

## 防災計画の阻害要因のペトリネットシミュレーションに関する基礎的研究

金沢大学 正会員 木俣 昇  
金沢大学 ○鷲見 育男

### 1.はじめに

防災計画は、被害想定を出発点として、その対策を考えるという形で策定されてきた。しかし、今般の阪神大地震は、防災計画が混乱の中で発動されるものであり、その中で予想される計画阻害要因を意識化しておく必要があることを明らかにした。

本研究では、この阻害要因を陽表的に取り扱う手法として、防災計画へのペトリネットの導入と、その基礎的モデルの構築について検討する。

### 2.計画阻害要因を考慮した防災計画論の基本フレーム

計画阻害要因を考慮した防災計画の基本フレームは図-1のようになる。

(a) の対象系は、地震発生に伴う被害に関連する系である。この系の分析による被害想定に対応して(b) の行動系（ここでは地震直後の緊急行動系としている）が計画される。いま、行動系を

- ・情報系：災害の認知・通報・受信
- ・指令系：緊急車両の出動指令と情報提供
- ・出動系：現場への出動
- ・活動系：消火・救助・救助活動

という4つの系から構成されているとすれば、災害の発生に伴い、緊急行動系のこれらの各系にもそれを阻害する要因が発生すると考える必要がある。図-1のフレームでは、このことを明らかにするために、(c) の阻害系をブラックボックスとして示している。

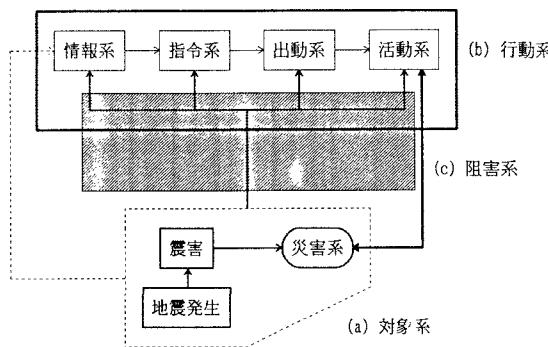


図-1 阻害要因を考慮した防災計画基本認識図

### 3.ペトリネットによる阻害要因の表現法

#### (1) ペトリネットの基本表現

ペトリネットは離散系の手法で、現象を事象と状態によって捉える。事象はトランジションと呼ばれ“|”，状態はプレースと呼ばれ“○”で表され、これらの関係をアークにより結合させたネット図を用いるところに特徴がある。図-2(a) にその基本形を示す。この図では、事象 $t_0$ の生起は、トランジションの入力プレース $p_0, p_1$ がマーキングされ、かつ $p_2$ にマーキングがない時にトランジションの発火という形式で起きる。その結果、出力プレースの $p_3$ にマーキングが移動し、状態の推移が表される。即ち、 $p_0, p_1$ は $t_0$ の生起条件であり、 $p_2$ は抑止条件である。この抑止アークの形式が阻害要因の表現法に有効であるというのが著者らの考えである。

図-2(b) は、カラートークンと選択トランジションによる条件分岐の基本ネット図である。これによって、震度や地域条件差による阻害要因の発生の有無も表現できる。

#### (2) 情報・指令系の基本ペトリネット

図-3(a) は、災害に伴う情報・指令系の基本概念モデルである。 $p_0$ のマーキングは災害を表し、 $t_0$ のトランジションを発火させる。その結果、 $p_2$ にマーキングされ、システム側に情報が発進される。 $p_1$ はシステム側の条件で、 $p_1$ にマーキングされない時、即ち正常な時に $t_1$ のトランジションが発火し、情報・指令系が機能することを示している。

図-3(b) は、(a) の基本ペトリネットに前述のカラートークンと選択トランジションを用いて阻害要因を導入したモデルである。ここでは、システム側の条件、 $p_1$ にマーキングされた時、システムが破壊

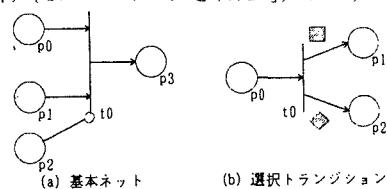


図-2 ベトリネットの基本構造

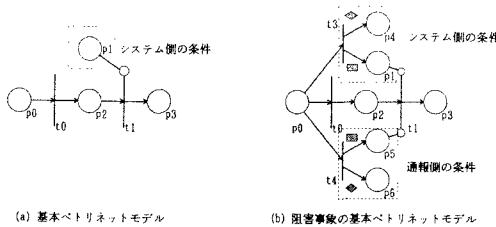


図-3 情報・指令系の基本部分ペトリネット

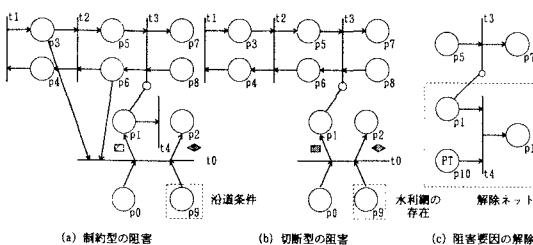


図-4 出動・活動系の基本部分ペトリネット

されるという阻害と、通報側の条件、 $p_5$ にマーキングされた時、通信網が障害を受けるという阻害の2つをモデル化している。

### (3) 出動・活動系の基本ペトリネット

図-4(a), (b) は出動・活動系における2つの阻害ケース、即ち制約型の阻害と切断型の阻害をペトリネットで示したものである。緊急車両の走行は、道路を閉塞区間に分割した $p_3 \sim p_8$ ,  $t_1 \sim t_3$ のネットで表現し、災害( $p_0$ )に伴って発火する $t_0$ によって生じる状態( $p_1$ )から、 $t_3$ に抑止がかかるという形で阻害要因の発生に対応するネットを構成している。

(a) は、地震に伴い沿道構造物が倒壊し、路上に散乱している現場を緊急車両が速度を低下させて通過するようなケースである。このネットでは、阻害要因を表す $p_1$ にプレースタイマを与えることで、緊急車両の速度低下を表す工夫をしている。

(b) は、緊急車両が現場に到着しても、例えば水利網が破損していて、消火活動が行えないようなケースである。(a) のモデルと異なり、 $p_1$ にはプレースタイマを与えないことになる。従って、この型の抑止条件が解除されるには、阻害要因である $p_1$ のマーキングを取り除く(c) に示すような解除ネットを用いる必要がある。この $p_{10}$ には、(a) の $p_1$ に与えたプレースタイマより長時間のものを与えることになる。

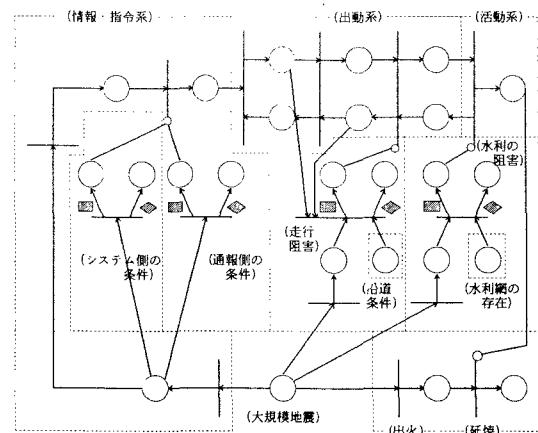


図-5 阻害要因を組み入れた防災シミュレーションの基本概念モデル

### 4. 阻害要因を組み入れた防災シミュレーションの基本概念モデル

ここでは、3.に示した基本ペトリネットの結合化による図-1の基本フレームのネット化を示す。図-5はその一例である。

図-5の上部ネットは、図-3(b), 図-4(a), (b) を結合しただけである。これに出火-延焼の単純なネットを下部に結合したもので、地震火災に対する緊急行動系のチェックモデルとなっている。このモデルでは、出火して延焼するまでに緊急車両による消防活動が行われる場合、延焼の拡大が抑止されるという形で表現されている。また、地震に伴い沿道構造物が倒壊し、緊急車両の走行が遅れたり、現場には到着しても水利網が破損しているといった阻害要因が発生すれば、時間が経過し、地震火災が延焼するというモデルとなっている。

### 5. おわりに

本研究では、防災計画へのペトリネットの導入により、計画阻害要因を陽表的に扱うことのできるモデルを開発した。しかしながら、開発したモデルは基本的な部分である。ペトリネットシミュレーションの特徴は、アルゴリズムはそのままでこれらの複雑化が可能なところにあり、この作業が今後の課題である。

### 参考文献

- 木俣昇, 高木秀彰, 黒川浩嗣: ペトリネットによる交通流シミュレーションシステムの開発, 土木計画学研究・論文集, No12, pp.691-699, 1995.8