

背景画像上での地震時緊急車両走行のペトリネットシミュレーション開発*

Development of Macro Petri Net Simulation for Emergency Vehicle Running at Earthquake on Its Background Image*

堀 浩三**・木俣 昇***

By Kozo Hori**・Noboru KIMATA***

1. はじめに

地震時消防防災計画は、通常時システムを基盤に構築されることによって、日々の実行性が担保されるとともに、常なる点検・評価による実効性の向上が可能となる。本研究の目的は、緊急車両の出動と活動システムを対象として、著者らの開発してきたペトリネットシミュレータを適用して、その通常時システムを基盤として、地震時の諸阻害要因の作用環境の下での緊急車両の出動と活動システムの点検・評価支援の方法を展開することにある。特に、災害空間を背景画像とするシミュレーションネットの構築法が、災害時の阻害要因の点検と、その組み入れに効果的となることを明らかにする。

2. ペトリネットシミュレーション手法の概要

(1) ペトリネットの基本原則と特徴

ペトリネットとは、図-1 に示すように、プレース(○)、トランジション($|$)、アーク(入出力: \rightarrow , 抑止: \cdots)を要素とする一種のグラフ形式による対象系の記述形式をいう。

図-1 は、 $t_0 \sim t_2$ の 3 個のトランジション(基本事象)からなるペトリネットで、トークン(●)のプレースへのマーキングによって系の状態推移が記述される。この推移は、トランジションの発火則によるもので、図-1 に示すように、全ての入力プレースにトークンがマーキングされていて、かつ全ての抑止プレースにトークンが存在しないとき、トランジションは発火し、図-1 の左図から右図に 状態推移する

即ち、 t_0 はこの条件を満たしており、発火し、入力プレースからトークンが消えて、出力プレースにマーキングされることになる。

このトークンには、時間性や種々の属性を付与することが可能であるし、図-2 に示すように、確率事象の記述も可能である。ちなみに、図-2 の二重線のトランジション(0)は、生成トランジションと呼ばれ、属性を持ったトークンを設定した比率で生成する。一方、太線のトランジション(1)は、選択トランジションと呼ばれ、属性を持ったトークンを、その属性に応じた出力プレースに選択的に出力する。図-1 では、トランジションの発火によって全ての出力プレースにトークンがマーキングされたが、図-2 の右図に示すように、選択トランジションの発火では、一方のプレースのみにマーキングされる。

ペトリネットの基本特徴は、ネットの視覚性に加えて、その共通構造的性によるネット間の結合性、駆動原理の明快性と汎用性等にある。そして、これらからの特徴が、記述ネットの拡張化や精緻化への展開性を生み、防災計画における諸阻害要因の組み込みにも有効に働くと考えられる。

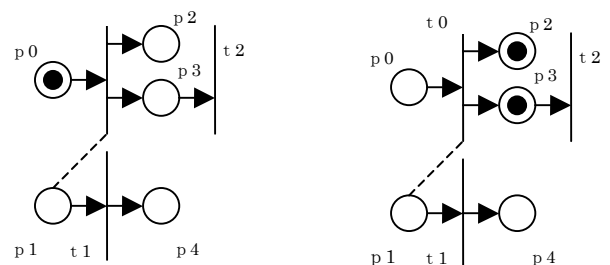


図1 ペトリネットの基本原則

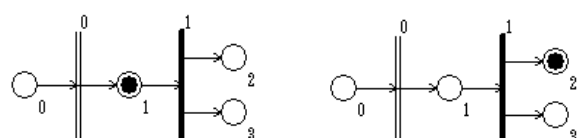


図2 生成と選択トランジション

*キーワード：計画手法論，システム分析，計画情報，

**学生員，工学士，金沢大学大学院自然科学研究科
環境基盤工学専攻

***正員，工博，金沢大学大学院自然科学研究科教授
地球科学専攻

(〒920-0942 金沢市小立野 2-40-20,

Tel.076-234-4914 Fax.076-234-4915)

E-mail : kimata@t.kanazawa-u.ac.jp

(2) ペトリネットシミュレータの概説

(1)で述べたように、ペトリネットの大きな特徴は、駆動原理の明快性とその汎用性にある。即ち、対象のペトリネット記述がなされれば、プログラムの変更なしで、共通のソフトウェアによって視覚型シミュレーション実行が即時可能となる点に大きな魅力があり、著者らは、その汎用シミュレータ¹⁾を開発してきている。その基本メニューを図-3に示す。

作成ネット図は、この基本メニューに従って、視覚出力画面として構築され、その上でのシミュレーションが可能となる。ここで、メニューにある”Sdata”とは、作成したネットの全ての構成要素と関連構造を、一定の形式で記述・特定化したデータ形式のファイルをいう。まず、このファイルを開き、“図形配置”をクリックすると、要素リストウインドウが現れ、その上で要素を順次指定し、画面上に配置することでシミュレーションネットの構築が容易に行えるシステムとなっている。図-2のネットは、このシミュレータで構築したものである。

図-3のメニューにも示すように、この構築に際して、目的で述べた“背景面の挿入”が可能となっている。この背景面が持つ災害空間の直接視認性が、地震時の阻害要因の抽出と、ネットへの組み込み支援に有効に働くことになる。

3. 緊急車両走行の基本部分ネットの構築

(1) 消防防災システムの基本概念モデル

通常時消防防災システムでは、図-4に示すように、①火災発生に伴い、②通報がなされる。それを受けて、③防災センターで指令が出され、④緊急車両が出動し、現場に向かって走行し、⑤緊急活動が行われることになる。

この系のペトリネット記述は、まず、これらの基本部分ペトリネットを構成し、次に、対象地域の背景画像を設定し、その上に基本部分ネットを配置し、結合化するという手順で可能となる。地震時では、このシステムネットに、さらに地震時阻害要因の基本部分ネットを構築し、結合化することになる。

(2) 基本部分ネットの構成

まず、①の出火から③の指令までの事象のマクロペトリネットを図-5(1)に示す。右端の部分ネットが①の火災部のネットである。ここでは、出火状態か

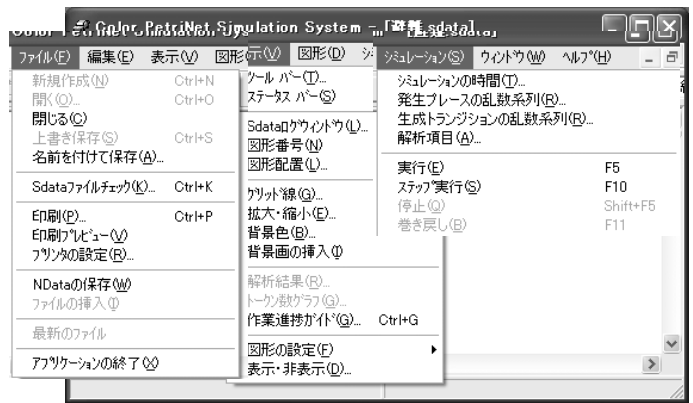


図3 基本メニュー画面

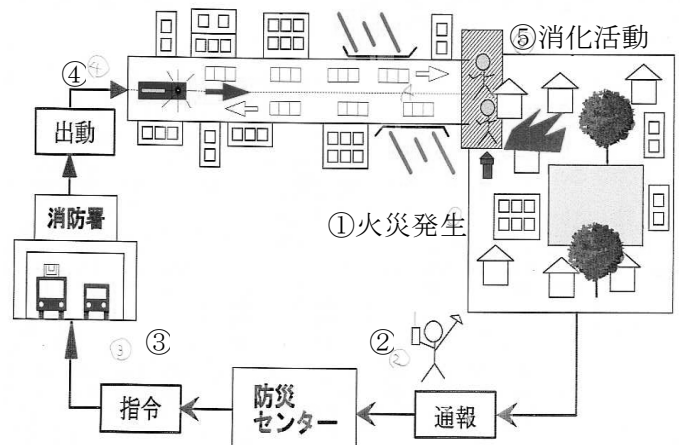


図4 通常時消防防災システムの概念図

ら炎上状態に推移し、それが風上・下・横の3方向への延焼事象を引き起こす。その動的な時間特性については、さらにネットとしての精緻化も可能であるが、ここでは、風速と木造比率で定まる延焼速度式ないしはそれを用いてシミュレーション結果²⁾によるタイマーを使用する。炎上状態を認知する人がいることで、通報がなされる。これが②のネットである。司令官は、この通報を受けて、予告指令を直ちに発し、消防隊は待機に入る。司令官は、さらに通報者と諸確認通話を行い、本指令を発する。これが③のマクロネットである。これらの基本部分ネットの精緻化は、ここではこれ以上は触れない。

次に、本指令を受けて、現場へと出動し、緊急活動を行う④と⑤の基本部分ネットを、図-5(2)に示す。即ち、待機状態にあった緊急車両は、指令を受けて出動する。このとき、走行区間を一般車も走行している。一般車は、サイレン音を聞き、路肩へ退避運転をし、停車するが、それらの行動の遅れや、また、交通量、道路の余裕幅員等によって、緊急車両走行の阻害要因となる。図-5(2)の破線で示したネットは、

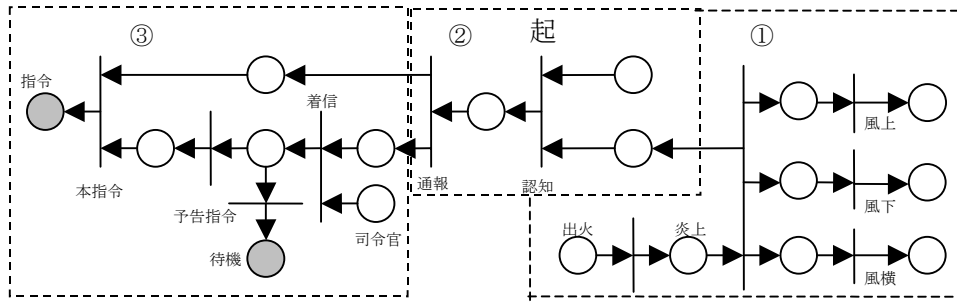


図 5 (1) 通報と指令の部分ペトリネット

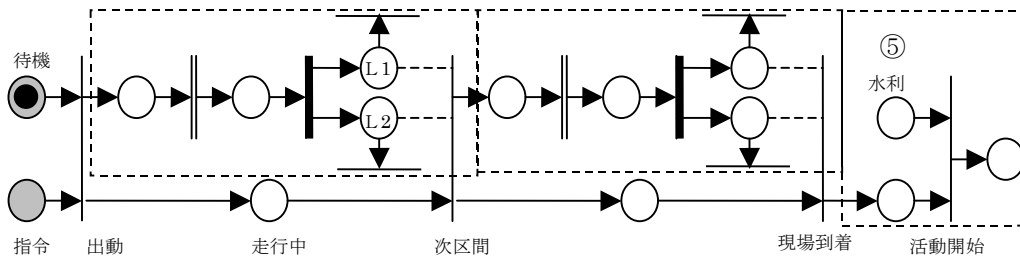


図 5 (2) 車両出動と活動部ネット

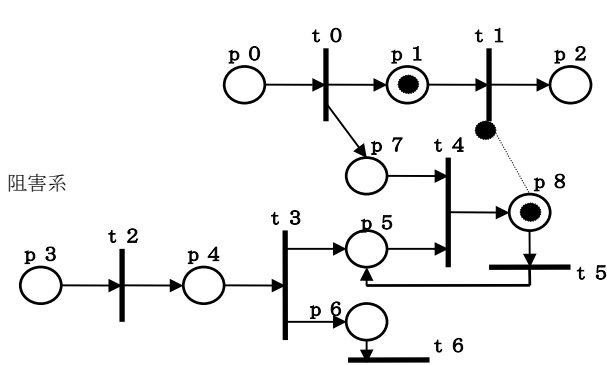


図 6 (1) 制約型

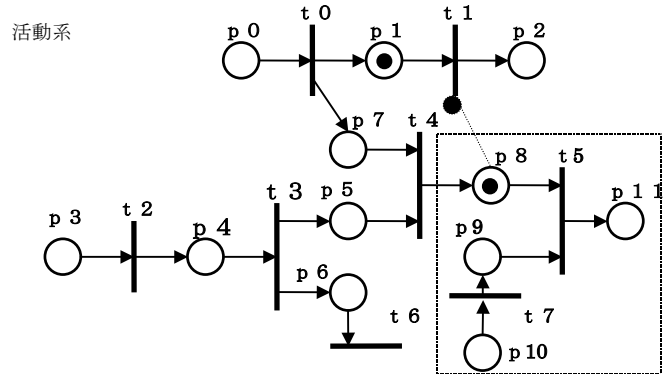


図 6 (2) 切断型

この一般車による阻害ネットである。

この阻害ネットの原理は、図-2 に示した確率ネットと、選択出力先プレースからの抑止によるものである。プレース L1 と L2 には、タイマーが設定しており、緊急車両の次区間への進行が、いずれかのタイマー分遅延することになる。

右端のネットは、⑤の現場での緊急活動のネットで、消防水利の状況を条件に活動が開始される。その結果が、①の 3 方向への延焼拡大事象の抑止として働くことになる。

4. 背景画像上での地震時緊急車両走行のマクロペトリネットの構築

(1) 地震時阻害要因の基本部分ネット構成

地震時には、図-4 の①～⑤の各プロセスに、地震動を引き金とする種々の阻害要因が発生する。それらは、図-5 の(1)と(2)に示したネットの諸事象の生

を妨げたり、加速したりする。ここでは、その作用パターンを、a) 一定時間の遅延等を伴う制約型と、b) 意図的な復旧作業終了まで停止する切断型に分類し、基本部分ネットを構成する。

図-6(1)と(2)は、この両者の基本部分ネットで、共に破線で囲った活動ネットに対して、p8 のプレースから抑止アークをトランジション t1 に伸ばすネットとなっている。相違点は、図-6(1)の制約型では、p8 上のトークンは、そこに設定されたタイマー時間分経過すると、t5 を発火させて消えるために、t1 の発火遅延は、このタイマー時間分に制限される。一方、図-6(2)の切断型では、t5 を発火には、p9 へのトークンのマーキングが必要であり、p10 への意識的なトークン配置によって始めて解除されることになる。なお、これらのネットでも、p3(地震動)から p8 に至る部分に、図-2 の確率ネットが利用されて



図-7 背景画面上での地震時消防防災システムのマクロペトリネット

いる。事前震災対策も有無も、 t_3 への抑止プレースを想定することで表現できるだろう。

(2) 地震時緊急車両走行のペトリネットシミュレーション構築

対象地域を金沢市中心部の広坂消防署管内とし、火災現場を木造密集地域の東山地域としてシミュレーションネット構築を行った。図-7 が、2.の(2)で概説したシミュレータを用いて構築した背景画像上のペトリネットシミュレーション画面である。

左端の中程に広坂消防署があり、右端の中程に火災現場がある。この間の距離は約 2Km である。まず、図-5(1)のネットの火災部を現場に合せる形で配置し、通報と司令部は枠外に配置した。次に、緊急車両の走行路を、背景画像より交差点ないしは曲角に着目し、8 区間に分割し、図-5(2)の車両走行のマクロペトリネットで記述し、緊急車両の存在プレース(図-5(2)の走行中プレース)を、背景画像上の道路空間の対応位置に配置した。図-7 のネットでは、塗潰したプレースがそれに該当する。

地震時障害要因については、沿道に石垣部を抱える区間 3、拡幅が未整備で沿道に木造建物が連なる区間 7、および浅野川に架かる橋梁を抱える区間 8 に、それぞれ制約型障害ネットを配置し、結合化させた。これらの判断は、もちろん議論の余地があるし、その議論自体を支援することで活性化し、防災計画の点検・評価をより身近なものとするのが、1.でも述べたように、本研究の目的であり、その組み

込みと即時実行性が本方法の特徴である。

図-7 の実行性の例として、最後に、早朝深夜時で、風速 2m/s のケースでは、通常時には十分に阻止可能であるが、地震時では風下側への延焼阻止は困難となったという比較シミュレーション結果の1つを記しておく。

4. あとがき

本研究では、地震時防災計画を通常時システムを基盤とし、その常なる点検評価の支援システム開発を意図して、背景画像上のペトリネットシミュレーションの可能性を検討した。マクロネットという形ではあるが、地震時緊急車両の出動と走行に関するシミュレーションの構成手順を具体化し、その即時実行性とさらなる展開の可能性は示せたと思う。緊急車両走行については、マイクロネットをも開発し、走行支援策を検討するとともに、マクロネットとの連携法も検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 木俣, 岸野, 白水: 交通流ペトリネットシミュレータの実用化システムの開発, 土木情報システム論文集, 19, pp.31-40, 2000.
- 2) 木俣, 二神, 他: 土地可燃性情報の地図化システムの開発に関する研究, 土木情報システム論文集, No.10, pp.11-22, 2001