H_{eff}}$  を変形して得られる、式 11 を満たすように求めた。

$$k \cdot \dot{m}_{in} = 0.1 \dot{m}_{in} / \frac{2}{3} \alpha \rho_\infty \sqrt{\frac{2g(1-T_\infty/T)}{[1 + \{(1+k)^2 T/T_\infty\}^{1/3}]^3}} \quad (式 11)$$

なお、 $k$  は温度依存性があるが、温度上昇が 200K 以上であれば、ほぼ一定値をとることから、計算上は、 $k=0.22$  (定数) として扱っている。

### (3) 水分蒸発

可燃性材料の場合は、可燃物の熱分解に比例して水分が蒸発するものとし、式 12 とした。

$$\dot{m}_{H2O,c} = \frac{r_{H2O}}{1-r_{H2O}} \dot{m}_b'' \cdot A_m \quad (式 12)$$

不燃性材料の場合は、温度時間面積に応じて水分が蒸発するものとした。材料の含有する全ての水分が、燃抜開始時間  $t_s$  と燃抜完了時間  $t_e$  のちょうど中央の時間までに蒸発するとし

て、式 13 とした。

$$\dot{m}_{H_2O,u} = \frac{w \cdot r_{H_2O}}{\int_0^{t_s+t_e} (T_\tau - T_\infty) d\tau} (T_t - T_\infty) \cdot A_{m0} \quad (\text{式 13})$$

#### (4) 室内温度・化学種濃度

室内温度及び化学種濃度は式 14～17 に示す保存式及び状態式を解いて求める。

$$\frac{d}{dt} (\rho_i V_i) = \sum_j (\dot{m}_{ji} - \dot{m}_{ij}) + \dot{m}_b \quad (\text{式 14})$$

$$\frac{d}{dt} (c_p \rho_i T_i V_i) = \dot{Q}_{b,i} - \dot{Q}_{f,i} - \sum_j (\dot{Q}_{d,ji} + \dot{Q}_{m,ji}) + \sum_j c_p (\dot{m}_{ji} T_j - \dot{m}_{ij} T_i) + c_p \dot{m}_b T_b \quad (\text{式 15})$$

$$\frac{d}{dt} (\rho_i V_i Y_{X,i}) = \sum_j (\dot{m}_{ji} Y_{X,j} - \dot{m}_{ij} Y_{X,i}) + \dot{\Gamma}_{X,i} \quad (\text{式 16})$$

$$\rho_i T_i = \rho_\infty T_\infty \quad (\text{式 17})$$

室内に流入流出する熱量及びガス量は式 18～21 による。

$$\dot{Q}_{b,i} = \min[HR_o (\sum_j \dot{m}_{ji} Y_{O,j} + \rho_i V_i Y_{O,i} / \Delta t), HR_f (\dot{m}_b + \sum_j \dot{m}_{ji} Y_{F,j} + \rho_i V_i Y_{F,i} / \Delta t) - \dot{m}_b L_b] \quad (\text{式 18})$$

$$\dot{Q}_{f,i} = \{\epsilon_f \sigma (T_i^4 - T_f^4) + h(T_i - T_f)\} A_f \quad (\text{式 19})$$

$$\dot{Q}_{d,ji} = \{\sigma (T_i^4 - T_j^4) + \dot{q}_{OUT}''\} A_{d,ji} \quad (\text{式 20})$$

$$\dot{Q}_{m,ji} = \{\epsilon_m \sigma (T_i^4 - T_{m,ji}^4) + h(T_i - T_{m,ji})\} A_{m,j} \quad (\text{式 21})$$

各開口部の流入流出ガス量  $\dot{m}_{ji}, \dot{m}_{ij}$  の算出式は次項に示す。

#### (5) 流入流出ガス量

##### a) 圧力差と中性帯高さ

図 2-1-2 は、外気風による圧力を考慮した区画内外の圧力分布を図示したものである。中性帯高さ ( $z = Z_n$ ) では、式 22 が成り立つ。

$$P_j + P_w - \rho_j g Z_n = P_i - \rho_i g Z_n \quad (\text{式 22})$$

$\Delta P = P_j - P_i$  とすると、中性帯高さ  $Z_n$  は式 23 として得られる。

$$Z_n = \frac{\Delta P + P_w}{(\rho_j - \rho_i)g} \quad (\text{式 23})$$



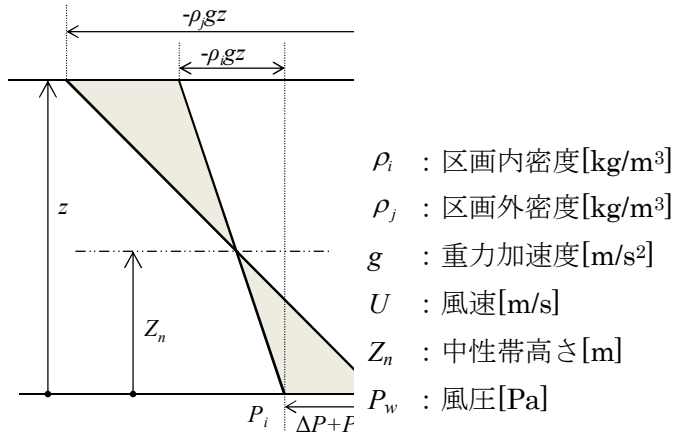


図 2-1-2 区画内外の圧力差

ここで、 $\Delta P$ は未知であるが、式 23 および次の b)から  $\Delta P$ に依存して各開口部に関する  $\dot{m}_{ji}$  および  $\dot{m}_{ij}$  を求めることができ、ゾーン内の質量保存則式 15 の左辺を 0 と置き、左右の辺を入れ替えた式 24 を各ゾーンが満足すると仮定して連立一次方程式を解けば  $\Delta P$  を求めることができる。

$$\dot{Q}_{b,i} - \dot{Q}_{f,i} - \sum_j (\dot{Q}_{d,ji} + \dot{Q}_{m,ji}) + \sum_j c_p (\dot{m}_{ji} T_j - \dot{m}_{ij} T_i) + c_p \dot{m}_b T_b = 0 \quad (式 24)$$

なお、風圧  $P_w$  は式 25 として得られる。 $c$  は風圧係数 [-] であり、同一壁面上でも位置によって異なるが、風向と壁面の成す角  $\theta$  を用いて、式 26 とした。

$$P_w = c \frac{1}{2} \rho_\infty U^2 \quad (式 25)$$

$$c = \begin{cases} 0.1 & (-1 < \cos \theta < -0.9) \\ -\frac{0.15}{0.9} \cos \theta - 0.05 & (-0.9 \leq \cos \theta \leq 0) \\ -0.05 & (0 < \cos \theta < 1) \end{cases} \quad (式 26)$$

#### b) 個別開口部の開口流量

開口部の上下端高さ、中性帯高さ等の関係から、個別開口部の流入・流出量が式 27～30 の通り得られる。ただし、 $\rho_j - \rho_i < 0$  の場合は、 $i$  と  $j$  を入れ替えて適用する。

##### ・垂直開口流量

$$\begin{cases} \dot{m}_{ij} = \frac{2}{3} \alpha B \sqrt{2g\rho_i(\rho_j - \rho_i)} \left\{ (H_u - Z_n)^{\frac{3}{2}} - (H_l - Z_n)^{\frac{3}{2}} \right\} & (Z_n \leq H_l) \\ \dot{m}_{ji} = 0 \end{cases} \quad (式 27)$$

$$\begin{cases} \dot{m}_{ij} = \frac{2}{3} \alpha B \sqrt{2g\rho_i(\rho_j - \rho_i)} (H_u - Z_n)^{\frac{3}{2}} & (H_l < Z_n < H_u) \\ \dot{m}_{ji} = \frac{2}{3} \alpha B \sqrt{2g\rho_j(\rho_j - \rho_i)} (Z_n - H_l)^{\frac{3}{2}} \end{cases} \quad (式 28)$$

$$\begin{cases} \dot{m}_{ij} = 0 \\ \dot{m}_{ji} = \frac{2}{3} \alpha B \sqrt{2g\rho_j(\rho_j - \rho_i)} \left\{ (Z_n - H_l)^{\frac{3}{2}} - (Z_n - H_u)^{\frac{3}{2}} \right\} \end{cases} \quad (H_u \leq Z_n) \quad (\text{式 29})$$

・水平開口流量

$$\begin{cases} \dot{m}_{ij} = \alpha A_{\text{floor}} \sqrt{2\rho_i \{ -(\Delta P + P_w) + gH_c(\rho_j - \rho_i) \}} \\ \dot{m}_{ji} = 0 \end{cases} \quad (\text{式 30})$$

$\alpha$  : 流量係数(= 0.7)[-]、 $H_u$  : 開口部上端高さ[m]、 $H_l$  : 開口部下端高さ[m]、 $B$  : 開口幅[m]

## (6) 面材・積載可燃物の表面温度

面材・積載可燃物の表面温度  $T_f, T_{m,ji}$  は式 21 より得られるゾーン内ガスからの流入熱流束を境界条件とする差分法により求める<sup>8)</sup>。

## (7) 室間の延焼

室間の延焼は開口部（面材の燃え抜け部を含む）を通して発生する。開口部を火災室温の輻射面として、隣室の可燃物を加熱し、可燃物表面が 593K 以上となった時点で当該隣室が出火するものとした。なお、可燃物表面温度の計算には、次項の(3)②の着火判定点の温度上昇計算式を用いる。

## 2-1-2 建物間の延焼モデル

### (1) 放射熱による熱移動

放射源としては、開口部面及び噴出火炎を対象とする。

#### ① 噴出火炎の方向

噴出火炎の方向は、図 2-1-3 の通り座標軸をとり、水平方向の x 軸からの角度を  $\alpha$ 、水平面からの仰角を  $\phi$  とすると、式 31 により表すことができる。

$$(f_x, f_y, f_z) = (\cos \alpha \cdot \cos \phi, \sin \alpha \cdot \cos \phi, \sin \phi) \quad (\text{式 31})$$

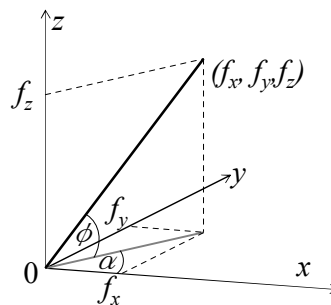


図 2-1-3 火炎の方向ベクトル

本モデルでは、 $\alpha$  は風向と同一方向をとることとし、 $\phi$  は式 32<sup>9)</sup>、33、34 による。

$$\begin{cases} \sin \varphi = 1 & F_r^2 / Q_f^{*2/3} \leq 0.98^5 \\ \sin \varphi = 0.98 \left( F_r^2 / Q_f^{*2/3} \right)^{-1/5} & 0.98^5 < F_r^2 / Q_f^{*2/3} \leq 20 \\ \sin \varphi = 3.97 \left( F_r^2 / Q_f^{*2/3} \right)^{-2/3} & 20 < F_r^2 / Q_f^{*2/3} \end{cases} \quad (式 32)$$

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gD}} \quad (式 33)$$

$$Q_f^* = Q / \rho_\infty C_p T_\infty g^{1/2} D^{5/2} \quad (式 34)$$

$$D = 2 \times rf \quad (式 35)$$

$$r_f = \sqrt{A_{op} / \pi} \quad (式 36)$$

$C_p$  : 空気の比熱 [kJ/kgK]、 $D$  : 火源の代表長さ[m]、 $A_{op}$  : 開口部面積[m<sup>2</sup>]

## ② 噴出火炎の長さ

噴出火炎の長さは風による影響を無視しうることが示されている<sup>9)</sup>。

無風時の自由空間中の火炎高さについて提案されている式<sup>10)</sup>を応用し、火炎基点の違いによる補正、 $Q_f^* < 0.3$ の範囲への拡張を行い、式 37 とした。

$$L_{f,c} = 3.3 Q_f^{*n} D \quad \begin{cases} n = 2/3 & Q_f^* < 1.0 \\ n = 2/5 & 1.0 \leq Q_f^* \end{cases} \quad (式 37)$$

以上により、火炎先端位置が求まるが、これが噴出面の内側へ入るときは、噴出面を含む平面上に火炎先端を投影した位置とし、方向、長さを修正する。

また、火炎軸が他の壁面や他の区画、塀柵等の障害物に交わる場合には、その交点から先は鉛直方向に火炎軸の向きを修正する。

## ③ 放射源の設定

ある開口部及び当該開口部から噴出する火炎による任意の受熱点(受熱面の向きは一定とする)への放射受熱流束 $\dot{q}_r''$ は、受熱点からどれだけ見通せるかに依存する。そのため、見通し計算する部分( $i=0 \sim N$ )ごとに得られる値の和として式 38～式 44 により得られる。

ここで、 $\tau_i$ は、見通し計算の結果得られる透過率である。

$$\dot{q}_r'' = \sum_{i=0}^N \tau_i \dot{q}_i'' \quad (式 38)$$

$$\dot{q}_0'' = F_0 \left[ (1 - r_m) \varepsilon_m \sigma T_m^4 + \{ (1 - r_m) \tau_m + r_m \varepsilon_j \} \sigma T_j^4 \right] \quad (式 39)$$

$$F_0 = \frac{A_m}{\pi d_0^2 + A_m} \cos \alpha_0 \cdot \cos \theta_0 \quad (式 40)$$

$$\dot{q}_i'' = \frac{\chi \dot{Q}_i}{4 \pi d_i^2} \cos \theta_i \quad (式 41)$$

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_g T_{fl}^4 / \sum_{l=1}^N T_{fl}^4 \quad (\text{式 42})$$

$$\dot{Q}_g = \dot{m}_{i,j} \{c_p (T_i - T_\infty) + Y_{F,i} \cdot HR_F\} \quad (\text{式 43})$$

$$T_{fl} = \begin{cases} 900 + T_\infty & (\Delta L < 0.4L_f) \\ 72L_f / (0.2\Delta L) + T_\infty & (0.4L_f \leq \Delta L < L_f) \\ T_\infty & (L_f \leq \Delta L) \end{cases} \quad (\text{式 44})$$

ここで、 $N$ が小さいと、受熱点との距離が短い場合や火炎が長い場合に誤差が生じやすくなることから、計算上は、式 45 により、受熱点での受熱流束と火炎長さに応じて求めることとした。

$$N = \min(q_{f1}/q_{\min}, l_f/l_{\min}) \quad (\text{式 45})$$

## (2) 熱気流による熱移動

単一火源の場合、火源を通る風向に平行な鉛直断面における風下気流の温度上昇は下式で計算される<sup>11)</sup>。

$$\Delta T_c(x,z) = \Lambda^s Fr^{-t} \left[ 1.7 \exp \left\{ -1.5^2 \left( \frac{z}{x} \Lambda^k Fr^n - 0.37 \right)^2 \right\} + 0.05 \right] \times \left( \frac{\dot{Q}_c^2 T_\infty}{C_p^2 \rho_\infty^2 g} \right)^{1/3} D_c^{-1/3} x^{-4/3} \quad (\text{式 46})$$

$$\Lambda = \frac{U D_c^{1/3}}{\left\{ \dot{Q}_c g / (C_p \rho_\infty T_\infty) \right\}^{1/3}}$$

$x$  : 火源から受熱点までの水平距離[m]、 $z$  : 火源から受熱点までの鉛直距離[m]、 $\dot{Q}_c$  : 火源の発熱速度[kW]、 $D_c$  : 火源の代表径[m]

火源を通る風向に平行な鉛直断面から水平方向にずれると温度上昇幅は減少するが、式 46 では計算できない。そこで、気流主軸（高さ方向で最も高温の位置）からの距離に応じた温度上昇幅の減少程度は、鉛直断面上の気流主軸高さからの  $z$  方向のずれによる温度上昇幅と同一と見なして式 46 を適用することとする。

また、複数火源の場合には、それぞれ単一火源と見なした場合の温度上昇を下式により合成する方法が提案されている<sup>12)</sup>。

$$\Delta T_{c,eff} = \left( \sum_j \Delta T_{c,j}^{3/2} \right)^{2/3} \quad (\text{式 47})$$

以上より、受熱点での熱気流による受熱流束は、式 47 で表す。

$$\dot{q}_r'' = h \times \Delta T_{c,eff} \quad (\text{式 48})$$

## (3) 温度上昇と着火判定モデル

着火は、着火可能領域に存在する可燃物が熱せられ、着火温度に達した時点で発生する。

本モデルでは、木材の着火温度を 593[K]とし、着火の判定を 48 式により行う。

$$T_s > 593 \quad (式 49)$$

### ① 放射受熱点の設定

式 38 による計算は、受熱点の数だけ行う必要があり、受熱点の省略は計算負荷軽減効果の高い方法である。

最も不利な（出火温度に早く到達する）位置が事前に明らかにできれば 1 点のみの計算で良いが、その位置を正確に予測することは困難である。

本稿では、受熱点を受熱壁面上に、幅と高さ方向に一定間隔  $p$ [m]に配置し、 $p \times p$ [m<sup>2</sup>]の担当面内での最大受熱流束を推定し、表面温度の応答を計算することとした。

予測自体の計算負荷を小さくすることを考慮して、1 ステップ前の計算ステップにおいて、周囲の火源の中で受熱点での熱流束が最大のものを探しておき、次のステップで、事前に探しておいた火源について、放射源の重心位置を式 50 により計算しさらに受熱壁面へ正投影した点を求め、担当面内でこの点と最も近い点を求める。

$$\vec{f}_g = \vec{f}_0 + \frac{\sum_{i=0}^N \{ \tau_i q_i \times (\vec{f}_i - \vec{f}_0) \}}{\sum_{i=0}^N q_i} \quad (式 50)$$

なお、熱流束が最大の火源の検出の際にも、当該ステップの受熱点位置での熱流束ではなく、上記式 50 を用いて担当面内で放射源の重心位置に最も近い位置での受熱流束を式 38 により求めて、周囲の全ての火源の中で受熱流束が最大となる火源を特定する。

### ② 温度上昇

ある時刻  $t$ における、放射および熱気流による着火判定点への入射熱流束は、それぞれの合計として得られ次式で表される。

$$\dot{q}_{OUT}''(t) = \sum \dot{q}_r''(t) + \dot{q}_{c, err}''(t) \quad (式 51)$$

一定の入射熱流束  $\dot{q}_{OUT}''$  を定常的に受けたときのある受熱点の温度応答は、式 52 で近似的に与えられる<sup>3)</sup>。

$$1 / \sqrt{\frac{h^2}{k\rho c} t} = 1.18 \{ \varepsilon \dot{q}_{OUT}'' / h(T_s(t) - T_0) - 1 \} \quad (式 52)$$

$k\rho c$  : 受熱点の熱慣性[kW<sup>2</sup>s/m<sup>4</sup>K<sup>2</sup>]、 $T_0$  : 受熱点の初期温度（本モデルでは外気温度と同一で  $T_0 = T_\infty$  とした）

入射熱流束が時刻により変動する場合、式 52 はそのまま使えないが、入射熱流束を受けて、表面温度が  $\Delta T_s(t - \Delta t)$  まで上昇するのに要する時間として、式 53 に示す等価受熱時間  $t_s$ [s]を導入し、式 52 を変形することで、近似的に式 54、55 により入射熱流束の変化に対応した温度応答と表面温度を求める式とした。

$$t_s = \frac{k\rho c}{\left\{1.18 \cdot \left(\frac{\dot{q}_{OUT}''(t)}{\Delta T_s(t-\Delta t)} - h\right)\right\}^2} \quad (\text{式 } 53)$$

$$\Delta T_s(t) = \frac{1.18 \dot{q}_{OUT}''(t)}{\sqrt{\frac{k\rho c}{t_s + \Delta t} + 1.18h}} \quad (\text{式 } 54)$$

$$T_s(t) = T_0 + \Delta T_s(t) \quad (\text{式 } 55)$$

#### 【記号】

$t$  時刻、 $T$  温度、 $A$  面積、 $W$  重量、 $m$  ガス質量、 $\alpha$  火災成長率、 $HR$  ガス質量当たり発熱量、 $\phi$  酸素消費係数、 $Q$  発熱量、 $\rho$  密度、 $V$  室体積、 $L$  熱分解潜熱、 $\varepsilon$  輻射率、 $\sigma$  ステファンボルツマン定数

#### 【添字記号】

$i, j$  対象室、隣室のサフィックス、 $m$  面材、 $f$  積載可燃物、 $b$  室内燃焼、 $d$  開口部、 $X$  化学種、「 $\cdot$ 」は単位時間当たりを示す。

#### 【参考文献・引用文献】

- 1) 国土交通省：循環型社会および安全な環境形成のための建築・都市基盤整備技術の開発まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発報告書、2003.3
- 2) 樋本、田中：区画間の火災拡大を考慮した建築物燃焼性状予測モデル、日本建築学会環境系論文集第 573 号、2003.11
- 3) 岩見達也、萩原一郎：準耐火建築物の火災性状モデル化の試行、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.165-166、2007.8
- 4) 岩見達也：小規模木造建築物の火災性状モデルに関する基礎的検討、日本火災学会研究発表会概要集、pp.194-195、2008.5
- 5) 岩見達也：建築物の火災時の熱分解速度に関する基礎的検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.29-30、2008.9
- 6) 2001 年版避難安全検証法の解説及び計算例とその解説、2001.3
- 7) 2001 年版耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説、2001.3
- 8) 建設省建築研究所：建築研究報告 No.123 <二層ゾーンの概念に基づく>建物内煙流動予測計算モデル、1989.10
- 9) 大宮喜文、林吉彦、岩見達也：有風下における建物周囲に形成される火炎性状-立方体模型を用いた実験に基づく火災性状モデル-、第 17 回風工学シンポジウム論文集、pp.179~184、2002.12
- 10) 長谷見雄二他：屋根が崩壊した建築物から噴出する火炎性状、日本建築学会関東支部研

究報告集、pp.293～296、1988

11)林吉彦、佐賀武司：有風下の火災気流の温度分布に関する実験的検討、日本建築学会環境系論文集、No.566、pp.25-32、2003

12)土橋常登、田坂茂樹、吉田正友、田中哮義：複数火源の火災気流の曝される受熱点の温度上昇の推定、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.13-14、2000.9

## 2-2 市街地火災映像化技術の開発

防災まちづくりを進めて地域の防災力を高めるためには、現状評価に加え、目標となる防災性能を確保するためにどのような手法が適切であるかの検討を行った上で、適切な計画案を作成し、それを実施していく必要がある。

防災まちづくりの進め方は地域ごとに異なるが、本検討では時間軸で整理し、図 2-2-1 のような流れを想定した。

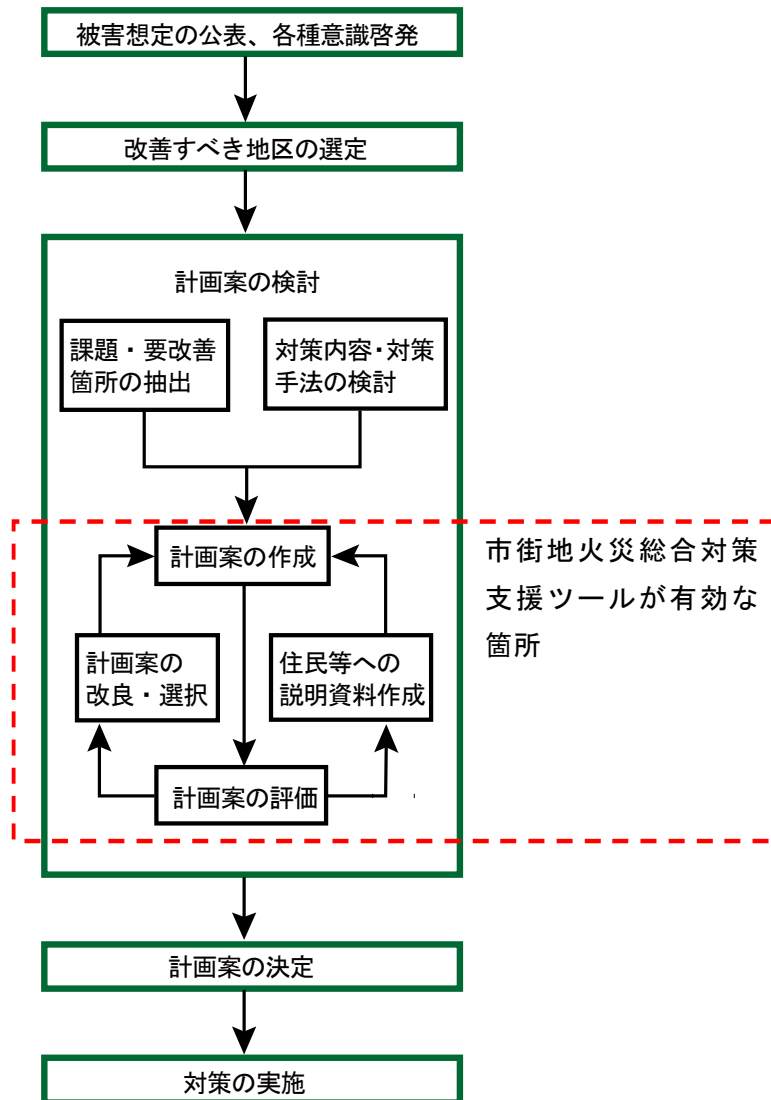


図 2-2-1 防災まちづくりの流れ

都市の防火性能を評価する手法・指標には様々なものがあるが、都市の中で危険な地区を抽出するための手法である不燃領域率、あるいは延焼抵抗率といった指標は、この防災まちづくりの流れでは「被害想定公表、各種意識啓発」あるいは「改善すべき地区の選定」において利用するものである。一方、今回開発する市街地火災総合対策支援ツールは、建物 1



棟ごとのデータをもとに、地区の防火性能を即地的かつ詳細に評価するものであることから、「計画案の検討」における利用が中心となると考えられる。

この「計画案の検討」における具体的な利用シーンを想定すると、以下の状況での利用が考えられる。

- ①地区内における防火上の課題や改善すべき箇所の抽出  
～地区内のどこが、どれだけ危険なのか？ 一番危険な箇所はどこなのか？
- ②地区の防火性能を向上させる様々な対策の検討  
～建築基準法の特例手法を適用する際の条件に関する検討
- ③対策内容の見直し、あるいは対策内容が複数有る場合の優先度の検討  
～効果的な改善方法の検討
- ④地域住民等への説明  
～現状の危険性を説明し、市街地を改善する必要があることを理解してもらう。  
～計画案が適切なものかどうかを住民の目からチェックする。
- ⑤計画案の評価  
～計画案の実現により、目標とする防火性能を確保出来るかをチェックする。

これらの利用シーンにおいて、市街地火災総合対策支援ツールを実際に用いるのは地方公共団体職員、あるいは民間コンサルタントやNPO等が想定される。そのため、出来るだけデータの準備や操作が簡便なことが望ましい。また、防災まちづくりにおいて、地域住民が現状市街地の危険性を実感出来る、自宅や市街地を改善した際の危険性の低減を実感出来る、という点を考慮すれば、評価結果は出来るだけ分かりやすいものである必要がある。これらを考慮しつつ、今回開発する市街地火災総合対策支援ツールにおいて必要な映像化技術について検討した結果、必要な機能として下記のを抽出し、市街地火災総合対策支援ツールに組み入れた。

#### [基本機能]

- ・シミュレーションに必要なデータの準備支援機能
- ・市街地状況の管理・表示機能
- ・防火対策に基づく計画案を作成するためのデータ編集機能
- ・市街地火災シミュレーション条件の設定・管理機能
- ・シミュレーションの実行機能及びシミュレーション結果の読み込み機能

#### [操作性・リアリティ]

- ・航空写真等の読み込みによる市街地イメージの向上 (図 2-2-2)
- ・任意の視点から市街地を表示 (図 2-2-3)
- ・建物や火炎のリアリティを向上 (図 2-2-4、図 2-2-5)
- ・任意の表示領域を設定可能

なお、2-4においてこれらの詳細を述べる。



図 2-2-2 航空写真等との合成による市街地イメージの向上

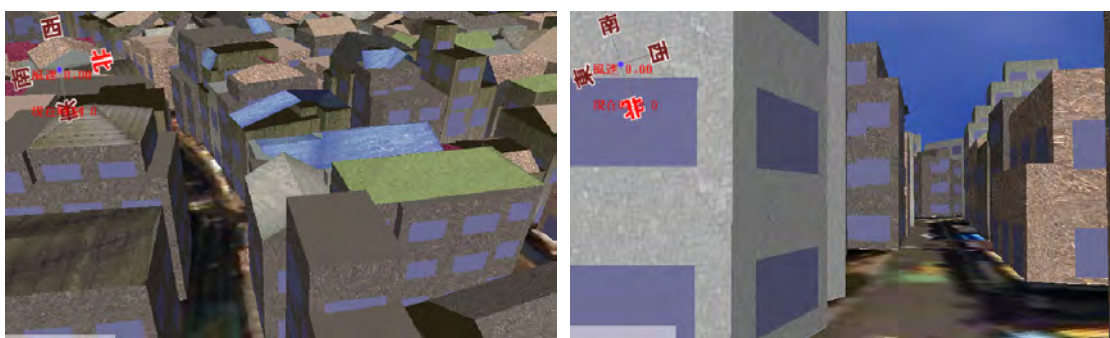


図 2-2-3 任意の視点から市街地を表示

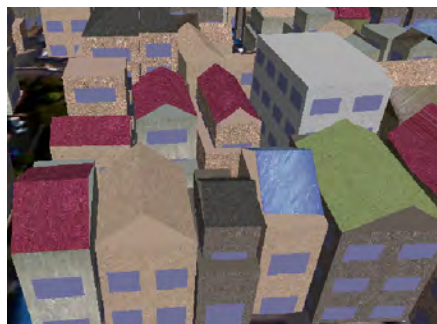


図 2-2-4 建物毎の壁面や屋根等を再現可能

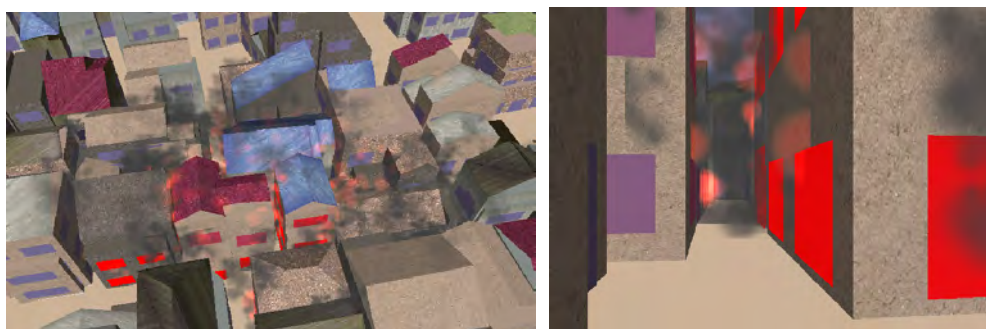


図 2-2-5 炎と煙の再現による市街地火災シミュレーション結果のリアリティ向上

## 2-3 市街地データ・建築物データの管理技術

市街地火災総合対策支援ツールを活用するためには、対象となる地区のデータが必要不可欠である。必要となるデータ数が多くなるとともに、データの準備はシミュレーション活用上の障害と成りかねない。そこで、市街地火災総合対策支援ツールにおいて必要となる市街地データ・建築物データの内容を定義し、それを準備する方法を検討した。また、準備したデータに基づいて市街地火災シミュレーションプログラムを実行し、シミュレーション結果を市街地火災映像化技術を用いて表現するために必要なデータ管理技術についてもあわせて検討を行った。

### 2-3-1 必要なデータの概要

「市街地火災総合対策支援ツール（以下、「ツール）」を用いるためには、まず評価を行いたい市街地のデータを整備する必要がある。準備が必要な主なデータは表 2-3-1 のとおりである。

表 2-3-1 準備が必要なデータ及び任意で準備するデータ

分類	項目名	備考	必須	任意	
建物	形状	位置	座標値	○	
		平面形状	各階ごと	○	
	属性	防火性能	建物の防火上の構造	○	
		階数			○
		床高さ	各階ごと		○
		部屋割り	いわゆる間取り。押入れなども含む。		○
		内装材の種類	可燃、難燃、準不燃など。		○
		躯体材料	木造、S造、RC造/SCR造など		○
		開口部の形状・材質	開口部とは戸、窓などのこと。		○
		付属面の形状・材質	付属面とは屋根、バルコニーなどのこと。		○
		木造・非木造の種別	木造か非木造の区分。		○
用途種別	建物の主たる用途を指定。		○		
道路	形状	ノード位置	座標値		○
		リンク形状	補完点数、端点及び補完点座標値		○
	属性	幅員	幅員		○
背景	標高データ	国土地理院の数値地図 5m メッシュなどを取り込むと、市街地の起伏を考慮したシミュレーション及び表示が可能となる。		○	
	背景画像データ	航空写真などを取り込むと、表示上のリアリティが向上する。		○	

表 2-3-1 中で、「必須」欄に「○」で示されたデータは、ツールを使うためにユーザが必ず用意する必要があるものである。また、「任意」欄に「○」で示されたデータは、ツールを使う上では必要となるが、「必須」データをもとにツールを用いて自動的に生成すること

が可能となるため、必ずしもユーザが準備しなくても良いものである。ただし、「任意」データを現実の市街地、あるいは計画案が実現した市街地での状態でユーザが独自に準備すれば、自動生成よりも現実に近い条件を与えることができ、シミュレーション結果の精度を高めることが可能となる。

### 2-3-2 データの入手先

表 2-3-1 で示した市街地火災総合対策支援ツールに必要なデータの入手先を示したものが表 2-3-2 である。表中で○のものは十分なデータが入手できるもの、△のものはデータの一部あるいや制約付きのデータが入手できるものである。

表 2-3-2 データの入手先一覧

分類	項目名	準備の区分		データの入手先											
		必須	任意	DM	住宅	数値	建築	固定	都市	住宅	基盤	DR	DE	航空	
				データ	地区	地図	確認	資産	計画	・土	地図	M	M	写真	
建物	形状	位置	○		○	○	○	△	△	△	△	○			
		平面形状	○		○	○	○					○			
	属性	防火性能	○		△			△	△	△	△				
		階数		○	△	△		○	△						
		床高さ		○				○							
		部屋割り		○				○	△						
		内装材の種類		○				○							
		躯体材料		○				○	○	△	△				
		開口部の形状・材質		○				○							
		付属面の形状・材質		○				○							
		木造・非木造の種別		○	△			○	○	○	○				
		用途種別		○		△		○	○	○					
道路	形状	ノード位置		○								○			
		リンク形状		○								○			
	属性	幅員		○								△			
背景	標高データ		○										○		
	背景画像データ		○											○	

これらのデータ入手先の詳細は下記のとおりである。

### ○ODM データファイル

DM データファイルを所有する自治体においては、整備の状況によるものの、建物の「位置および平面形状」を取得することが可能である。また、細線で記載されたものは普通建物（3階未満の建物及び3階以上の木造等で建築された建物）、太線で記載されたものは堅牢建物（鉄筋コンクリート等で建築された3階以上、または3階相当以上の高さの建物）、というように建物の構造や階数を多少推測することが可能である。

### ○住宅地図

冊子になって販売されているもの、GIS用のデータとしてデジタル形式で販売されているものがある。

建物の「位置および平面形状」を取得することが可能だが、冊子版を使う場合、紙面の情報をもとにGIS用のデータを作成する必要がある。建物ごとに表札が掲載されているため、建物用途を推測することがある程度可能である。また、集合住宅等では別記表示という形で表札データが掲載されている建物に関しては階数を推測することも可能である。

なお、冊子版は比較的廉価だが、GIS用のデータは冊子版に比べて非常に高価である。

### ○数値地図 2500(空間データ基盤)

このデータからは、公共構造物等の主要な建物の「位置および形状」を取得することができる。

### ○建築確認申請書(建築計画概要書、設計図書)

建築確認を受ける際に提出する書類であり、建築計画概要書には階数や構造等が、設計図書には各階平面図等が含まれているため、建物の詳細な情報を取得することが可能。これらの情報を用いれば、より現実に近い建物データを準備することが可能となるが、古い建物については書類が保存されていない場合がある。

### ○固定資産課税台帳(家屋課税台帳)

固定資産課税台帳のひとつである家屋課税台帳からは、構造、建築用途、建築年次、階数といったデータを取得することが可能である。建物の防火性能については一般に記載されていないため、構造（木造、SRC造、RC造、S造、軽量鉄骨造、煉瓦造、コンクリートブロック造、石造のように分類されている）や他の属性を踏まえて、防火上の構造に変換する必要がある。また、地方公共団体によっては階数を記載していない場合

もある

データを利用するにあたっては、課税部局と十分な調整をするとともに、審査会等で利用許可を得る必要がある場合がある。また、個人情報のため、利用できる場合であっても取り扱いに十分注意する必要がある。

データは毎年更新されているため、比較的最新の情報が得られる。ただし、公共建築物等の非課税建築物は、固定資産課税台帳に掲載されていないため、これらの建物については別途情報を取得する必要がある。

### ○都市計画基礎調査

都市計画基礎調査では、建築物の用途、構造等が調査されるため、個票データを活用することができれば、固定資産課税台帳並みのデータを取得することができる。

ただし、都市計画基礎調査は概ね5年ごとに行われるため、必ずしも最新のデータを取得できるわけではない。また、建物の防火性能については多くの場合調査されておらず、構造（木造、RC造といった分類が多い）と他の属性を踏まえて、防火上の構造に変換する必要がある。

### ○住宅・土地統計調査

住宅・土地統計調査は標本調査となっており、また基本的に集計データとして公開されているため、個々の建物の属性を取得することはできない。そのため、個々の建物に関する情報が取得できない場合に、概ねの傾向としての情報として活用することが考えられる。

### ○基盤地図情報

地理空間情報活用推進基本法にもとづいて、国、地方公共団体が整備を進めている電子地図であり、建築物の外周線や道路縁等のデータをGISで利用可能である。縮尺レベル2500以上と縮尺レベル25000以上のものがあるが、市街地火災総合対策支援ツールではデータの精度を勘案して縮尺レベル2500を利用した方が良い。なお、これらは国土地理院のホームページからダウンロード可能である。

### ○ODRM(デジタル道路地図)

道路ネットワークデータであり、道路ごとの幅員等、様々なデータが網羅されている。基本的には有料での入手となる。

### ○DEM

地表面の標高点データのことであり、基盤地図情報の一つとして整備が進められている。基盤地図情報同様に縮尺レベルは2500以上と25000以上があり、前者であれば

5m メッシュ、後者であれば 10m メッシュでのデータを国土地理院のホームページから入手できる。

### ○航空写真・衛星写真

様々な航空写真、あるいは衛星写真が市販されている。また、地方公共団体でも独自に撮影した写真を持っている場合があるので、それらを活用することが考えられる。

## 2-3-3 データの作成方法

### (1) 建物データの作成方法

建物の平面形状は、正しい位置、方向で GIS 上にいったん整備する必要がある。この時、建物の平面形状はポリゴンで作成する必要がある。画面上ではポリゴンのように見えても、実際にはいくつかのラインから構成されているものは使用できない。

市街地火災総合対策支援ツールでは座標系として平面直角座標系を用いているため、GIS 上で建物データを作成する際にも座標系として平面直角座標系を用いることが望ましい。

GIS 上のデータを市街地火災総合対策ツールに取り込むためには、ユーザが独自にプログラムを作成してシミュレーション用のデータフォーマットに変換する方法と、GIS 上で Shape 形式にエクスポートする方法がある。緯度・経度系等その他の座標系で作成された GIS データの場合は、Shape 形式へのエクスポート前に平面直角座標系に変換する必要がある。

市街地火災総合対策支援ツールに建物形状をインポートした後は、インポートした建物平面形状や建物属性をもとに、建物内部データを自動生成する。詳細な建物仕様が分かる場合は、市街地火災総合対策支援ツール内でデータを修正することが可能である。

なお、ラスター形式の地図、あるいは紙地図しか保有していない場合は、GIS 上で建物形状をトレースする、あるいは市販のベクター変換ツールを使って、ベクトル形式のデータを作成する必要がある。

### (2) 道路データの作成方法

GIS 上の道路データを市街地火災総合対策ツールに取り込むためには、ユーザが独自にプログラムを作成して市街地火災総合対策支援ツール用のデータフォーマットに変換して、インポートを行う。道路データを用いることで、道路幅員に対応して建物形状を一括して編集して、道路空間内あるいは道路斜線制限空間内にある建物の部分を削る機能を活用することが可能となる。

### (3) 背景データの作成方法

背景データは、標高データと背景画像データとに大別される。

標高データに関しては、市街地が平坦な場合には標高差を気にする必要はないため不要で

あるが、傾斜地等で評価する場合は、標高差を考慮した方がより正確な評価となる。市街地火災総合対策支援ツールには、国土地理院が配布している基盤地図情報の数値標高モデル 5m メッシュデータを取り込んで建物データの鉛直方向の座標値を自動的に与える機能を実装している。そのため、標高データを取り込めば、建物が建っている箇所の地表面高さの調整が可能となる。

背景画像データに関しては、シミュレーション結果には影響しないものの、シミュレーション結果の可視化に際してよりリアルな表現が可能となるため、必要に応じて利用するものである。市街地火災総合対策支援ツールに背景画像データを取り込むためには、ワールドファイルを持つ航空写真や衛星写真等のデジタル画像データをユーザが用意すれば利用可能である。

#### 2-3-4 建物属性等の取得方法

市街地火災総合対策支援ツールを用いて市街地防火性能を評価する場合、最も評価結果を左右する建物の防火上の構造分類が必要である。一般的には建物の防火性能を把握している場合は少ないと考えられるが、建築基準法上規定される最低限の防火性能を有しているとなすことで、防火地域・準防火地域の指定状況や建物の規模（延べ床面積や階数）などの比較的入手が容易な他の属性から、防火上の構造分類をある程度推定することが可能である。ただし、推定に基づく防火上の構造分類は市街地の実態に応じて適宜修正することが望ましい。特に、建築基準法上の既存不適格建築物については、以下の分類に適合しないものが多いと推定されることから特に注意を要する。

建物の防火上の構造分類を推定するにあたり、推定に用いる属性によってどのような変換が可能かについて検討した結果を以下に例示する。

なお、防火上の構造分類は下記の 5 分類を想定している。

- ・耐火造       ：耐火建築物相当の建築物
- ・準耐火造     ：準耐火建築物相当の建築物
- ・防火造       ：外壁、開口部、屋根に一定の防火性能を有している建築物（準防火地域内に建築できる木造建築物相当）
- ・準防火造     ：外壁及び屋根に一定の防火性能を有している建築物（建築基準法第 22 条により指定される地域に建築できる木造建築物相当）
- ・裸木造       ：上記のいずれにも該当しない建築物

##### (1) 防火地域の指定状況及び主要構造が分かる場合の防火性能の推定例

防火地域指定および主要構造がわかる場合は、表 2-3-3 のように推定が可能である。



表 2-3-3 防火地域指定の状況と主要構造が分かる場合

防火地域 主要構造	防火地域	準防火地域	22 条地域	その他
SRC 造	耐火造	耐火造	耐火造	耐火造
RC 造				
S 造				
コンクリートブロック造				
煉瓦造				
石造				
軽量 S 造	耐火造	準耐火造	準耐火造	準耐火造
木造	耐火造	防火造	準防火造	裸木造
その他	耐火造	防火造	準防火造	裸木造

(2) 防火地域の指定状況、階数、延べ面積が分かる場合の防火性能の推定例

防火地域指定、階数、延べ面積が分かる場合は、表 2-3-4 のように推定が可能である。

なお、主要構造が分かる場合には、表 2-3-3 を併せて用いて、より防火性能の高い方を選択することができる。

表 2-3-4 防火地域指定、階数、延べ面積が分かる場合

防火地域 階数・延べ面積		防火地域	準防火地域	22 条地域	その他
階数4以上又は 3,000m <sup>2</sup> を超える		耐火造	耐火造	耐火造	耐火造
3	500m <sup>2</sup> 以下	耐火造	準耐火造	準防火造	裸木造
	500m <sup>2</sup> を超えて 1,500m <sup>2</sup> 以下	耐火造	準耐火造	準防火造	裸木造
	1,500m <sup>2</sup> を超えて 3,000m <sup>2</sup> 以下	耐火造	耐火造	準防火造	裸木造
2以下	100m <sup>2</sup> 以下	準耐火造	防火造	準防火造	裸木造
	100m <sup>2</sup> を超えて、500m <sup>2</sup> 以下	耐火造	防火造	準防火造	裸木造
	500m <sup>2</sup> を超えて 1,500m <sup>2</sup> 以下	耐火造	準耐火造	準防火造	裸木造
	1,500m <sup>2</sup> を超えて 3,000m <sup>2</sup> 以下	耐火造	耐火造	準防火造	裸木造

### (3) その他の建物属性の取得方法

必要な建物属性のうち、若干考慮すべきことがあるものについては下記のとおりである。

#### ○床高さ

市街地火災総合対策支援ツールには、国土地理院が配布している基盤地図情報の数値標高モデル 5m メッシュデータを取り込むことによって、建物データの鉛直方向の座標値を自動的に与える機能を有している。この機能を活用すれば、データ作成時に際し、「床高さ」を意識する必要がない上、一括した設定を行うことが可能である。

#### ○部屋割り・内装材の種類

「部屋割り」および「内装材の種類」は、建物の内部データにあたるもので、非常に精密なデータであり、建築確認申請書程度のデータソースでない限り、取得することは難しい。整備する建物数が多くなり、かつ建物内部レベルに至る精密なシミュレーションを必要としない場合は、市街地火災総合対策支援ツールの建物形状データ生成機能を利用することで、部屋割りを自動作成することが可能である。

#### ○開口部の形状・材質

「開口部の形状・材質」は、建築確認申請書から調べるか、現地調査を行わないと取得することは難しい。シミュレーション範囲が広くない場合は現地調査も可能だが、広範囲にわたるシミュレーションを行う場合は、全ての建物を現地調査することは困難である。この場合は、市街地火災総合対策支援ツールで開口部を自動生成することによって取得するのが現実的である。なお、自動生成機能では、隣接する建物との隣棟間隔に応じて壁面の開口率を設定することが可能であるが、位置の指定は出来ない。なお、自動生成後も手動で開口部の位置や形状を変更出来る。

#### ○付属面の形状・材質

「付属面の形状・材質」は、シミュレーションによる評価そのものには影響せず、建物データを可視化した場合のリアリティさを向上させるものである。そのため、必ずしも準備する必要はないが、住民説明等にシミュレーション結果を見せる場合などリアリティを必要とする場合は、屋根等の付属面を付与するとともに、現実の建物に似た材質の画像ファイルを用意することになる。

## 2-4 市街地火災総合対策支援ツールへの統合

ここでは、前節までの検討結果・技術開発を踏まえて行った、高度な市街地火災シミュレーション技術、市街地火災映像化技術、市街地データ・建築物データの管理技術を統合した市街地火災総合対策支援ツールの機能について記述する。

### 2-4-1 全体構成

市街地火災総合対策支援ツール起動後の画面が図 2-4-1 である。建物等の地図を表示するマップウィンドウ、現在表示している箇所を示す全体マップ、建物の属性を表示するプロパティウィンドウ、表示箇所の変更や視点変更等を行うビューコントローラ、市街地火災シミュレーション結果を制御するタイムコントローラから構成される。

視点変更等に関しては、ビューコントローラ上のボタン操作に加え、マウスクリックによる制御、パッドによる制御も可能とした。

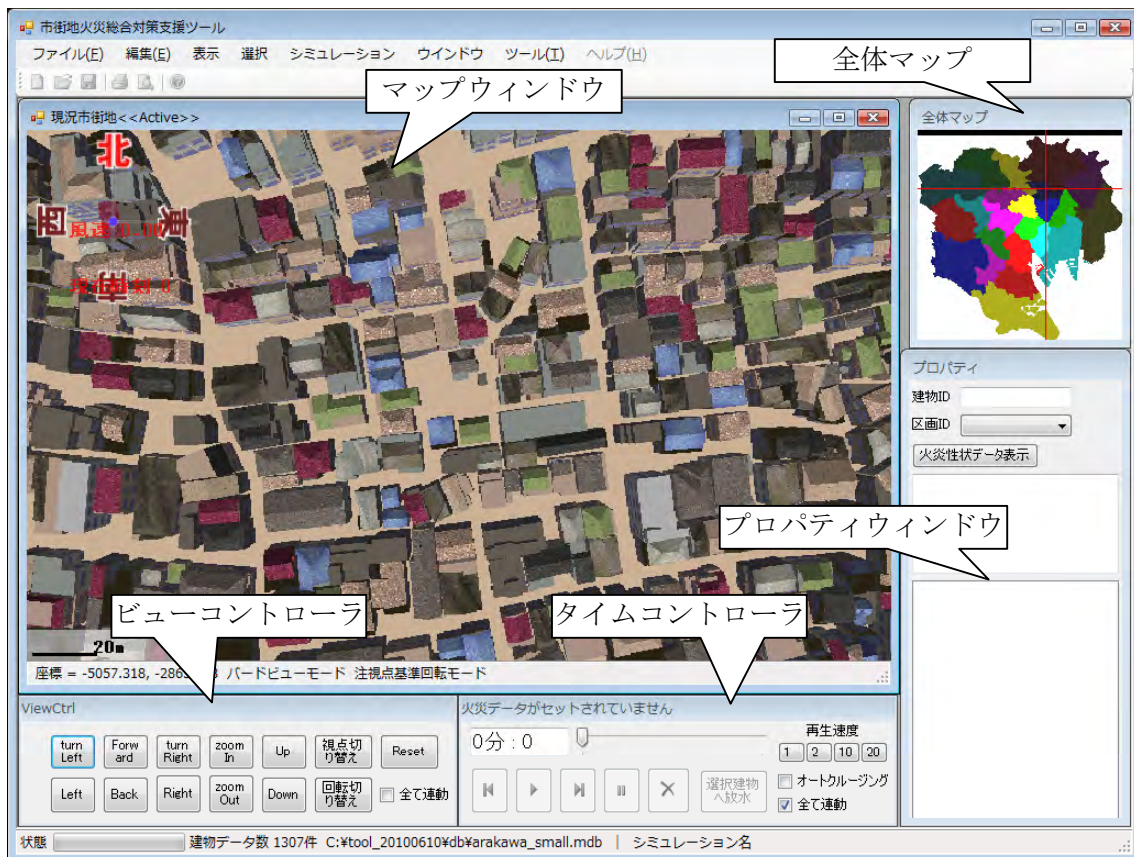


図 2-4-1 画面構成

### 2-4-2 シミュレーションに必要なデータのインポート機能

地方公共団体がこの市街地火災総合対策支援ツールを用いて市街地防火性能を評価する際に、必要なデータをインポートすることが必要である。建物データに関しては、市街地火

災総合対策支援ツールでは MDB 形式のデータベースを利用するが、このデータベースに既存の建物データをインポートする機能として 2 つの機能、さらに道路データのインポート機能を備えた。

#### (1) シェープファイルインポート機能

地方公共団体が独自に運用している GIS データの建物形状及び建物属性（建物構造等）を容易に活用可能とするため、GIS データの交換フォーマットとして広く利用されているシェープファイルのインポート機能を実装した。

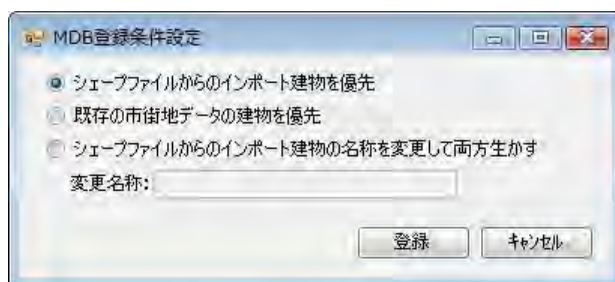


図 2-4-2 シェープファイルのインポート画面

#### (2) CSV ファイルインポート機能

市街地火災総合対策支援ツールを用いて高度な市街地火災シミュレーションを行う際には、前述した MDB 形式のデータベースを、高度な市街地火災シミュレーション用のデータ形式に内部的に変換している。この内部的に変換しているフォーマットと同様な形式をインポートする機能を実装した。



図 2-4-3 CSV ファイルのインポート画面

#### (3) 道路データファイルインポート機能

道路データをインポートすると、市街地火災総合対策支援ツールを用いて道路に面した建物の形状を一括で編集することが可能となる。市街地火災総合対策支援ツール用のデータ形

式にあわせたノードデータ及びリンクデータをインポートする機能を実装した。



図 2-4-4 道路データファイルのインポート画面

### 2-4-3 市街地状況の管理・表示機能

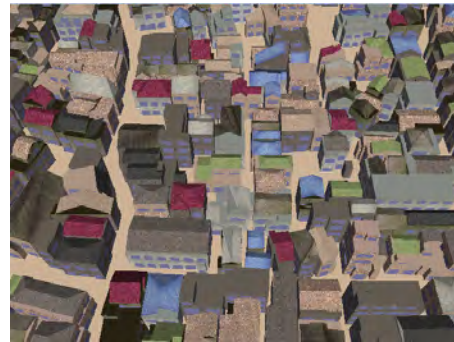
#### (1) 市街地データ、シミュレーション結果データの表示機能

市街地の状況を住民等に分かりやすく説明するために、3次元の映像として建物等を立体的に表示することとした。さらに、延焼状況等を報告書等で示すためなどのために、2次元表示する機能も実装した。

表示方法としては、「簡易」及び「リアルモード」の2種を設けた。簡易モードでは市街地の状況・火災の状況を分かり易く表示する主題表示（防火上の構造種別、建物用途種別、被災種別、さらに市街地火災シミュレーション実行後の出火（着火）時刻別の表示）を行い、リアルモードでは建物のテクスチャや火炎・煙等の表現を現実に近い表現を行うものとした。また、表示する内容をユーザが任意に設定できる機能も実装した。



(a) 2次元表示の例



(b) 3次元表示の例

図 2-4-5 2次元表示・3次元表示の切り替え

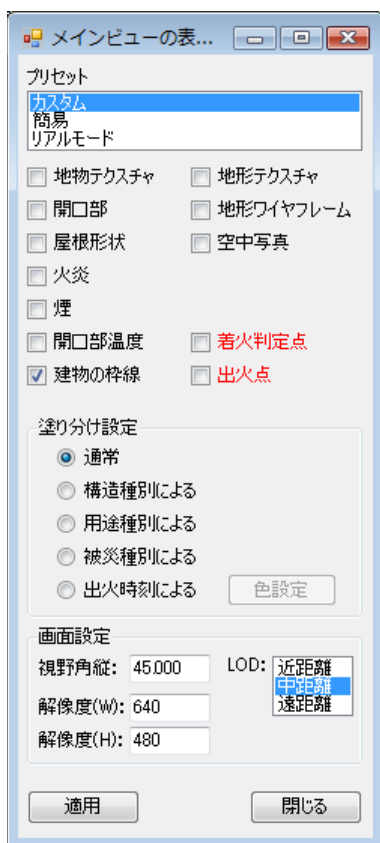


図 2-4-6 表示の切り替え  
 選択画面

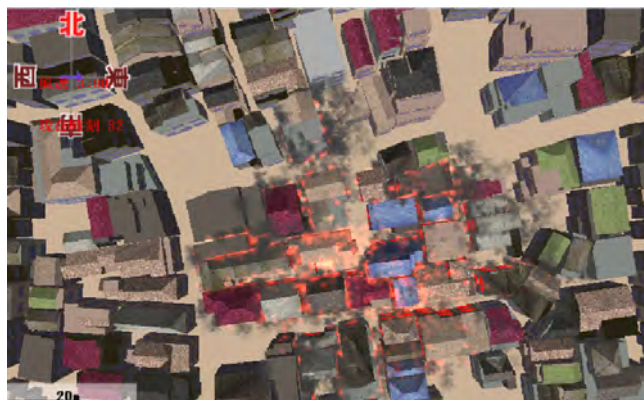


図 2-4-7 市街地火災シミュレーション結果の表示  
 (リアルモード)



図 2-4-8 市街地火災シミュレーション  
 結果の表示 (簡易モード・燃烧建物表示)

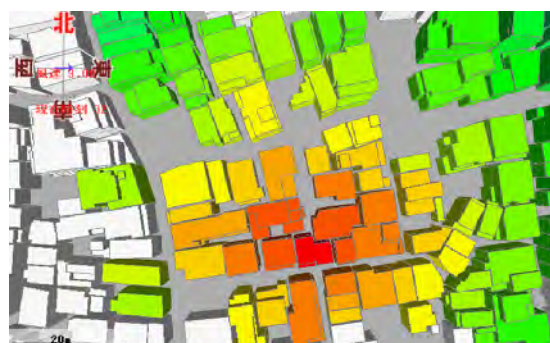


図 2-4-9 市街地火災シミュレーション  
 結果の表示 (簡易モード・出火時刻別表示)

また、マップウィンドウを複数開くことで、異なる表示方法や、異なる視点からの映像を同時に並べて確認可能とした。

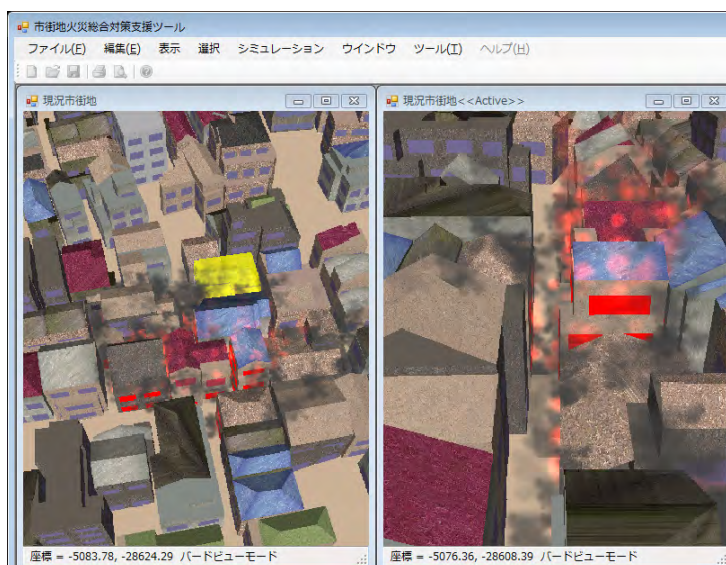


図 2-4-10 複数マップウィンドウの使用例（同一箇所を異なる視点から表示）

## (2) 市街地データ、シミュレーション結果データの管理機能

市街地の防火性能を評価し、改善案を作成する過程において、多数の市街地改善案が比較検討されることを考慮して、ユーザが任意の市街地データを切り替えることができる市街地データの履歴管理機能を実装した。

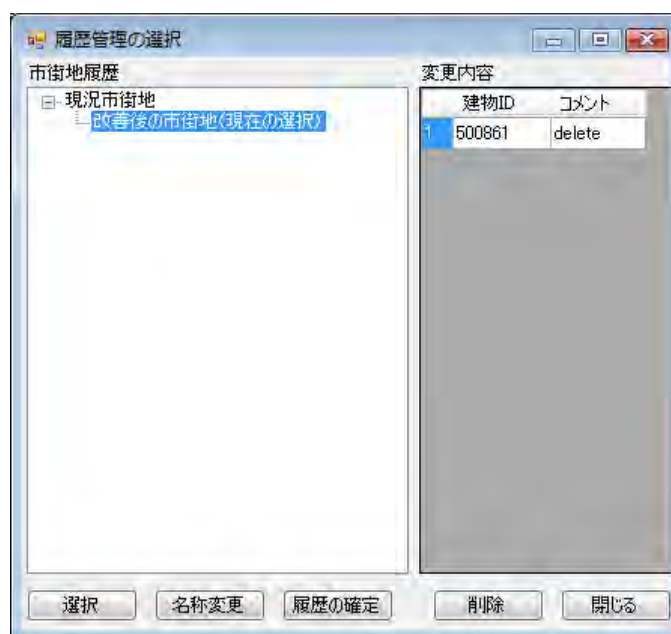
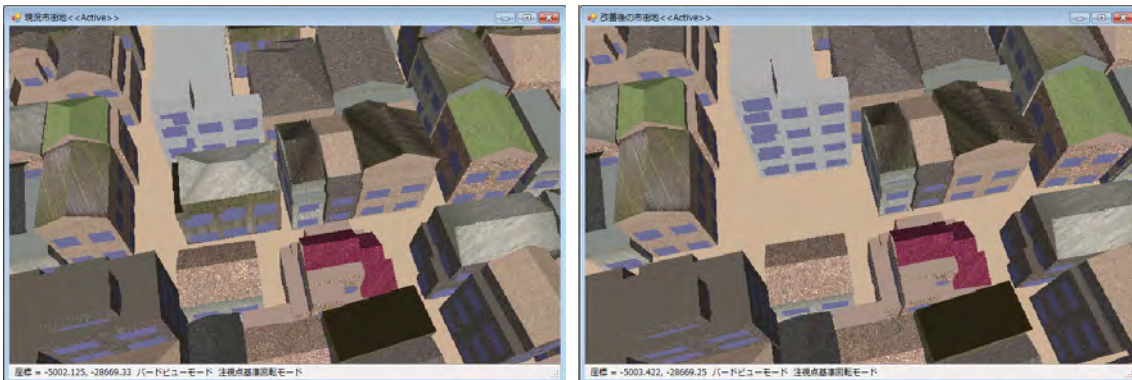


図 2-4-11 市街地データの管理画面



(a) 現況市街地の表示例

(b) 改善案の表示例

図 2-4-12 市街地データの切り替え例

## 2-4-4 防火対策に基づく計画案を作成するためのデータ編集機能

### (1) 個別建物編集機能

マップウィンドウ上の建物を選択し、建物の位置・形状や開口部位置、部屋割り、及び各部材の防火性能等のデータを編集するための機能を備えた。この機能により、ユーザは任意の建物の編集が可能であり、複数の建物を編集すれば、計画案も作成可能となる。

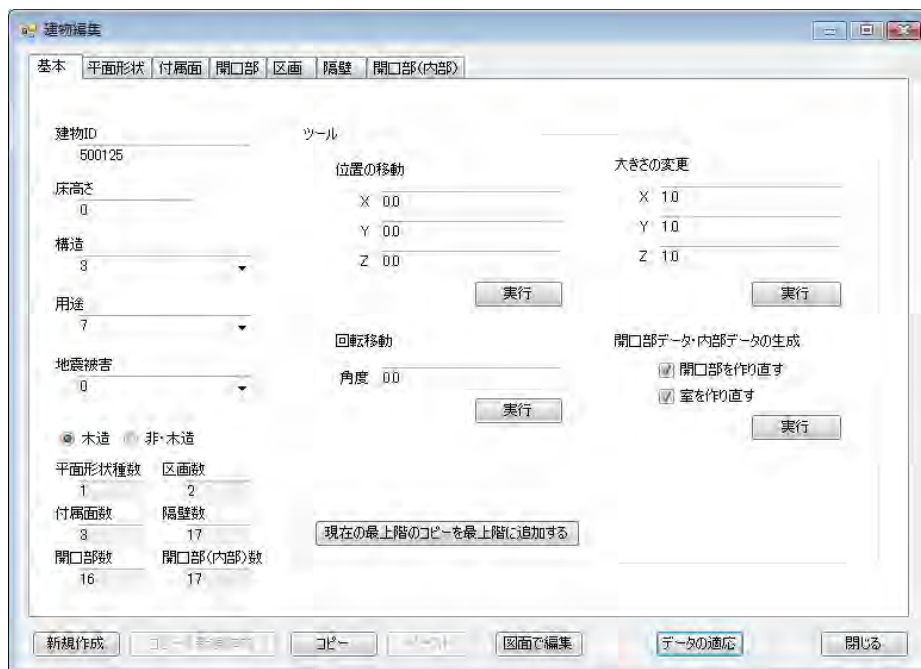
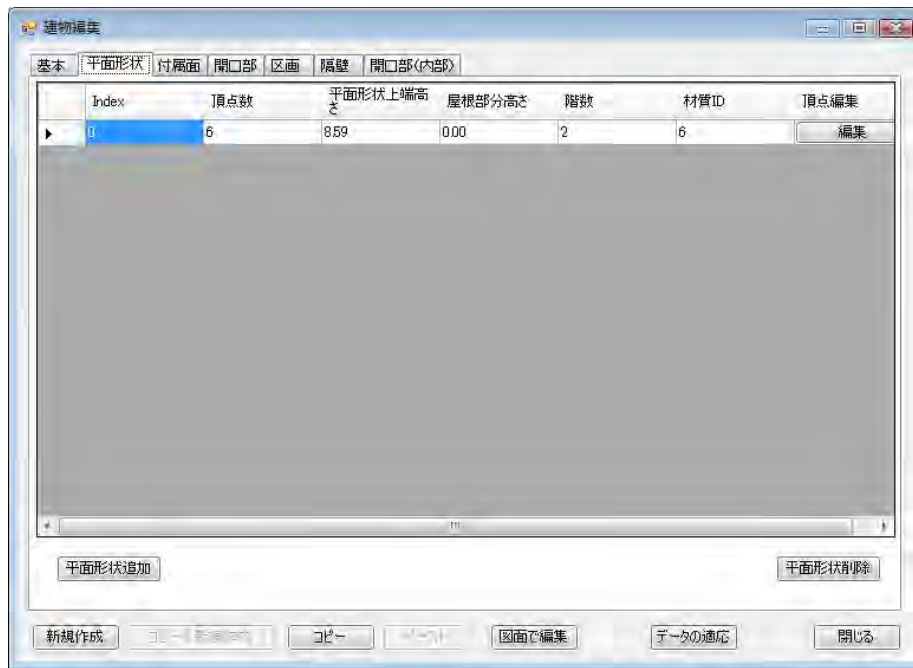
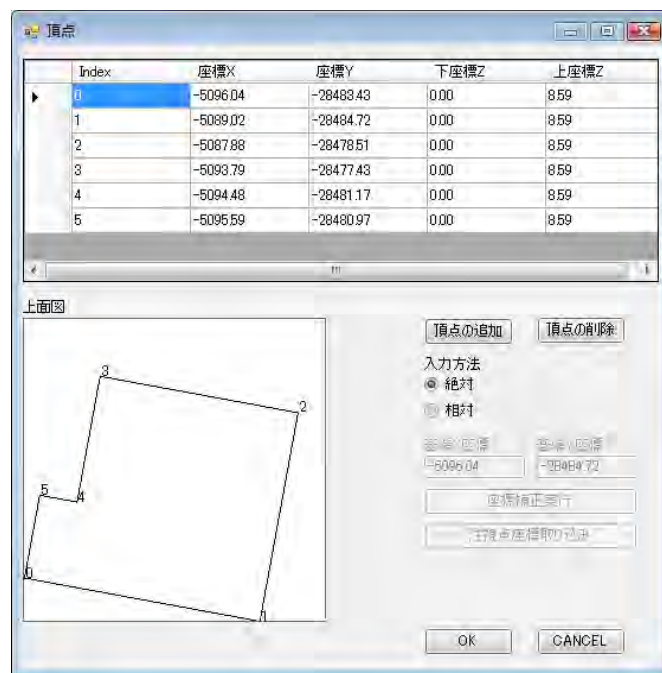


図 2-4-13 建物編集画面





(a) 平面形状の選択画面



(b) 平面形状の頂点編集画面

図 2-4-14 建物平面編集画面

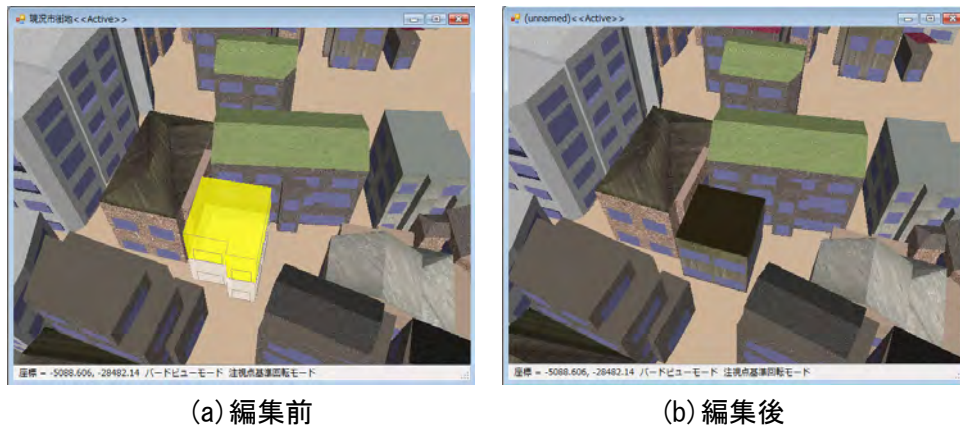


図 2-4-15 建物編集の例

(2) 計画案作成支援機能

個別の建物データを一つ一つ編集することは上記機能により可能であるが、市街地の改善案を検討する場合には、ある領域の全ての建物に対して、あるいは、ある道路区間の全ての沿道建物に対して、同様の変更（構造制限の強化や斜線制限の適用除外等に伴う建物形状や建物属性の変更）を適用する場合は想定される。このような一括処理を支援するためのデータ編集支援機能を備えた。

なお、道路に面した建物に対しては、下記2つの自動一括処理機能を備えた。

- ①道路空間内に建物をはみ出して建築されないことを想定して、道路空間内又は仮想的に道路幅を行った際の空間内にかかる建物の部分を自動的に一括して後退させる機能
- ②通常、建物は建築基準法に基づく道路斜線制限により、建物形状が制約されることが一般的であることから、道路データをもとに、道路斜線制限を受ける範囲の建物壁面を自動的に一括して後退させる機能

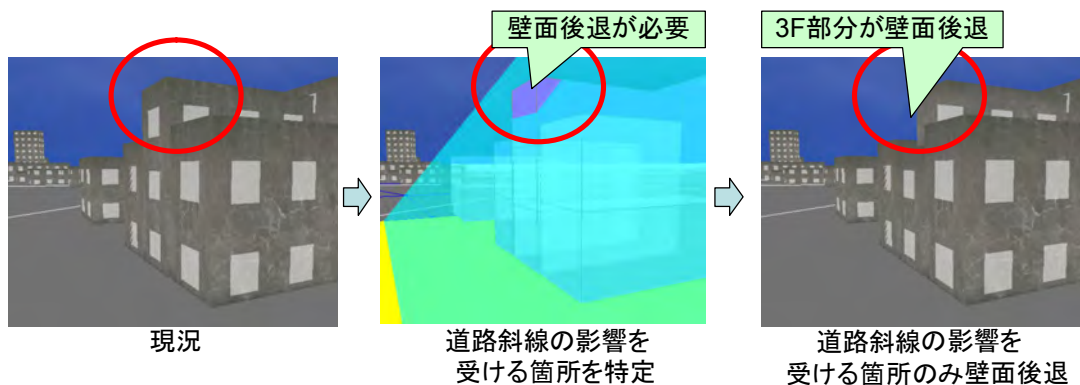


図 2-4-16 道路斜線の影響を受ける範囲の壁面後退機能

2-4-5 市街地火災シミュレーション条件の設定・実行・管理機能

市街地火災シミュレーション条件を設定する画面を用意した。出火点については出火時刻

の異なる複数の建物（区画）を選択できるようにしたほか、気象条件である風速・風向については、シミュレーション終了時間までの間で風速・風向を変化させることができるよう入力画面を用意した。さらに、シミュレーション結果は建物数や計算終了時刻によっては大きなファイルサイズになることもあることから、出力結果を簡易、標準、詳細から選べるようにしたほか、任意の出力項目を設定できるようにした。また、防災まちづくりの現場では、計画案をその場で作成し、シミュレーションを実行する場合もありえることから、いったんシミュレーション終了後にシミュレーション結果を表示することが可能な「計算後ファイル出力」モードに加え、即座に計算を始める「リアルタイム」モードを用意した。市街地火災シミュレーションを実行し、その結果を見込んで表示する機能を備えた。

この「リアルタイム」モードは、シミュレーション計算の実行途中において、ユーザの何らかの行動を取り込めるよう、シミュレーションの一時停止機能を用意するとともに、一時停止後、ユーザの操作を受け付けた上で、再度シミュレーションを再開できるような機能を有することとした。この機能により、任意の地点の温度や受熱量をユーザ操作により計測することが可能となるほか、将来的には計算中に燃焼中の建物に放水する、等の利用が可能となる。

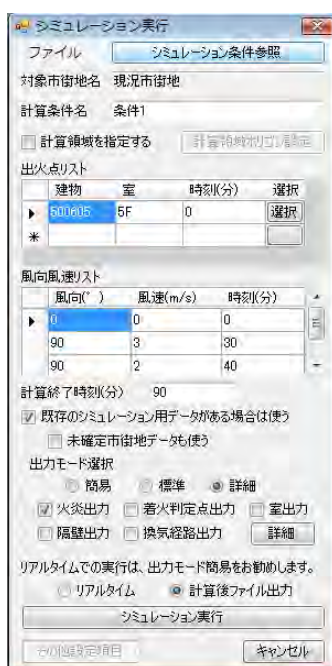


図 2-4-17 シミュレーション条件設定画面

また、過去に行ったシミュレーション結果を再利用する場合のために、過去のシミュレーション結果から計算条件を取得する機能を備えた。一方、目的によっては、全ての建物を対象とせず、ある範囲に限定してシミュレーションを行った方が良い場合もある。そこで、シミュレーション範囲を限定する機能を設けた。



図 2-4-18 過去のシミュレーション条件呼び出し画面

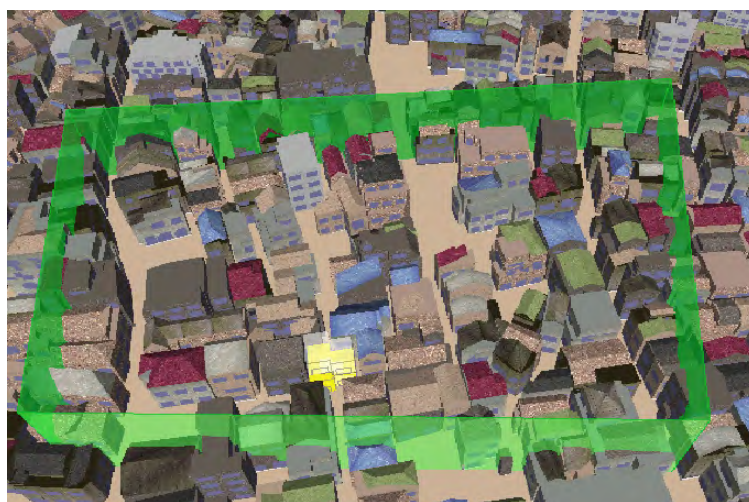


図 2-4-19 シミュレーション範囲の設定画面

### 3. 想定される市街地火災総合対策支援ツールの活用例

市街地火災総合対策支援ツールは、地区レベルから街区・建築レベルで、防災まちづくりの局面と課題に応じた様々な活用が期待できる。ここでは、防災まちづくりのプロセスの各局面における活用と地域課題に応じた活用として想定されるものを記す。

#### 3-1 防災まちづくりのプロセスにおける活用場面の想定

防災まちづくりの事業・制度手法には先述のように様々なものがあり、どのような手法を活用するかによって具体的なプロセスは異なる。ただし、防災まちづくりの推進と事業実施、規制・誘導手法の活用に関する住民との協議・合意形成は不可欠であり、その協議・合意形成のプロセスという視点からは、どのような手法を活用するかに関わらず、大きく初動段階、構想・計画段階、実施段階の3つの段階に分けて考えることができる。

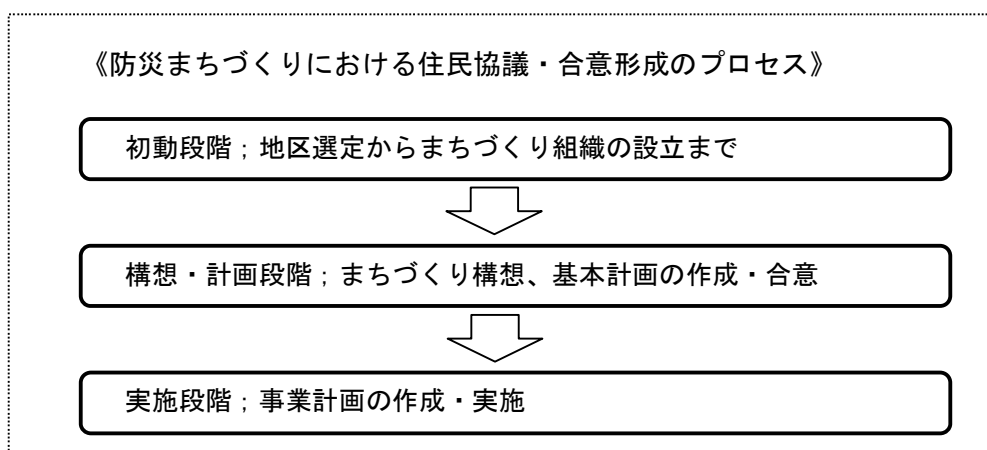


図 3-1-1 防災まちづくりにおける住民協議・合意形成のプロセス

##### (1) 初動段階：地区選定からまちづくり組織の設立まで

市街地状況等の調査に基づいて重点整備が求められる地区と課題を抽出し、関係住民に呼びかけてまちづくりの協議・推進体制を整備する段階であり、地区の問題点や危険性、防災まちづくりの必要性などについての理解と認識の共有化を図ることが主な課題である。

- ・市街地火災総合対策支援ツールの3次元によるリアルな火災状況の表現を活かし、まちづくり組織の設立に向けて防災まちづくりの必要性や考え方を説明するための住民意識啓発ツールとしての積極的な活用が期待できる。
- ・建物構造による、燃え方、燃え移り方の違いの説明
- ・道路拡幅や広場整備、建物の不燃化等による効果の具体的な説明

(2) 構想・計画段階：まちづくり構想、基本計画の作成・合意

行政と住民との協議により、まちづくり課題に対する共通理解を図り、まちづくりの目標や将来構想と事業化に向けた基本計画をまとめる段階であり、行政や住民間で異なる様々な目的・意向を円滑に調整し、ひとつの目標像にまとめ上げることが主な課題となる。

- ・地区全体の構想・計画の検討・協議にあたり、道路拡幅や沿道不燃化が必要な（あるいは効果的な）路線の抽出や具体の道路幅員、建物の位置、ボリューム、構造などの検討・評価に活用することが考えられる。
- ・住民の意向に基づく様々な整備手法、規制・誘導手法、具体の計画案の比較検討を重ねつつ、防災の観点から地区の適正な将来像と実現化手法を絞り込むような使い方が考えられる。
- ・概略的な計画案がまとまった段階で、個別の地区施設の仕様や建替え時の基準などを検討する際に特に効果的であると考えられる。
  - ～地区計画における地区施設の仕様や各種基準の具体的な検討
  - ～密集事業等の導入に向けた整備計画・事業戦略の検討

(3) 実施段階：事業計画の作成・実施

道路整備や共同建替など個別の計画・事業を実施する段階で、権利調整など関係住民間で具体的な協議・合意の積み重ねによって事業を円滑に推進することが主な課題となる。

- ・関係権利者による道路拡幅と沿道の街並み形成や、各種建替えの具体的なプランの検討時における活用がもっとも期待される。特に、道路拡幅が困難な際の基準緩和等の妥当性を防災面から評価する際に有効である。
- ・また、本ツールの分秒刻みの延焼動態の表現機能を用いて、公園用地取得の判断を行う際に、その用地取得により延焼経路をどのように変えられるか、近隣住民の円滑な避難の時間とスペースを確保し得るかなど、用地取得の妥当性や効果を確認するなど、事業効果の検証ツールとしての活用も考えられる。
- ・建替えられた建物のデータを逐次更新し、経年的な市街地防災性能の変化を把握し、事業の推進状況の管理ツールとして、あるいは地区住民の協力意欲を高めるための啓発ツールとして活用することも考えられる。経年データは新たな建替えを支援する際に最新かつ正確な情報の提供と評価を行うためにも有効である。
  - ～個別建替えや共同建替えにおける防災に配慮したプランの検討
  - ～狭小敷地などにおける集団規定の適用の妥当性や適用基準の評価
  - ～用地取得の妥当性や効果の確認
  - ～経年的な市街地防災性能の変化の把握

### 3-2 地域課題に応じた活用場面

防災まちづくりの一般的な流れとは別に、地域固有の事情に応じた防災まちづくりのアイデアの検討・評価が必要になる場面も想定される。ここでは、その地域課題に応じた防災まちづくりにおける活用場面の具体例を2つ紹介する。

#### (1) 斜面地の防災まちづくりにおける独自の防火規制の検討

斜面地の市街地では、火災は斜面の下から上に向けて平地とは異なる燃え広がり方を示すものと考えられる。従って、建物の防火規制についても平地とは異なる考え方が必要となる可能性があるが、これまでは斜面地であることに配慮した防火性能の評価は行いにくかった。

本ツールは、地形情報や地盤高の情報を入力することで斜面地を想定したデータの作成が可能であることから、斜面地の延焼動態の特性を踏まえた独自の防火規制を検討する場面でも効果的な活用が期待できる。

#### (2) 建物更新が期待しにくい市街地における防耐火補強技術の活用検討

歴史的な市街地は古い木造建築が密集しており、防災面からは大きな課題があるが、それらを更新してしまえば歴史的市街地としての価値そのものが失われてしまうというジレンマを抱えている。そのような市街地の防火性能を向上させる技術として、既存建物を補強して燃えにくくする防耐火補強技術があるが、この技術は一般の密集市街地でも活用可能である。

密集市街地においても、商店街などでは店主が営業休止を嫌がり建物更新が進みにくいという例などもあり、そのような地域を対象に防耐火補強技術を活用して市街地性能の向上を図ることも考えられる。

本ツールは、個々の建物の実情に応じた各部材の防火性能を設定可能であることから、市街地のどのエリアの集中的な補強が効果的かという検討を行うだけでなく、個々の建物に必要な補強レベルの検討までも行える。その特性を活かして防耐火補強技術の推進戦略の検討や、助成制度創設に向けた性能規定の検討などの場面での効果的な活用も考えられる。

### 3-3 具体の活用イメージ

前節で想定した市街地火災総合対策支援ツールの活用場面を一覧すると表 3-3-1 のようになる。ここでは、そのうち次にあげる主な5場面を抽出し、場面ごとの具体の活用イメージ（活用方法）を整理した。

- ①まちづくり初動期における防災まちづくりの必要性の説明
- ②街並み誘導型地区計画における緩和基準の妥当性の確認
- ③連担建築物設計制度の適用基準の検討
- ④斜面地の防災まちづくりにおける独自の防火規制の検討
- ⑤建物更新が進まない商店街における防耐火補強技術の活用効果の検討

表 3-3-1 想定される市街地火災総合対策支援ツールの活用場面

		活用目的	活用場面
防災まちづくりのプロセス	初動段階	住民意識の啓発	○防災まちづくりの必要性の説明 ・建物構造による燃え方燃え移り方の違い ・道路や広場整備、建物の不燃化等の効果
	構想・計画段階	目標像の実現に向けた具体的な基準等の検討	○地区計画における地区施設の仕様や各種基準の具体的な検討 ・防災街区整備地区計画 ・街並み誘導型地区計画 ・誘導容積型地区計画 ○密集事業等の導入に向けた整備計画・事業戦略の検討
	実施段階	建替えプランの検討	○個別建替えや共同建替えにおける防災に配慮したプランの検討
		基準緩和等の妥当性の評価	○狭小敷地などにおける集団規定の適用の妥当性や適用基準の評価 ・建ぺい率特例許可 ・三項道路 ・連担建築物設計制度 ・43条ただし書き許可
		事業効果の検証	○用地取得の妥当性や効果の確認
		防災まちづくりの推進管理	○経年的な市街地防災性能の変化の把握 ○防災まちづくりの推進管理
地域課題に応じた活用	独自規制の検討	○斜面地の防災まちづくりにおける独自の防火規制の検討	
	事業推進戦略・性能規定の検討	○建物更新が期待しにくい市街地における防耐火補強技術の活用検討	



(1) まちづくり初動期における防災まちづくりの必要性の説明

【場面設定】 地域危険度測定調査により危険な地区と判定されたが、住民に危機感はなく、まちづくりの気運もない。この地区で火災が発生した場合、延焼範囲は広範囲となる可能性が高いため、何とかして防災まちづくりの必要性を住民に理解してもらいたい。

【活用目的】 住民意識の啓発

【対象区域】 防災まちづくりの検討区域及びその周辺区域

【説明対象】 防災まちづくりの検討区域の住民

【評価内容】 現況市街地における延焼動態  
一般的な防災まちづくり手法を適用した場合の被害低減効果

【評価方法】 現況市街地の延焼動態を3次元表示で紹介し、延焼火災のイメージを持ってもらう。その後、現況市街地と一般的な防災まちづくり手法により整備した市街地における一定時間後までの延焼範囲と棟数を具体的に示し、防災まちづくりの効果を理解してもらう。



(a) 現況市街地の延焼状況



(b) 防災まちづくり実施後の延焼状況

図 3-3-1 現況と防災まちづくり実施時の延焼状況の比較

(2) 活用場面2：街並み誘導型地区計画における緩和基準の妥当性の確認

【場面設定】 老朽化した建物の建て替えにより地区の防火性能を向上させたい。建物は基準法上の道路に面し4mへの拡幅も可能ではあるが、敷地が狭小で十分な床面積を確保出来ないため、なかなか更新が進まない。そこで街並み誘導型地区計画を適用して建て替えを可能としたいが、床面積を増やしても防火性能は確保出来るのか、あるいはどのような基準なら大丈夫なのかが分からない。

【活用目的】 規制緩和による市街地防災性能への影響評価

【対象区域】 地区計画検討区域

【説明対象】 地区計画検討区域の住民・地権者

【評価内容】 通常更新する場合、および街並み誘導地区計画を適用した場合の防火性能の違いを比較評価する（両者とも道路拡幅が計画されている場合は、拡幅後を前提として行う）。

【評価方法】 区域を一定間隔のメッシュ、あるいは主要生活道路等で区切ったブロックごとに出火点を設定する。各出火点につき風向を4方位（例えば、東風、西風、南風、北風の4方位）についてシミュレーションを行う。出火点ごとに、計画案ごとの一定時間後の焼失率を算出して比較する。

### （3）活用場面3：連担建築物設計制度の適用基準の検討

【場面設定】 アンコの建物を建て替えて地区の防火性能を向上させたいが、建物規模が小さく、さらに建物の前面道路は狭隘で2項後退は難しいために、なかなか更新が進まない。そこで連担建築物設計度を適用して建て替えを促進するとした場合に、どのような基準で適用すれば防火性能は確保出来るのかが分からない。

【対象区域】 連担建築物設計制度検討区域及びその周辺区域

【説明対象】 連担建築物設計制度検討区域の住民・地権者、建築指導部局、建築審査会

【評価内容】 通常更新の場合、および連担建築物設計制度を適用した場合の防火性能の違いを比較評価する。

【評価方法】 連担建築物設計制度適用区域に隣接する建物から出火させ、連担建築物設計制度適用区域内の通路、あるいは連担建築物設計制度適用区域外への燃え抜け時間等を比較することにより、通常更新に比べて連担建築物設計制度提供時の防火性能がどのようになっているのかを把握する。

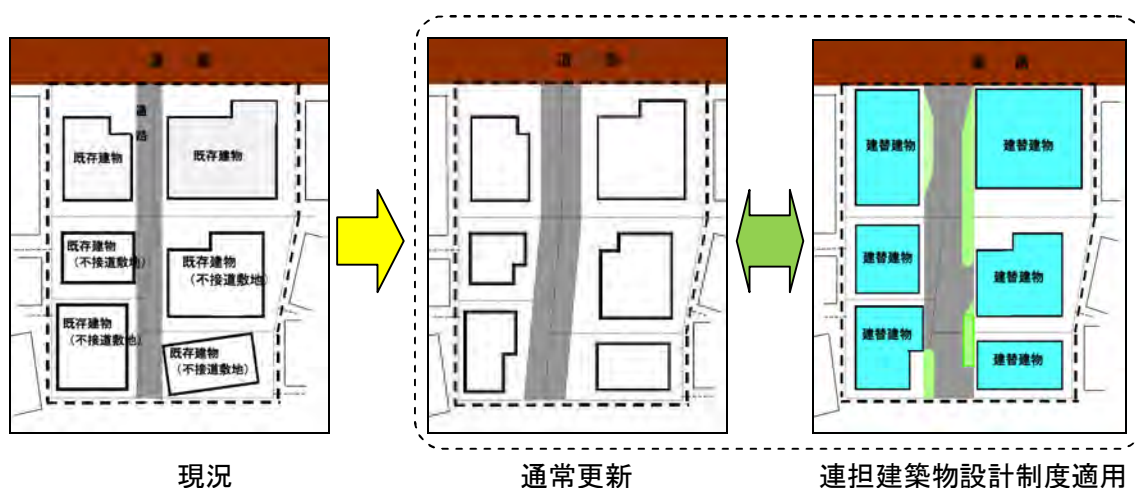


図 3-3-2 連担建築物設計制度の適用イメージ

(4) 活用場面4：斜面地の防災まちづくりにおける独自の防火規制の検討

【場面設定】 住民の防災意識が非常に高い斜面地の住宅地において、住民から、がけ・擁壁の対策と同時に斜面地であることに配慮した防火対策を求められたが、具体的にどのような規制をすべきなのか見当が付かない。

【活用目的】 斜面地の延焼動態に配慮した防火規制の検討

【対象区域】 斜面地に位置する住宅地の区域

【説明対象】 内部検討

【評価内容】 斜面地の市街地と平地の市街地の延焼動態の違いを比較評価する

- 【評価方法】
- ①斜面下端の建物を出火点として、斜面を駆け上がる風向の場合の斜面上端の建物までの着火時間を計測する。(風速は地域の卓越風速等を設定)
  - ②別途、地形情報を取り除いた建物情報だけの市街地データを作成し、同様に、もし平地だった場合の着火時間を計測する。
  - ③斜面地においても平地と同様の着火時間となるよう、斜面下に面する壁面の防火性能や開口部の位置・防火性能の設定を工夫する。必要に応じて最上階の屋根や天井の防火性能の設定も工夫する。
  - ④斜面地の着火時間が、平地だった場合の着火時間と概ね同じになった際の設定条件が、斜面地に配慮した防火規制のひとつの考え方となる。

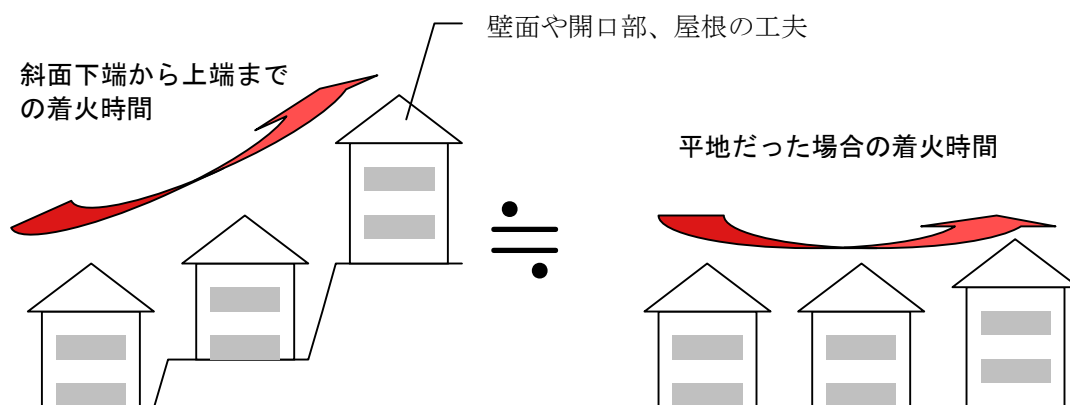


図 3-3-3 斜面市街地での評価イメージ

(5) 活用場面5：建物更新が進まない商店街における防耐火補強技術の活用効果の検討

【場面設定】 密集市街地内の主要生活道路に面した商店街があるが、店舗は老朽化が進んでいるため、当該主要生活道路で延焼被害を十分に軽減できない。一般の住宅と異なり、商店の場合は建替え時に営業を休止しなければならないことから、なかなか建物更新が進まない。そこで商店街の店舗を建て替えずに、防耐火補強技術を行うことで市街地の防火性能を向上させたい。しかしながら地区内に

はほかにも補強対象となり得る建物は多く、商店街だけを対象とするか地区全体を対象とすべきか判断できない。

- 【活用目的】 商店街など特定の区域を集中的に補強することの効果の検証
- 【対象区域】 商店街を中心に主要生活道路等の延焼遮断を期待できる道路等で囲まれた区域
- 【説明対象】 内部検討
- 【評価内容】 商店街沿道を集中的に補強した場合と地区内の建物をランダムに補強した場合の市街地防火性能への影響の違いを比較評価する
- 【評価方法】 ①商店街の後方に出火点を設定し、風向を商店街に向かう方向に設定して、時系列で延焼棟数の推移を記録する。(風速は地域の卓越風速等を設定)  
②現況と2つの計画案の延焼棟数の推移をグラフ化し、それぞれの延焼曲線(延焼速度)を比較。  
③その延焼曲線(延焼速度)を評価指標とし、以下であれば商店街沿道を集中的に補強する効果が高いと判断できる。

### 3-4 市街地火災総合対策支援ツールを使ったケーススタディ例

前節で想定した市街地火災総合対策支援ツールの活用場面のうち、連担建築物設計制度適用時における具体的なケーススタディを行った結果を以下に示す。

#### (1) ケーススタディの概要

二項道路沿道建物の建替えに際して、

- ①二項後退させた上で建築基準法に基づく通常建替えをした場合
- ②二項道路（廃道したうえで通路指定）沿道建物に対して「連担建築物設計制度」の適用により緩和・規制を行った場合

を想定し、それぞれの市街地防火性能への影響の違いを比較する。

#### (2) 想定した地区の状況

地区内の建物を建て替えて、地区の防火性能を向上させたい。しかしながら、建物は二項道路に面しており、敷地も狭小のため、二項後退をした上での個別建て替えは建築面積や延床面積が確保出来なく、建て替えの目途はたたない。

そこで「連担建築物設計度」を適用して、市街地防火対策に配慮した一体的な建替え計画を作成することで、既存道路の拡幅をせずに現行の敷地面積・形状のままで個別の建て替えを促進したい。その際、防火性能は確保出来るのか、どのような基準で適用すれば大丈夫なのか、といった点を明らかにしたい。

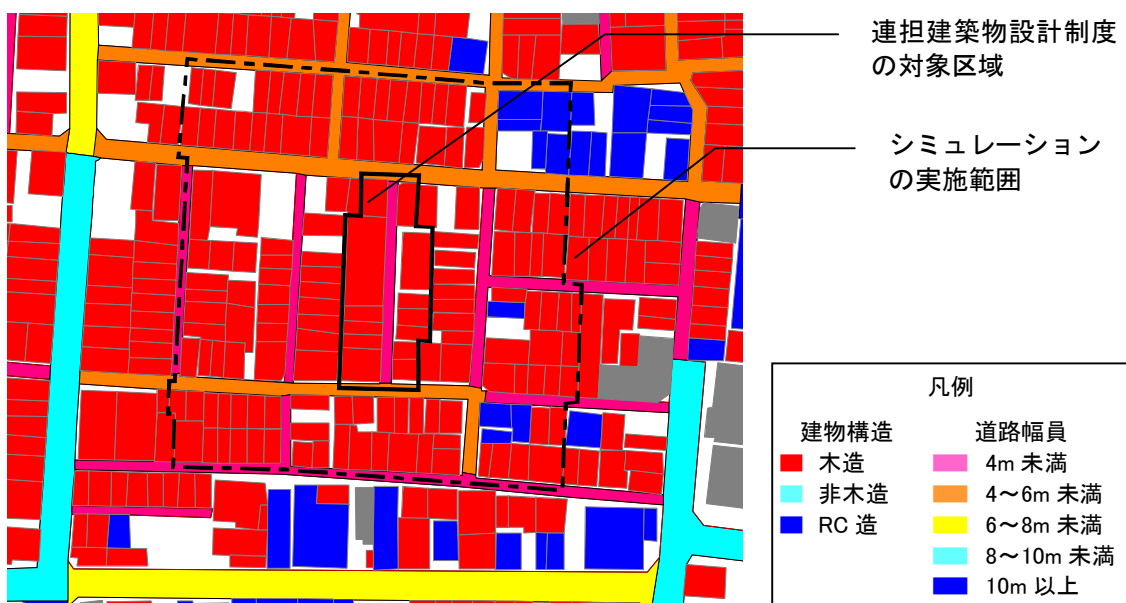


図 3-4-1 現況での建物構造と道路幅員

### (3) 現況と各計画案の概要

連担建築物設計制度（以後、「連担」）は、対象区域を一団の敷地とみなして建ぺい率や容積率、道路斜線等の制限を適用する制度であり、以下のようなメリットがある。

- ・現況で無接道の敷地でも対象区域内に設けられる通路に面すれば建築の建て替えが可能
- ・狭小な敷地でも容積率や敷地内通路からの道路斜線制限が緩和されることから、通常の個別建替えに比べて規模が大きな建築が可能

そのため、連担が適用された箇所では現状より高密となる可能性があるため、対象区域における防災性能を確保するために、通路幅、建物の高さ、構造、開口部の配置等について適正な基準を設けた上で連担を適用することが望ましい。

そこで、連担適用時でも通常建替え並みの防火性能を確保できるかということをチェックするケーススタディの中で、連担適用時における通路幅や開口部の性能・配置の違いによる防火性能の違いも検討する。

具体的には以下の現況・計画案を作成してシミュレーションを行い、その結果を比較することで進めた。

- ①現況
- ②通常建替え
- ③連担建築物設計制度の適用（通路幅 4.0m）
- ④連担建築物設計制度の適用（通路幅 3.5m）
- ⑤連担建築物設計制度の適用（通路幅 2.7m）
- ⑥連担建築物設計制度の適用（隣棟間の開口部は片側のみ、通路幅 4.0m）
- ⑦連担建築物設計制度の適用（隣棟間の開口部は無し、通路幅 4.0m）

### (4) 計画案の作成とデータ作成

#### ①現況

連担建築物設計制度の対象区域に接する道路の幅員は北側が 4.8m、南側が 4.0m であり、区域内を南北に貫く道路の幅員は 2.7m である。

対象区域周辺の建物は、概ね間口 3m×奥行 11mの敷地に、隣棟間隔をほとんど空けずに密集して建っている。ほとんどが木造住宅または長屋であり、階数は 1～3 階建てである。シミュレーションにあたっては、これを下表のように読み替えて個々の防火構造を設定した。

表 3-4-1 防火上の構造定義

構造	階数	防火上の構造
木造	1 階	木造
	2 階	防火造
	3 階	準耐火造
非木造	—	

## ②通常建替え

対象区域における現行の都市計画制限は以下の通りである。

- 用途地域：第1種住居地域
- 指定建ぺい率：80%（ただし、建ぺい率60%以上の建物は準耐火造）
- 指定容積率：300%（ただし、前面道路幅員による制限により160%＝4m×0.4）
- 防火地域：準防火地域

上記の現行規制内容を踏まえ、連担適用区域内を南北に貫く幅員2.7mの二項道路を二項後退によって4.0mに拡幅することを前提に、下記の条件の基で建物形状や配置を設定した。

- 道路幅員：4mに拡幅（現道中心から2m後退）
- 道路側壁面後退：道路斜線を避けるために、道路境界から0.4m後退
- 隣地側壁面後退：敷地間口が狭いため隣地境界ぎりぎりまで建築する
- 建物構造：新築建物は「準耐火造」に建替えるものと想定
- 建物階数：2階建て（前面道路4m×0.4＝容積率160%、建ぺい率80%として）
- 長屋の扱い：棟割の住戸単位で戸建住宅に建替え
- 開口部：市街地火災総合対策支援ツールによる自動生成

## ③連担建築物設計制度適用時

連担を適用時は、通常の個別建替えと比べると、下記のような相違点・特徴がある。

- ・適用区域の前面道路は北側の4.8m道路となり、前面道路幅員による容積率制限は4.8m×0.4＝192%となる。
- ・現在の2.7m道路を敷地内通路とし、建物の壁面後退によって実質的な通路幅を確保する考え方を採れば、敷地面積も現状を維持できる。そのため、通常の個別建替えに比べて大きな床面積を確保できる。
- ・敷地内通路からは道路斜線制限を受けないため総3階建てを建てやすい。（ただし、適用区域の北端および南端に位置する建物はそれぞれ北側道路および南側道路からの道路斜線制限を受けるため、3階部分の壁面後退が必要になる。）
- ・現在の長屋も、相互の合意に基づきそのまま長屋建てで更新することが期待でき、区域内の建物の隣棟間隔を確保できる可能性がある。

この特徴を考慮し、連担適用時の建物形状や配置を下記のように設定した。

- 道路幅員：2.7m（現状のまま）
- 道路側壁面後退：実質的な通路幅が「2.7m」「3.5m」「4.0m」となる3種を設定
- 隣地側壁面後退：区域内建物の隣棟間隔は将来の建替えに備えて0.6m以上を確保
- 建物構造：新築建物は「準耐火造」に建替えるものと想定
- 建物階数：3階建て（前面道路4.8m×0.4＝容積率192%、1階部分駐車場）
- 長屋の扱い：そのまま棟割の長屋建てで建替え
- 開口部：市街地火災総合対策支援ツールの開口部自動生成機能を用いて作成した後、

以下の加工を行う。

- ・ 1階駐車場の開口下端は 0m、常時開放とした（部面材なし）
- ・ 隣棟間の開口は、自動生成プログラムによる「両面開口」のほか、南側壁面だけの「片面開口」、「隣棟間の開口なし」の3種を設定（通路幅 4.0m の場合のみ）

#### （5）シミュレーションの実行

このケーススタディでは、評価例として下記の条件でシミュレーションを実施した。

- 風 向：連担適用区域にはほぼ直交する東風・西風・南風・北風の4方向とする。
- 風 速：当該地区の月別平均風速が概ね 2~3m/s であることから 3m/s とした。
- 出火点：連担対象区域の隣接建物を、東側・西側・南側・北側の建物群としてグルーピングし、この建物群列単位で出火（出火階は1階）させ、対象区域内の建物への着火時間と反対側の列の建物へ着火する時間を比較した。

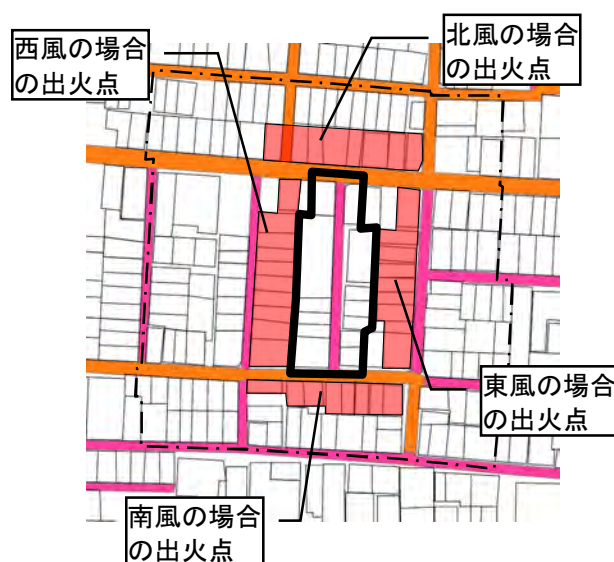


図 3-4-2 出火点の設定

#### （6）シミュレーション結果

各計画案におけるシミュレーション結果を、西風・東風のケースと南風・北風ごとにまとめたものが次表である。

西風の場合、いずれの計画案でも連担適用箇所への最短着火時間はほとんど変わらない。一方、通路をまたいで反対側に着火した時間は、通常建替えでは通路をまたいで直接延焼せず、周囲の建物経由で着火しているという状況ではあるが 69 分後である。それに対して通路幅には関係なく連担では 21 分後と、通常建替えより早く着火してしまっている。しかしながら通路幅 4.0m で開口部に制限を付けた場合には、通常建替え並みとなっており、これは連担適用箇所を突破した時間も同様である。



東風の場合は、連担で開口部に制限を付けた場合の計画案でも通常建替えより多少着火時間が早くなるものの、現状と比べれば数倍遅くなっている。

南風の場合は連担を適用しても通常建替えとほぼ同等の防火性能であり、北風の場合においては連担を適用した場合は通常建替え以上の防火性能を確保できることが分かった。

以上のことから、当該地区においては、通路幅 4.0m で連担を適用するだけでは通常建替えと同等の防火性能を確保できないものの、開口部に制限を付ければ、概ね通常建替えと同等以上の防火性能を確保できることが分かった。

表 3-4-2 着火時間一覧（西風、東風）

出火箇所 風向 風速	計画案	連担適用箇所への最 短着火時間	通路をまたいで反対 側に着火した時間	連担適用箇所を突破 した時間
西側列 西風 3m/s	現状	8分後	17分後	24分後
	通常建替	10分後	69分後	76分後
	連担(通路幅 4.0m)	8分後	21分後	42分後
	連担(通路幅 3.5m)	9分後	21分後	28分後
	連担(通路幅 2.7m)	10分後	21分後	33分後
	連担(通路幅 4.0m)片側開口	11分後	74分後	124分後
	連担(通路幅 4.0m)開口無し	11分後	51分後	75分後
東側列 東風 3m/s	現状	12分後	20分後	29分後
	通常建替	17分後	150分後	167分後
	連担(通路幅 4.0m)	17分後	30分後	50分後
	連担(通路幅 3.5m)	17分後	27分後	145分後
	連担(通路幅 2.7m)	17分後	25分後	139分後
	連担(通路幅 4.0m)片側開口	17分後	130分後	155分後
	連担(通路幅 4.0m)開口無し	17分後	85分後	111分後

※斜体は連担適用箇所外から回り込んで着火した場合

表 3-4-3 着火時間一覧（南風、北風）

出火箇所 風向 風速	計画案	連担適用箇所のうち最 も出火点側建物への最 短着火時間	連担適用箇所のうち 最も出火点側から遠 い建物への最短着火 時間	連担適用箇所を突破 した時間
南側列 南風 3m/s	現状	18分後	49分後	63分後
	通常建替	44分後	104分後	129分後
	連担(通路幅 4.0m)	44分後	105分後	129分後
	連担(通路幅 3.5m)	45分後	106分後	134分後
	連担(通路幅 2.7m)	47分後	106分後	134分後
	連担(通路幅 4.0m)片側開口	44分後	106分後	130分後
	連担(通路幅 4.0m)開口無し	44分後	105分後	130分後
北側列 北風 3m/s	現状	15分後	47分後	67分後
	通常建替	17分後	83分後	101分後
	連担(通路幅 4.0m)	12分後	96分後	106分後
	連担(通路幅 3.5m)	12分後	97分後	105分後
	連担(通路幅 2.7m)	12分後	99分後	105分後
	連担(通路幅 4.0m)片側開口	12分後	96分後	105分後
	連担(通路幅 4.0m)開口無し	17分後	95分後	104分後

※斜体は連担適用箇所外から回り込んで着火した場合

#### 4. まとめと今後の課題

高度な市街地火災シミュレーション技術に関しては、上層階セットバック等、複雑な形状の建物の防火性能評価や、内装、床、外壁、内壁、屋根等の部材に応じたキメの細かな防火性能評価を実施可能な市街地火災シミュレーションプログラムの開発を行った。これによって、道路斜線制限の緩和による影響や、建物の上層階がセットバックした場合の影響が評価可能となったほか、道路に面した壁のみの防火補強や、内装のみを不燃化するなど、建物の部材ごとに防火補強をした場合などにおける市街地防災性能の向上について評価が可能となった。

市街地火災総合対策支援ツールに関しては、高度な市街地火災シミュレーションプログラムを制御し、シミュレーションプログラムに入力するデータの作成・簡易な編集、シミュレーション結果の読み込み、リアリティのある表示（3次元表示、火炎や煙を表現）・簡易な分析等の基本的な機能を実装した。これにより、シミュレーションデータの準備に要する労力を大幅に低減し、火災時の市街地の危険性、あるいは市街地整備事業等を導入した場合の効果を簡便に分かりやすく住民等に示すことが可能となった。

これらの技術開発によって、本総プロの目標の一つである災害危険情報の把握のうち、地震時における市街地火災の危険性について把握出来るようになった。

また、今後の課題としては下記の点があげられる。

- ・ 跳躍延焼に関する研究の進展に併せてモデル化と組み込み、及びモデルの検証  
強風下において市街地の延焼性状に対して支配的な影響を及ぼす可能性のある飛び火による跳躍延焼過程に関しては、物理的なモデル化が十分にできていない。  
モデルの検証に関しては、市街地火災についての基準とすべき検証データの作成自体が大きな課題であり、十分な検証ができていない。
- ・ 利用者として想定している地方公共団体にとって使いやすいツールとなるよう改善  
一部において、本ツールに入力するデータを作成する際に、コンピュータプログラミングにより行うことが必要となる項目が残っている。誰もが簡便に利用できるよう、一層の改善が必要である。  
リアリティのある市街地を再現するために、様々な材質の画像ファイルをライブラリとして用意する必要がある。
- ・ ツールを活用した防災まちづくりの推進  
本ツールは開発自体が目的ではなく、地方公共団体等が防災まちづくりにおいて利用して市街地の防災性能を向上させることが目的である。そのため、本ツールの効果的な使い方や具体の活用事例等について、今後も継続的に利用者や利用を検討する地方公共団体との情報交換を行っていく必要がある。  
加えて、実際の防災まちづくりでの活用例の紹介をホームページ等で発信して本ツールの普及の契機とし、防災まちづくりに繋げていく必要がある。