

# ペトリネットによる火災避難シミュレーションモデル

02003970 工学院大学 池原 栄史 IKEHARA Shigefumi

01204140 工学院大学 椎塚 久雄 SHIIZUKA Hisao

## 1. まえがき

ペトリネット<sup>[3]</sup>を用いた緊急時における避難行動モデルは、文献<sup>[1,2]</sup>等で既に提案されているが、より現実的なモデルという観点からすればいろいろな問題点が残されており、さらに改善されなければならない。これまでに、煙の流れをペトリネットでモデル化し、煙によって視界が狭まることによる人間の行動力の低下および人間が密集することによる移動速度の低下<sup>[4]</sup>を考慮したモデルを提案した<sup>[5]</sup>。本稿では、加えて、避難時における避難情報の伝達及び煙による情報伝達の遮断を考慮したモデルを提案する。

## 2. 避難時の人間の行動

避難シミュレーションのモデリングを行う場合、人間が災害時にどのような行動を取るかという事が問題となる。避難者の行動は、避難する意志を示す避難意志、避難する場所の情報を有しているかという避難場所情報の有無によって、大きく異なる。双方の情報を有する避難者（これより避難行動者）の避難行動は避難場所への最短距離を進む整然としたものであるが、そうでない避難者（これより非避難行動者）の行動は統一性に欠け、その行動はランダムそのものである。本稿のシミュレーションモデルではこの違いをよりいっそう明確にするために、それぞれの行動を異なる部位のペトリネットに分けて記述する。

また、避難行動シミュレータ作成にあたり避難時の人間の行動の速度というものが必要となる。人間の個体の能力、その地形に詳しいか否か、また避難者が密集している、視界が悪化する、避難路が急激に狭くなる、階段などが存在することにより変化する。この地形的なエリア間の移動速度の差異はトランジション時間ペトリネットにおける、対応するトランジションの時間遅れの値の差異で記述を行う。

## 3. 煙の発生と拡散

連続事象である煙の拡散を離散事象の記述に有益なペトリネットでモデル化することは、本来望ましいことではない。しかし、人間の行動を離散事象として捉え、その行動をペトリネットで記述した時、煙の拡散を他の方法でシミュレートした場合、その同期方法、記述、相互作用、実行速度において問題が生じる。また、本研究で取り扱う煙の拡散はそれ程厳密な値を必要としないものであるため、ペトリネット上ではほぼ等価に記述できると考え、煙の拡散をペトリネットで行い、その相互作用の記述を取り扱う。

## 4. 遅延アーク

避難シミュレータの対象である人間の行動を考えた場合、避難者の密集、見通し距離の低下によって移動速度が変化する、この移動速度の変化によってネットが複雑化する。この現象をネットで簡潔に表現するために遅延アークという考えを用いる。

遅延アークはトランジション時間ペトリネットにおいて用いる。これは、トランジションの発火遅れを遅延アークの元にあるプレースのトークンの数に遅延アークの重みを乗じた値だけ遅らせる。遅延アークは発火には直接影響する事はなく、その重みは0でない数である。

## 5. 容量制御アーク

煙りによる避難路の視界の遮断を記述するために、容量制御アークも遅延アークと同様にトランジション時間ペトリネットにおいて用いられる。容量制御アークも発火に直接影響することはない。容量制御アークはアークの元にあるトランジションの発火遅れにその重みをかけた値の分だけアークの先にあるプレースの容量を減少させる。また、その重みは0でない実数である。

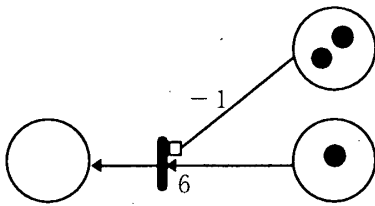


図1 遅延アーク

図1におけるトランジションの発火遅れの基本値は6であるが、遅延アークの元のプレースにトークンが2つ存在するため、この状態におけるトランジションの発火遅れは4となる。 $(4 = 6 + (-1) * 2)$

図2におけるプレースpの容量は4であるが、トランジションtの発火カウンタの2に重み1をかけた値の分だけその容量を減少し、この状態における容量は2となる。 $(2 = 4 - 2 * 1)$

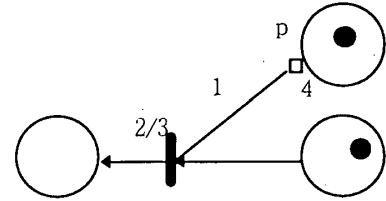


図2 容量制御アーク

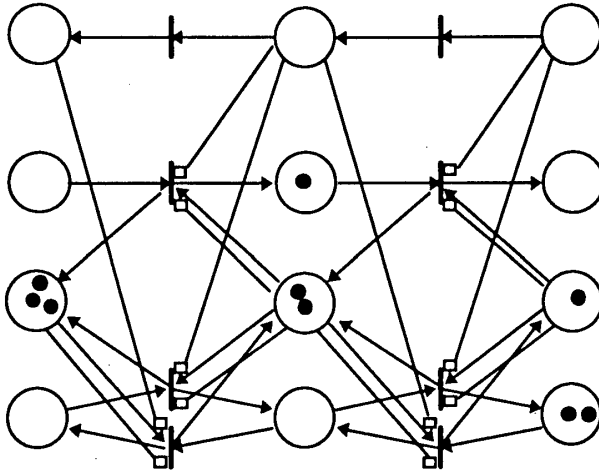


図3 避難シミュレーションモデル例

煙の拡散

避難者の避難行動

避難路の空き容量

非避難者の行動

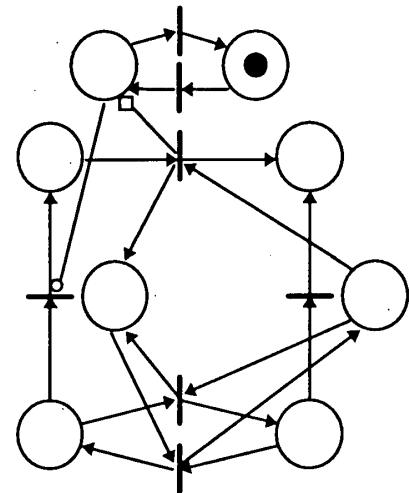


図4 情報伝達モデルの例

## 6. 避難シミュレーション

本研究のシミュレーションモデルでは、視覚的効果も考え、避難場所の平面モデルを4層に重ねたモデリングを行う。それぞれの層は異なる対象を表わし、それぞれ、煙の拡散、避難行動者の避難行動、避難経路の空き容量、非避難行動者の行動を示す。

## 7. 避難情報伝達

避難時に避難意志及び避難場所情報の伝達により非避難行動者も避難行動者になりうる。この避難情報の伝達が行われる状況をモデル化する。多層構造的なモデリングで一定のエリアの避難行動者および非避難行動者の行動を示すトランジションを一つのグループとして捉え、避難行動者のトランジションの発火が行われているエリアで、非避難行動者のトランジションが発火を行う時に避難情報の伝達があったものとみなし、その行動部位を遷移する方法である。

## 8. まとめ

今後の課題としては、簡略化した煙や人間の行動の持つ数的な影響をより厳密に取り扱うことのできるモデルを考察することである。さらに、遅延アークの重みを式で表す事等により、より数的な影響を厳密に取り扱い、大規模な避難シミュレーションを可能にしたい。

### 文献

- [1] 椎塚久雄：“ペトリネットのシミュレーションへの応用 [VI] —ビルにおける避難行動シミュレーション—”，オペレーションズ・リサーチ, No. 35, No. 4, pp. 236-241, 1990年4月。
- [2] Hisao Shiizuka and Kenji Koyano: “Simulation for Building evacuation as Discrete Events by Net Model Approach”, Proc. of the 1991 European Simulation Multiconference, pp. 3-9, June 1991.
- [3] 椎塚久雄：“実例ペトリネット”，コロナ社，1992年。
- [4] 室崎益輝：“ビル火災”，大月書店，1982年。
- [5] 池原栄史・椎塚久雄：“ペトリネットを用いた避難シミュレーションモデル”，1995年度日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集, 2-A-7, PP172-143.