

地震時火災避難計画シナリオのペトリネットシミュレーション開発

金沢大学・学生員 寺西伸太郎, 金沢大学・正員 木俣昇

1. まえがき

地震時避難計画では、種々の阻害要因の考慮が重要となる。著者らは、計画地域画像を背景画像として、避難指示から避難開始・経路移動・避難完了に至る基本シミュレーションを、ペトリネットシミュレータを用いて構成し、それに経路周辺画像から想起される阻害要因の部分ネットを結合化するシミュレーション方式が提案してきた¹⁾。本論文では、火災延焼に伴う阻害の部分ペトリネットを、火災シミュレータ²⁾との連携下で開発し、気象条件や多発火災シナリオの組み込み性を論じる。

2. 地震時避難計画シナリオのペトリネットシミュレーション構成

(1) 背景画像上での避難計画シナリオのペトリネット構成手順

図-1は、地震時避難シナリオペトリネットの要素と構成手順を示した図である。まず、背景画像より避難対象者・避難場所を設定し、その間の避難経路の抽出を行う。

ペトリネットとは、プレース(○), トークン(●), トランジション(|), アーク(入出力: →, 抑止: …)を要素とする一種のグラフ形式による対象系の視覚的な記述形式をいうが、このネット形式で記述・表現された図-1の①と②の基本部分ネットを、まず抽出経路に沿って、配置・結合し、さらに③のネットを結合することで、地震時避難シナリオペトリネットが構成されることになる。

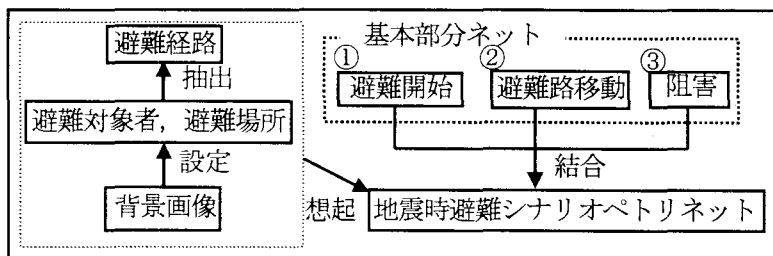


図-1 構成手順

(2) 避難シナリオの基本部分ネットの概説

図-2に、②の避難路移動と③の阻害から成る阻害シナリオの組み入れネットを示す。まず、この避難路には右に進むと、左折か直進の分岐点があり、枠で囲まれた部分がこの分岐の事象を制御するネットである。t1は生成トランジションと呼ばれ、避難者の直進または左折という判断をトークン属性として確率的に与える。t2は選択トランジションと呼ばれ、t1でトークンに与えられた属性により出力先を振り分け、p1もしくはp2のどちらかにトークンがマーキングされ、左折または直進のトランジションの発火則が満たされ、トークンが移り経路が選択される。

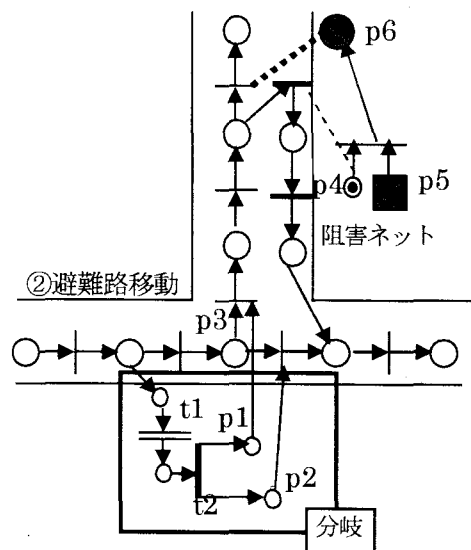


図-2 阻害シナリオ組み入れネット

次に、図-2の右上部のネットが阻害ネットで、トークンはp4に初期配置され、通常時には引き返しの経路を通らないように制御している。p5の阻害プレースにトークンがマーキングされると、トランジションが発火し、p6にトークンが移り、逆に通常の避難経路が抑止され、避難者は引き返し経路を通る。即ち、地震時に建物倒壊や火災などの避難阻害が起こったときに経路が塞がれ、避難者が経路を引き返し、元に通って来た経路の直進方向に合流する様子を再現するネットとなっている。

3. 火災延焼シミュレーションのペトリネット化と避難計画シナリオへの反映化

(1) 火災延焼シミュレータの概説

地震火災の特性として、多発性という要素がある。そしてこの要素に影響する要因として風向・風速など

の気象条件が挙げられる。この多発性・気象条件という特性をシミュレーションに取り入れるため、まずプログラム内で出火場所を設定する。このとき複数の出火場所を設定することも可能である。そして、図-3で示す火災延焼シミュレーションシステムの初期画面において気象条件である風向・風速を設定する。また、木造、耐火造という建物の属性をそれぞれに持たせる。

そして、シミュレーションを実行する。この際、2分毎に結果が表示されると共に延焼面積も計算される。よって時間経過に合わせて火災延焼の様子を記録することが可能である。

2) 火災延焼シミュレーションのペトリネット構成

図-4は図-3の地域を対象とし、気象条件を南風で平均風速2m/sと設定したとき、実行画面を時間と共に記録したものを示したものである。延焼開始から12分の間では避難経路の障害が上方の一つだけであるのに対し、18分後には下方の経路も障害されることが分かる。

次に、図-5で示すように火災延焼ペトリネットを構築していく。まず図-4の結果より出火点プレース、延焼プレース、避難障害プレースを配置する。このとき避難障害プレースの置き方としては、避難ペトリネットの避難プレースと等間隔になる。また、延焼プレースの配置、数、プレースタイマの設定を変えることで風向・風速などの気象条件を取り入れることができ、地震時火災の特性が再現

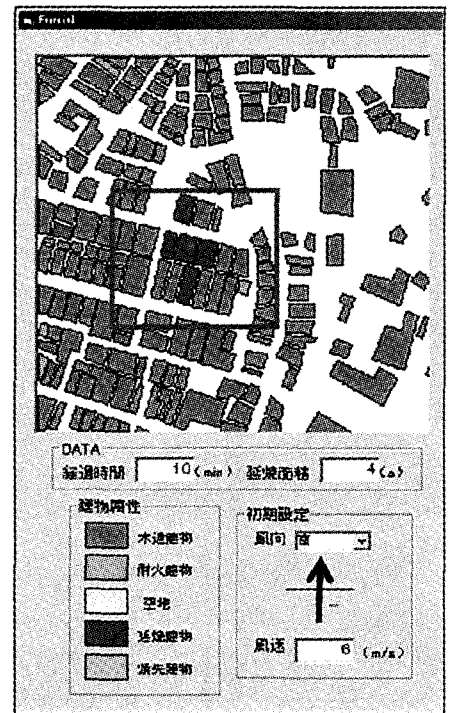


図-3 火災延焼シミュレーションシステム

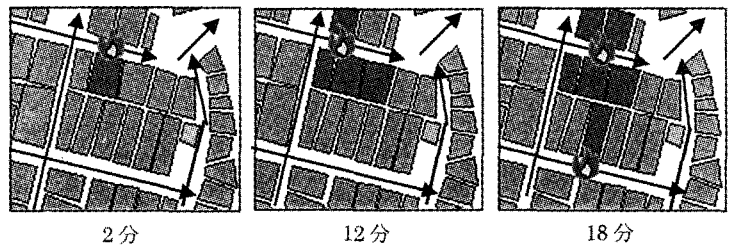


図-4 火災延焼の推移図 (南風, 2m/s)

されている。

そして、地震時避難シナリオペトリネットへ結合させる。方法としては、図-1のp5の避難障害プレースが火災延焼ペトリネットの同名のものと対応しているので、置き換えながら組み込み、一つのシナリオペトリネットとして結合する。

4. あとがき

火災シミュレータの連携下で開発を行うことで、既存のペトリネットに気象条件を考慮に入れた、地震時火災の多発性の影響を表現化出来た。課題として、延焼プレースのタイマの精緻化や避難障害プレースの配置を検討することによる表現性の向上などが挙げられる。

参考文献

- 1) 木俣昇, 高野龍一: ペトリネットによる背景画像上での地震時避難シナリオのシミュレーション法, 土木学会中部支部・研究発表会講演概要集, 419-420, 2004
- 2) 木俣昇, 二神透: 大地震時火災延焼シミュレーションシステムの要因分析による都市の耐火構造の研究, 土木計画学研究・論文集, 1987

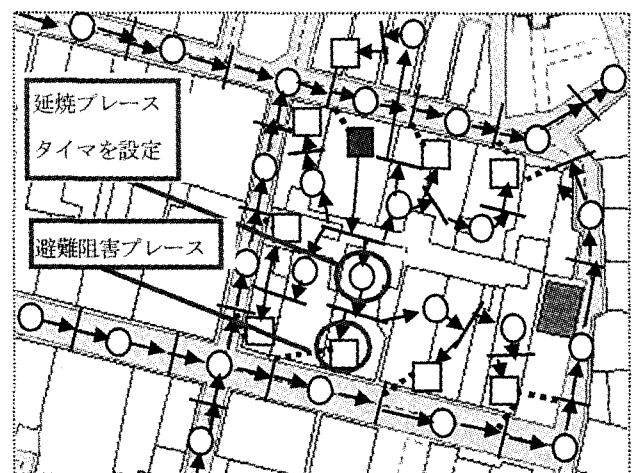


図-5 火災延焼ペトリネットの構築