

ペトリネットを用いた避難誘導に関する研究

情報科学科 綾垣 雄紀

指導教員：辻 孝吉

1 はじめに

東日本大震災において発生した津波による死者のうち避難の遅れが原因である者は全体の 92.5%を占めたように災害発生時における避難誘導は非常に重要である。

本研究では、災害発生時の施設からの避難を考える。まず、これらをコンカレントシステムととらえ、ペトリネットを用いたモデル化法を提案する。特に、本大学の学生がよく利用する講堂を例に迅速な退場を行うための避難誘導について講堂と人の流れをモデル化し、シミュレーションを行う。そして、提案モデル化法により避難誘導方法を評価し、より最適な避難誘導方法を提案できることを示す。

2 ペトリネット

ペトリネットとは並行で非同期的なふるまいをするシステムをモデル化、解析するために有用なグラフィックモデルである。これは、フローチャートのような静的なダイアグラムとは異なり、トークンがネットの中を動き回る動的モデルでもある。[1] 表 1 にペトリネットの形式的な定義を示す。

表 1: ペトリネットの形式的な定義

ペトリネット $PN = (P, T, F, W, M0)$ 、ここで
$P = p1, p2, \dots, pm$ は、プレースの有限な集合。
$T = t1, t2, \dots, tn$ は、トランジションの有限な集合。
$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ は、アークの集合。(流れ関係)
$W : F \rightarrow 1, 2, 3, \dots$ は、重み付け関数。
$M0 : P \rightarrow 0, 1, 2, 3, \dots$ は、初期マーキング。
$P \cap T = \phi$ でかつ $PT = \phi$ である。

3 モデル化手順

避難対象のモデル化の大まかな手順を示す。(各ステップの詳細は論文参照)。

[モデル化手順 (概要)]

- 1 人を 1 つのトークン、人の現在地をプレース、人の移動は発火遅延を与えたトランジションで表現する。
- 2 席から通路までの移動のモデル、通路から退場までのモデルを別々に作成しその後接続する。
- 3 プレースに入るトークン数と移動する方向をトークンに色集合 (x, y, z) を与え制限する。
- 4 トークンごとに乱数を与えトランジションからの出力アークの重みに乱数の条件を設定する。トランジションごとに条件を設定する。
- 5 扉を表すトランジションはループするトークンを発火条件にして一度に発火できるトークン数を制限する。

モデル化の例として愛知県立大学地域連携センター講堂を用い、シミュレーションツールとして CPN tools[2]を使用する。CPN tools は実時間を使用したシミュレーションが可能である。モデルの退場時間と実際の退場時間の値は近い数値であることから、本モデルは妥当であることがわかる。席から通路までのモデルを図 1 通路から出口までのモデルを図 2 に示す。

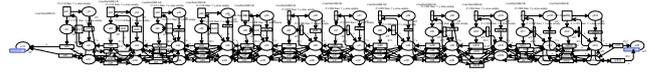


図 1: 席から通路までのモデル

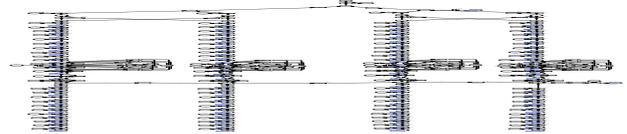


図 2: 通路から出口までのモデル

5 シミュレーションと解析の例

提案モデルのシミュレーション結果より、プレースの平均トークン数が得られる。この平均トークン数は人の混雑具合を示しており、平均トークン数が多ければより混雑していることを表す。混雑が多ければ移動に時間がかかるため、退場時間の遅れに繋がる。このモデルのシミュレーション結果から人が移動する方向を制限する誘導を行ったモデルを提案した。

誘導のない場合のモデルの解析結果と誘導を考慮したモデルの解析結果の例を表 1, 2 に示す。

表 2: 誘導のない場合のモデルの解析結果

Timed statistics				
Name	Count	Avrg	Min	Max
Marking_size_page' pp1_1	758	65.231579	0	157
Marking_size_page' wh7_1	1710	110.236842	0	177

表 3: 誘導を考慮したモデルでの解析結果

Timed statistics				
Name	Count	Avrg	Min	Max
Marking_size_page' pp1_1	754	31.412698	0	77
Marking_size_page' wh7_1	1698	108.105820	0	169

Marking_size_page' pp1_1 と Marking_size_page' wh7_1 はともに出口の扉の前にあるプレースを示しており、[Avrg]はプレース内にある平均トークン数、すなわち扉の前で待つ人数の平均を意味する。

この結果から誘導を考慮したモデルでは誘導のないモデルに比べ [Avrg] が減少しており扉の前で待つ人数が減少し、混雑具合が緩和されていることがわかる。

7 おわりに

本論文では、迅速な避難誘導を行うために、ペトリネットを利用して、施設から退場する際の人の移動のモデル化を行った。避難誘導のない退場のモデルを作成し、トークンの移動を制限するなどモデルを解析することで適切な避難誘導を提案できることを示した。

参考文献

- [1] 村田忠夫, ペトリネットの解析と応用, 近代科学社, 1992
- [2] CPN tools, <http://cpntools.org/>