

第1部門 地震火災時の消火優先順位決定支援システムに関する研究

和歌山工業高等専門学校 学生会員 寺田 和啓
 和歌山工業高等専門学校 正会員 辻原 治

1. はじめに

地震時火災の特徴の一つは同時多発であり，通常起こる火災のように効率的な消火作業が行われることは期待できない．地震発生直後の混乱の中で，既存の消防能力等を最大限に活用して被害を最小限に食い止めるために，同時多発火災に直面した場合，消火優先順位の意志決定が大変重要になる．

そのような意志決定には種々の要因が介在するが，延焼軒数など延焼による直接的な被害を最小化することが最重要と考えられる．

本研究は，ペトリネットを適用した市街地火災延焼予測手法¹⁾をベースとして，延焼棟数，面積，世帯数等の被害を最小化するための，消火優先順位決定のコンピュータシステムの開発を目的とする．

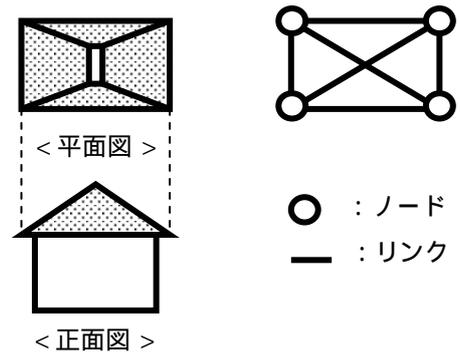


図-1 ノード・リンクを用いた建物のモデル

2. 延焼解析手法の概要

久堀ら^{2,3)}は，図-1に示すように4つのノードと6本のリンクで建物をモデル化した．リンクは有向であり，実際には双方向であるため，一つの建物に対して12本のリンクが設けられる．各リンクには，その長ささと棟内延焼速度から，リンクの一端から他端まで延焼するのに必要な時間が割り当てられる．そして，棟間についてもノードからノードにリンクを設け，同様に，その長ささと棟間延焼速度から延焼時間が割り当てられる．棟内および棟間の延焼速度については，東京消防庁が提案したマイクロ延焼速度式（東消式 2001⁴⁾）を利用している．このようにして作成されたネットワークについて，久堀らは火災の延焼を最短経路探索問題として解いた．しかし，同時多発火災への適用が難しいことから，夏目らはペトリネットを適用した延焼解析法を提案した¹⁾．

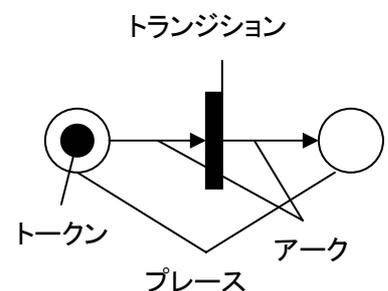


図-2 ペトリネットの基本要素

ペトリネット⁵⁾は，並列的かつ非同期的な離散事象に対するモデル化の一手法で，図-2に示すように，プレース，トランジション，アークおよびトークンと呼ばれる4つの部分で構成されている．アークはネットワークにおける流れの方向を示しており，トークンがそのアークに沿って移動する．アークには重みがつけられる場合がある．入力アークの重みの分だけトークンが入力プレースの中にあればトランジションが発火し，出力アークの重みだけトークンを出力プレースに送る．図-1のノード・リンクモデルと比較すると，ノードがプレースに，リンクがアークに，そしてリンクに割り当てられた延焼時間がトランジションの重みに相当する．

3. 消火の優先順位

消火の優先順位は，現在延焼中の建物 i をそれぞれ消火した場合の効果を，延焼シミュレーションによって評価項目ごとに数値として算出し，それによって決定する．具体的には，次式で計算された B 値が小さい建物の順とする．

$$B(i) = \sum_{j=1}^{N_f} W(j) \cdot \text{Rank} \left(\sum_{k=1}^{N(i)} E(i, j, k) \right) \quad i = 1, 2, \dots, N_s$$

ここに，

N_s ; 現在延焼中の建物（消火優先順位を決める候補の建物）の総数

N_f ; 延焼棟数, 延焼面積等, 優先順位を決定する際に考慮する評価項目の総数

$W(j)$; 評価項目 j の重み係数

$N(i)$; 現在延焼中の建物 i を消火した場合に, 所定の時間内に他から延焼する建物の総数

$E(i, j, k)$; 評価項目 j について, 現在延焼中の建物 i を消火した場合に, 所定の時間内に他から延焼する建物 k に割り当てられている評価値

$Rank(\cdot)$; 現在延焼中の建物 i を消火した場合の評価値の合計に対する順位

4. 消火優先順位決定のシミュレーション

図-3 に示す仮想都市を用いて, シミュレーションを行った. 図には建物の形式, 世帯数および重要度を示

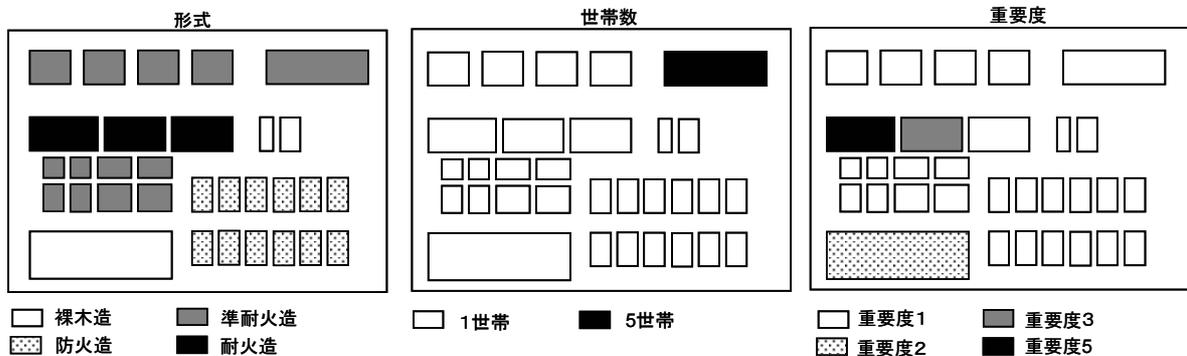


図-3 仮想都市における建物の形式, 世帯数, 重要度

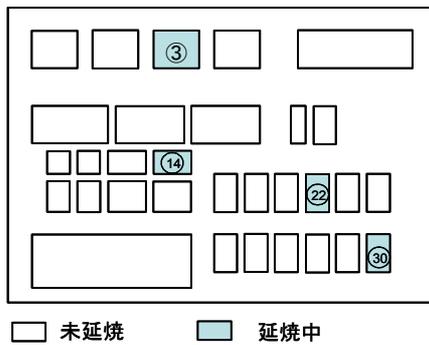


図-4 延焼中の建物と建物番号

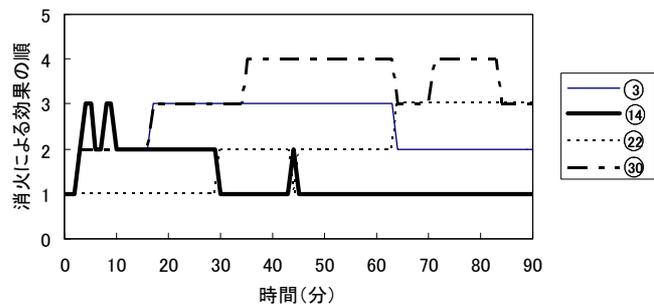


図-5 延焼中の建物の消火に対する効果の順

す. 重要度は5段階とした. 優先順位を決定する際に評価する項目は, 延焼する棟数, 面積, 世帯数と重要度の4項目とした. それぞれの建物について, 面積, 世帯数と重要度は予め与えておく. 図-4 に現在延焼中と仮定した建物とその建物番号を示す. 図-5 に, これらの4軒について, それぞれを消火したときに得られる効果の順を, その後の経過時間を横軸にとって示す. 図-6 は60分後に最も大きな効果を期待するものとして決定した消火の優先順位である.

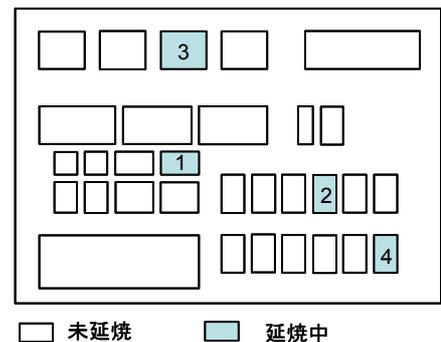


図-6 延焼中の建物の消火優先順位

4. おわりに

市街地における同時多発火災に際して, 延焼解析に基づいて消火の優先順位を決定する方法を示し, シミュレーションを行った. 今後, 現場への到達時間や消火栓の位置を考慮する等の改良を検討している.

参考文献

- 1) 夏目恵里, 辻原治; ペトリネットの地震時延焼予測への応用, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, I-5, 2004.
- 2) 久堀貴史, 伏見悠生, 辻原治; 電子住宅地図を用いたネットワーク理論に基づく地震火災延焼シミュレーションシステムの開発, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, I-55, 2003.
- 3) Osamu TSUJIHARA, Yu-ki FUSHIMI, et al.; Simulation system of spreading fire in an earthquake using digital residential maps, Proc. of 13th WCEE, Paper No.3386, pp.1-9, 2004.
- 4) 火災予防審議会; 地震火災に関する地域の防災性能計画手法の開発と活用方策, 2001.
- 5) 森下信; セルオートマトン, 養賢堂, 2003.