

# ペトリネットを用いた避難シミュレーションモデル

申請中 工学院大学<sup>○</sup>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>[1]</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。

文献<sup>[1,2]</sup>のモデルでは、煙の流れまでもペトリネットモデル化したものではない。本稿では、このような煙の動きをペトリネットモデル化し、さらに、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する。

なお、ここでは、火災により発生する煙の拡散、避難行動を行う人間の動きを扱うことにする。

## 3. 避難時の人間の行動

避難シミュレーションを行う場合、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持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。双方の情報を有す避難者（これより避難行動者）の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るものである。本稿のシミュレーションではこの違いを明確にするために、それぞれの行動を異なる部位に分けて記述する。

一般的な人間の水平方向での移動速度は、毎秒1.0メートル前後といわれているが、人間の個体能力、地形習熟度、避難路の密集度、見通し距離などにより変化する。本稿のシミュレーションモデルでは避難者は地理に詳しく、健康な人間のみを対象とし、避難路の密集度および火災の煙による見通し距離による避難速度の変化についてのみを考慮の対象とする。

## 4. 煙の発生と拡散

発生する煙の量は可燃物の量や質、燃焼の仕方によっても異なるが、本稿のシミュレーションで

取り扱う煙の効果は避難路における見通し距離の変化にのみ限定されており、また、避難路の規模が小さいため、発生量については考慮しない。

煙の拡散速度については、室内においては毎秒約0.3メートル、廊下においては毎秒約1.0メートルに固定する。

## 5. 避難シミュレーション

シミュレーションでは視覚的効果も考え、1平方メートルの避難路に対しネットを4つの部位に分けて記述する。4つの部位はそれぞれ、避難路に存在する煙による減光係数、避難行動者の避難行動、避難路の持つ避難者の許容量、避難意志、非避難行動者の行動を表す。

### 5.1. 煙を表す部位

この部位におけるネットの接続は、煙の拡散方向と、拡散速度を表す。またトークンは減光係数を約0.25だけ増加させる煙の量の存在を示す。

### 5.2. 避難行動者の避難行動を表す部位

この部位におけるネットの接続は一方通行で、避難場所までの最短距離を表す。トークンは避難行動者を表す。

### 5.3. 避難者の許容量を表す部位

この部位は対応する避難路に進入可能な人数を示す。この許容量は当然避難者、非避難者共通である。

### 5.4. 非避難行動者の行動

非避難行動者の行動は右往左往という事が示すようにランダムな行動を取る。この部位におけるネットの接続は双方向であり、物理的な空間のつながりを表す。トークンは非避難行動者を示す。

## 6. 遅延アーク

避難シミュレータの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がする。この現象をネットで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、発火には直接影響する事はなく、その重みは0でない整数である。

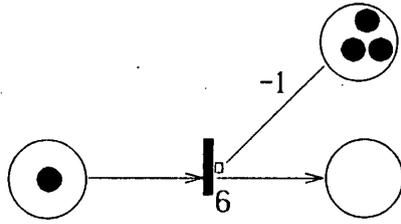


図1 遅延アークの例

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3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3である。

## 7. 避難シミュレーションモデル

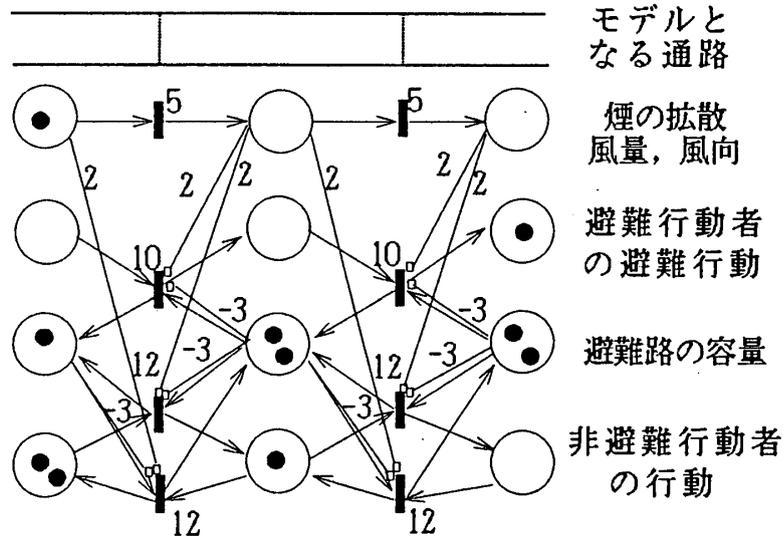


図2 避難シミュレーションのモデル例

## 8. むすび

今後の課題として最も重要な事項は、ここで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

図2に避難モデルの例を挙げる、モデルとなる避難路は1m幅の通路3mの中央部である。

本稿の避難モデルでは前述の遅延アークの他に2つのモデリング手法を用いている。

ひとつは、煙による見通し距離の変化を避難行動に反映させるために煙を示すトークンを発火時に消去しない事である。煙の発生量がトークンの示す濃度より膨大なため、本稿のモデルのサイズでは、そのことによる影響はないと思われる。

もうひとつは、人間の行動を示すトランジションは一つの行動につきひとつを割り当てるのが普通であるが、同じ立場の人間の同じ行動はひとつのトランジションで表してあり、そのトランジションは複数の行動の発火の処理を行う。これにより、モデルを簡潔にし、なおかつ、通路を行動している人間の増減による行動速度の変動を即座に記述することができる。

ション—”，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 35, No4, pp. 236-241, 1990年4月。

[2] Hisao Shiizuka and Kenji Koyano: “Simulation for Building evacuation as Discrete Events by Net Model Approach”, MODELING AND SIMULATION 1991, 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。