

ペトリネットシミュレータによる背景画像上での地震時緊急路の点検・構築支援システム*
Support System for Inspection and Build-up of Emergency Road-Network at Earthquake
by Petri Net Simulator Using on Background Image*

堀 浩三**・木俣 昇***

By Kozo Hori**・Noboru KIMATA***

1. まえがき

わが国では、依然として地震時火災の脅威は大きく、地震時消防防災計画では、同時多発火災に対する出動計画レベルでの実行性の担保が強く求められる。著者らは、それには通常時を基盤とし、地震時システムを構築し、その常なる点検・評価を行うことが実行性の担保と実効性の向上化に繋がるとして、前論文では、著者らの開発のペトリネットシミュレータを、対象地域画像を背景画像として適用することによって、地震時の障害状況下での緊急路走行性のシミュレーション・ペトリネットの構築法を提案した。¹⁾ 本論文では、この構築枠組みを概説し、地震時切断型障害発生に伴う緊急車両挙動および出動指令システム面でのネット改良について報告する。

2. ペトリネットシミュレータによる地震時緊急路の点検・構築支援システムの概説

(1) ペトリネットの基本原則と特徴

ペトリネットとは、プレース(), トランジション(), アーク(入出力: , 抑止: …)を要素とするグラフの一種による対象系の記述形式をいう。系の状態は、プレースへのトークン()のマーキングによって示され、系の状態推移は、トランジションの発火則によるもので、

1) 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、

2) 入力プレースからトークンが消えて、出力プレースにトークンが配置されるという形で進行する。

ペトリネットのこれら基本原則や概念、また、著者らの開発したソフトウェアを含む詳細は参考文献2)に譲る。ここでは、その特徴として、視覚的な表現性と発火則の明快・汎用性により生まれる理解の容易性、ネットの共通構造性と発火則の汎用性から生まれるネット間の結合性を挙げ、これらの特徴が相まって、拡張化と精緻化支援に優れた手法であることを述べるに留める。

(2) 背景画像上での地震時緊急路走行のペトリネット構成手順

著者らのソフトウェアは、上述の特徴をより引き出すことを主眼に開発されたもので、対象地域画像を背景画像として挿入し、背景画像との空間対応型のネット構築を漸近的に支援する点に特徴がある。前論文では、この特徴を生かして、地震時緊急路の走行性マクロペトリネットの構築を行った。¹⁾ 図-1にその基本手順を示し、達成点と課題を整理する。

まず、背景画像より出動重点地区と出動拠点位置を特定化し、その間の緊急車両の走行路の抽出を行う。この時、通常時経路がまず参照されることになる。そして、抽出経路に沿って、緊急車両走行のマクロペトリネット¹⁾の基本プレース/トランジション群を、背景画像上で実空間との対応性を考慮して配置していく。このマクロペトリネットには、一般車交通による走行性障害ネット¹⁾は組み込まれている。そこで、次に、被害想定図や、経路周辺画像と地震災害画像との参照化の下で、想定障害を識別し、地震時障害ネットを結合化する形で組み込んで行く。最後に、指令部ネットを結合化させることによって、

*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
社会基盤工学専攻

***正員，工博，金沢大学大学院自然科学研究科教授
社会基盤工学専攻

(〒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

緊急車両が出動し、現場に向かって走行するシミュレーション・ペトリネットが構成されることとなる。

前論文では、この手順での経路ネット構築とそのシナリオシミュレーションの実行性を確認し、緊急路網の追加的構築手順の具体化までを達成している。地震時障害には、緊急車両の走行性を低下させる制約型と、走行そのものが不可能となる切断型とが考えられる。ペトリネットモデルとしては、両型の表現化も出来ている。しかし、切断型障害の生起を想定した出動シナリオの検討支援までには至っていない。次章では、この課題について検討する。

3. 切断型障害生起想定下での地震時緊急路の走行性ネットの構成

(1) 課題と追加基本部分ネットの構成

前論文では、金沢市東山地区を出動重点地区とし、広坂拠点からの経路についてのネット構築を 2.の(2)の手順で行った。経路としては、一般車交通による障害性から通常時出動では時間帯別で使用される 2 経路の組み込みを行っている。この 2 経路は、共に現場手前で A 橋に収斂する。この橋梁部には地震時障害ネットが組み込まれていて、切断レベルの障害生起時には立ち往生するネットとなっている。現実には、当然、引き返し、別経路を選択するだろうし、計画的には、障害情報の収集を図り、出動指令に反映させることが望ましい。本章では、これらの面での拡張化を試みる。

まず、図-2 は、橋梁部地区の背景画像上での緊急車両の引き返し挙動図と、その基本部分ペトリネットモデルを対比して示したものである。走行してきた緊急車両は、橋梁部に切断的被害が発生していなければネット図の p1 p2 p3 と進み、火災現場に到達する。しかし、切断的被害が発生していれば、方向転換をして、ハッチが施されたスペースを使用して、p4 p5 と引き返すというネット構成となっている。

具体的には、このネットの左方の小さなスペースとトランジションからなる部分ネットで、地震被害レベル(切断なし=○, あり=●)を確率生成し、その結果と抑止アーク(⋯)とを用いて、上述の 2 つの走行区別を記述している。この走行の記述性は、

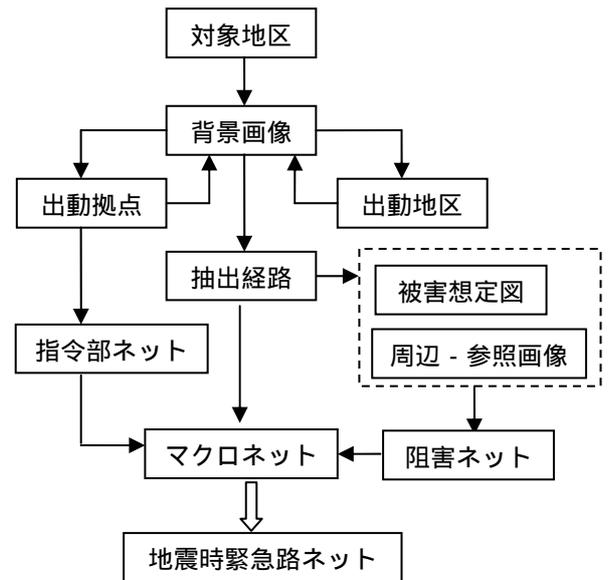


図-1 ネット構築の基本手順

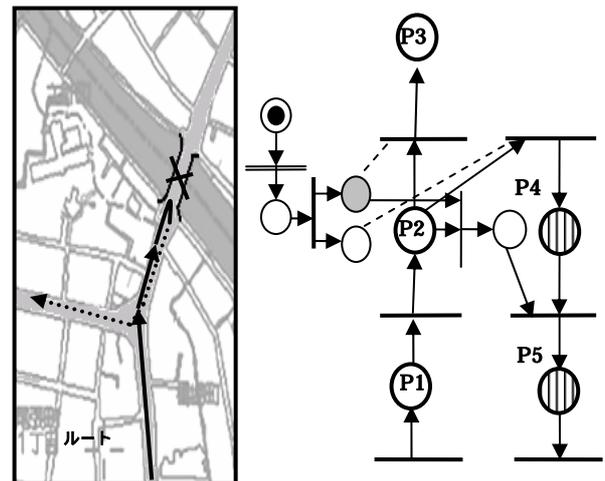


図-2 切断障害による引き返しネット

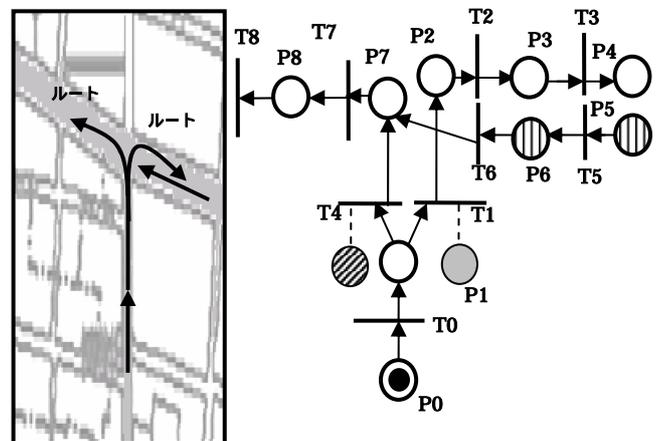


図-3 交差点部制御ネット

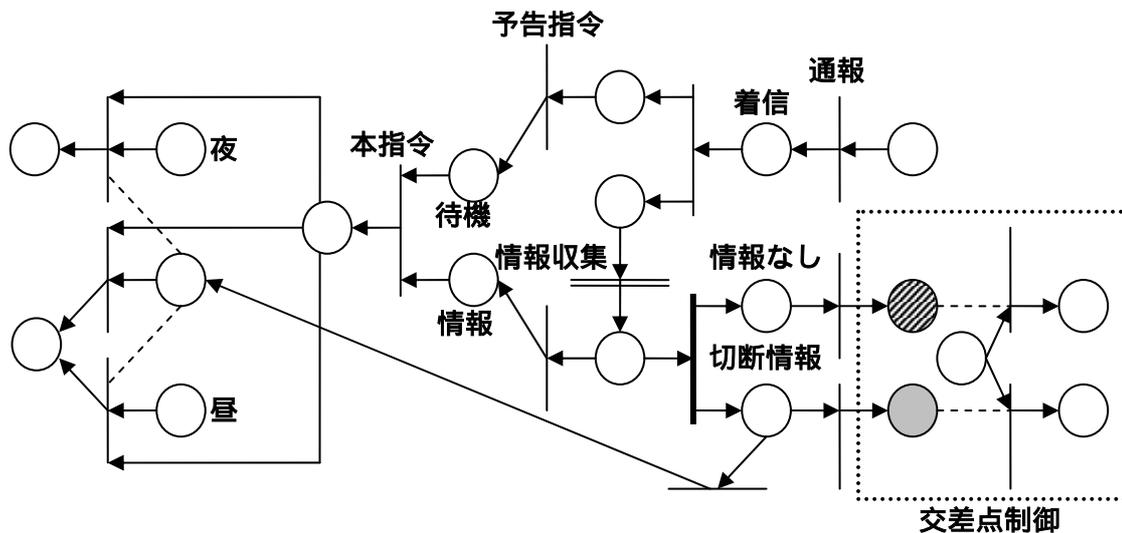


図-4 指令部システムネット

前出のトランジションの発火則を適用し、手動でトークンのマーキングを確認することで容易に理解されるだろう。なお、このネット図では、一般車交通による障害部ネットは省略してある。このことは以下でも同様である。

次に、図-3 に、交差点部の走行挙動図とその制御ネットモデルを対比的に示す。背景画像図のルート
の先に橋梁部がある。この部分の障害生起情報がなければ、緊急車両はルート に向かうが、情報が入手されていれば、ルート を使用しての迂回指令に従うこととなる。ネット図の左下の点線で囲った部分が、これらの挙動制御プレースで、“情報なし”の時にはプレース②に、“情報あり”の時にはプレース①にトークンが配置されることになる。

最後に、指令部のネットを図-4 に示す。ここでは出動時間帯別の基本経路の とに加えて、切断情報の入手時使用の経路 を想定している。火災通報を受けると予告指令で緊急車両は待機に入る。司令部では、地震時には一定時間(タイマ設定)の情報収集活動を行い、その後に本指令を出すとし、情報なし(=②)のケースでは基本経路を指示し、情報あり(=①)のケースでは迂回路 を指示するネットとなっている。右下の点線で囲ったネット部は、図-3の交差点の制御部ネットで、そこに接続することを意味している。ここでは表示していないが、同様に、左端の2つのプレースは、出動拠点部ネットに接続されることになる。

ペトリネットによる支援システムでは、このよう

な拡張化や精緻化が、プログラム修正なしで可能となる点に大きな利点がある。特に、防災計画のように、想定積み重ねとその批判的検討による推進が不可欠な課題においてはそうである。

(2)適用事例ネットの構成

前論文と同一地域を対象に、切断レベルの障害生起を想定した緊急車両出動のシミュレーション・ネットを構築する。図-5 が対象地域全体の背景画像である。

まず、広坂拠点から東山地区までの2つの基本経路、 と のネットは構築されており、ここでは、図-1の手順で、迂回経路 のネットの追加を行うことになる。この経路抽出にもネット構築にも背景画像が討議の土俵となる。

次に、切断的障害の生起が想定されるA橋部分に引き返しネットを結合化する。この操作は、図-5に示したルート と の分岐交差点部までなされることになる。そして、図-3の交差点部ネットを介して、両ネットを結合することで、図-5に示す全体ネットが完成する。この図では、著者らのソフトウェアの基本メニューである「表示・非表示」機能を使用して、緊急車両の走行プレースのみを表示とし、図-2～図-4に示したような細部は非表示としている。ネットの細部検討が必要な時や、拡張化や精緻化が必要な時には、“全てを表示”を選択すればよい。

最後に、このネット図による走行性シミュレーション結果の一部を表-1に示す。まず、障害が一般車交通によるもののみと、地震時の制約型が加わっ

たものが左半分に示してある。いずれも図-4 のネットにある「通報」より緊急車両が図-5 の火災現場、ブレース 206 に到着するまでの所用時間を計測したもので、通常時より経路 で 3 6 % , 経路 で 4 1 % の遅延が発生している。

右半分には、切断型阻害が発生したケースの同所要時間の比較を示してある。“情報あり”では、上述したように経路 ・ の使用が指示される。比較のために、“情報なし”の方も経路 の使用時、即ち、昼間時間帯のものを示してある。“情報なし”では引き返し走行が発生し、50%の遅延となるという結果となっている。

4 . あとがき

本研究では、同時多発型対応を意識して、地震時消防防災計画の支援システムとして、背景画像上でのペトリネットシミュレーション枠組みの可能性について、若干の進展性を示した。地震時火災出動では、まず、緊急路に種々の走行性阻害事象が発生する。この点に備えた消防防災計画が肝要となる。本支援システムでは、緊急路の周辺画像等からその影響の組み入れを考慮することで、それらの重点的改善策の提言、その実現化状況の監視・反映化による発災時の実行性の向上に寄与しうらう。

次に、同時多発性を見据えた戦略的出動が求められる。本論文では、司令部システムネットに、阻害情報の収集プロセスを加え、経路指示の効果シミュレーションを実行した。この収集プロセスに許容される持ち時間は、タイマとして設定することができる。戦略的出動には、出火状況、延焼拡大予測等の情報が必要となるが、持ち時間との関係の議論が不可欠であり、本論文はそのヒントにもなると考えている。

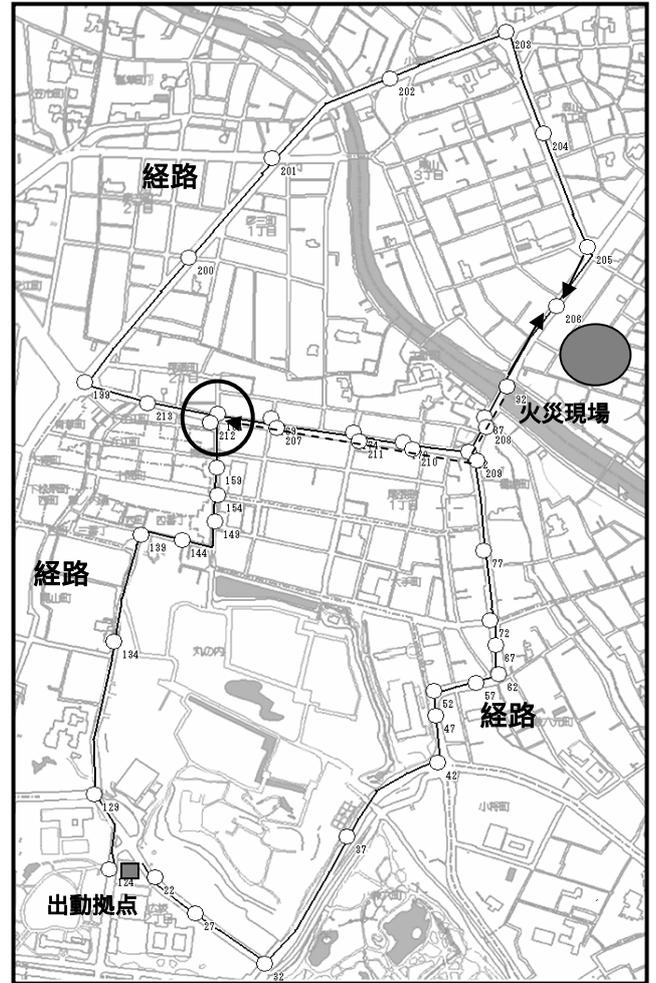


図-5 地震時緊急路網ネット

	通常時	地震時 (制約型)		地震時 (切断型)
経路	358 秒	488 秒	情報有	504 秒
経路	368 秒	520 秒	情報無	761 秒

注) 情報有り：経路
情報無し：経路 引き返し 経路

図-6 シミュレーション結果

参考文献

- 1) 堀, 木俣: 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, 土木計画学研究発表会・講演集Vol.30 CDROM No.317, 2004
- 2) 木俣, 中村: 交通流れペトリネットシミュレータにおける背景画像上でのデータベース化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.21 no.10, pp.51-62, 2004.
- 3) W.Reisig : A Primer in Petri Net Design, Springer-Verlag, 1992.