

和歌山工業高等専門学校 学生会員 ○夏目 恵里
和歌山工業高等専門学校 正会員 辻原 治

1. はじめに

地震時火災は特殊な状況下での火災であり、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火機能等を十分に活かして効率的な消火活動を行うために、延焼予測は重要な役割を担う。

久堀ら^{1,2)}は、最短経路探索法を適用して建物のマイクロ延焼シミュレーション手法を開発した。この手法では基礎データの作製がゼンリンの電子住宅地図を用いて比較的簡便に行え、また結果の表示も同地図上に表示できるようなGISベースのシステムである。しかし、同時多発火災への適用が難しい等の課題があった。

本研究は、久堀らの手法を基に同時多発火災の延焼解析を可能にするためにペトリネット³⁾を適用した方法を提案する。

2. 延焼解析手法

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⁾)を利用した。同延焼速度式は、1995年の阪神・淡路大震災の後、東京消防庁から提案された東消式 97⁵⁾に、建物の全半壊の影響、地震被害を受けた準耐火・耐火造建物の延焼性状に関する検討などが加えられたもので、現状では最も信頼できる式の一つといえる。

久堀ら^{1,2)}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、その長さと棟間延焼速度から延焼時間が割り当てられる。以下に述べるペトリネットによる解析においても同様のネットワークが構築される。

ペトリネットは³⁾、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(places)と呼ばれる「円」と、トランジション(transition)と呼ばれる「棒」、トランジションからプレースに向かう出力アーク(directed ark)(あるいはその逆は入力アーク)と呼ばれる「矢印」、およびトークン(token)と呼ばれる「黒円」の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り、重みはアークの本数で表すか、アークに重みを併記して表す(重みが1の場合は何もつけない)。図-3のように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

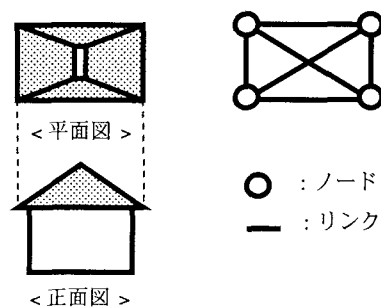


図-1 ノード・リンクを用いた建物のモデル

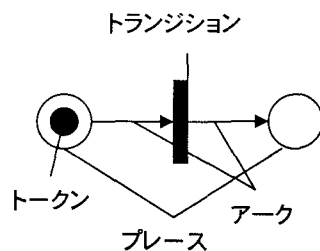


図-2 ペトリネットの基本要素

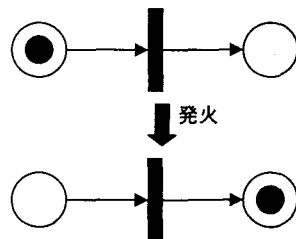


図-3 ペトリネットの発火

スに送る。

建物のペトリネットによるモデル化を図-4に示す。図-1のモデルとの対応については、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。なお、建物内には対角線上にもトランジションを配置するが、図が複雑になるのでここでは省略している。

3. 同時多発火災の延焼シミュレーション

平面形状が5m×5mの正方形の建物で構成される30軒×30軒（計900軒）の町並みを想定し（建物の間隔はすべて1mとする）、シミュレーションを行った結果を図-5に示す。建物の構造はすべて裸木造としている。北向きの風（図の下から上に吹く風）が10m/secとし、震度は6弱とした。図-5の(a)において塗りつぶした3件の建物を火元として、発火から30分、60分、90分後の延焼動態シミュレーションの結果を図-5の(b)、(c)および(d)に示す。ペトリネットのモデルが構築されていれば、延焼動態の解析に要する時間は、Pentium4(2.8GHz)のコンピュータで1秒以下である。

4. おわりに

市街地における地震火災のミクロ延焼解析にペトリネットを応用する方法を提案した。同時多発火災の延焼シミュレーションを行い、モデルが構成されていれば、短時間の計算で結果が得られることを示した。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 辻原治,伏見悠生,久堀貴史,澤田勉; 電子住宅地図を用いた簡便な地震時火災延焼シミュレーションシステムの構築,土木情報利用技術論文集,Vol.12,pp.237-244,2003.
- 3) 森下信;セルオートマトン,養賢堂,2003.
- 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) 火災予防審議会; 直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策,1997.

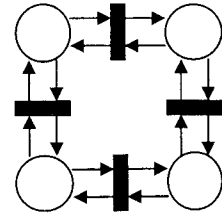


図-4 延焼解析ペトリネットの構成

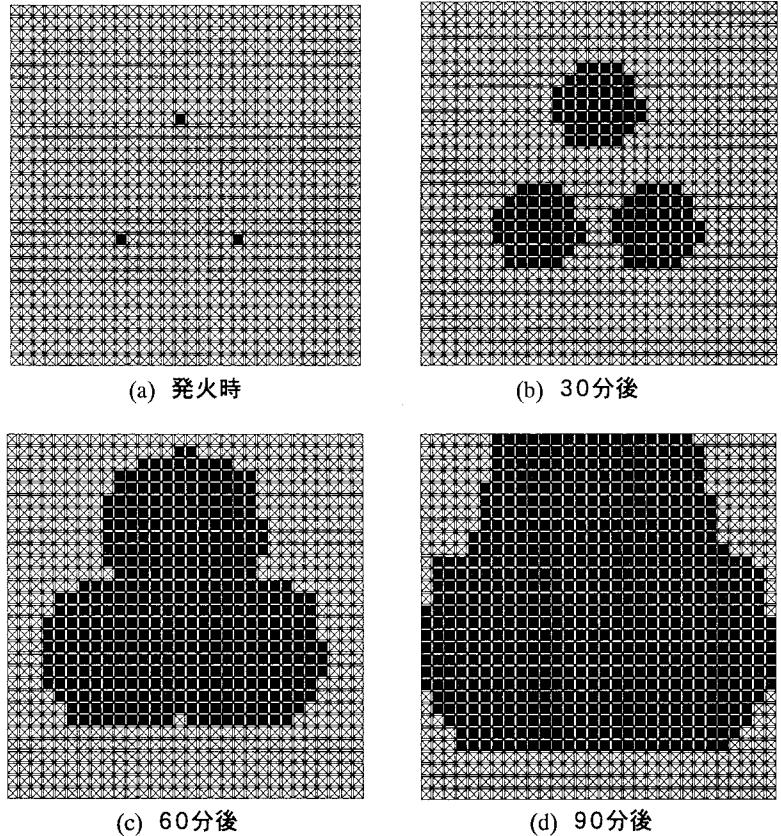


図-5 シミュレーション結果