

ペトリネット・シミュレータを用いた避難計画支援システムの構築

榊世紀東急工業

重本哲也

愛媛大学工学部 正会員〇二神 透

1. はじめに

本稿は、ペトリネット・シミュレータを用いて閉空間における人間の避難行動モデル構築する。特に、大震時を想定した場合、避難対象空間の変化（破壊による通行障害、火災の発生、煙の拡散、出口渋滞による滞留）など様々な要因を考えなければならない。ペトリネットによるシミュレータの特徴は、こういった阻害要因を容易に取り扱える点にある。たとえば、シナリオ的に種々の要因を自由に変更することにより、様々な対策の評価が可能となる。そこで、ペトリネットの特徴を用いて避難行動空間・避難モデルを構築し、実際の閉空間に適用して有効性と問題点について整理する。

2. 対象空間と基本モデル

図1に示す区間を対象に、避難シミュレーションを構築する。対象とする空間は、建物の2階部分（部屋数26）で、廊下、出口の空間的つながりを図中に示すようなネットワークで表現した。部屋を示すノードには部屋番号を表記している。図1のネットワーク上では1階の出口をゴール地点とし、ゴールに到着すれば避難成功としている。また、避難者の歩行に関する設定は、“追従”を考慮し前方を歩行する人の方向に従うものとしている。また、避難者は空間に対する認知度が高いという前提で、最も近い出口に進路をとるものとする。

初期配置については紙面の制約上割愛するが、空

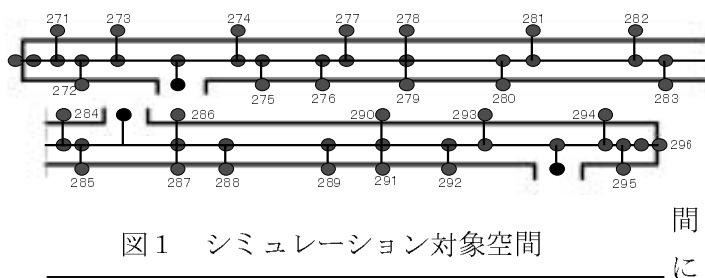


図1 シミュレーション対象空間

間
に

Keywords: Petri Net, 避難シミュレーション, 災害シナリオ
松山市文京町3
Mail: futagami@dpc.ehime-u.ac.jp

存在する総人数158名とし、部屋に2つ扉がある場合は、半数ずつ両方の扉から脱出するものと仮定した。部屋に多くの人々が居た時に、同時に全員が避難行動を開始した場合、ネックとなるのが扉の部分である。「火災便覧」による“新・建築防災計画指針”によれば、避難の上でネックとなる部分の避難時間の計算式は

$$T = N / (k \sum B) \quad (1)$$

N : 避難人数

k : 流動係数 (人/m・sec)

B : ネックとなる路幅 (m)

T : 時間 (sec)

で与えられ、平面部分で $k=1.5$ (人/m・sec) 階段部分で $k=1.3$ (人/m・sec) が与えられる。対象空間の扉は0.75mであるため、それを基に、一人が扉を通過する時間を計算すると約0.89秒となる。この値を図2の部屋プレースにプレースタイマとして与えて、部屋からの脱出を表現する。“扉通過時間0.89×避難人数”が部屋脱出時間で、その値を生成プレースのプレースタイマに与える。発火可能となれば終了プレースにトークンが移動し扉が閉まる。

また、扉トランジションには廊下の実阻害プレースから抑止がかけられている。部屋の前に実阻害がある場合、避難者は部屋から脱出することができず部屋滞在プレースで扉の抑止の解除を待つ状態となる。

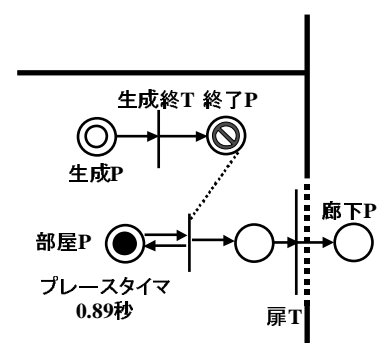


図2 部屋から廊下への脱出ネット

2) 廊下の基本構造ネット

図1の廊下のノードのある1点を表したものが、図3に示す廊下の基本構造ネットである。図中、P1、P2は廊下の進行方向を表す。P1は図上で上方向の進行、P2は下方向の進行を示す。このプレースにはプレースタイムが与えてある。このシミュレーションモデルでは歩行速度1m/sを採用している。P3、P4は、判断を表すプレースで、前方に煙が見えると、引き返すという行動を表す。プレースタイムは引き返す方向の次のプレースまでの所要時間を与えている。P5、P6は、障害視認を発生させるためのプレースである。P7、P8は、実際に障害視認をするプレースである。このプレースからは進行方向に進むトランジションに抑止がかけられ避難者が前に行かないようにしている。また、P3・P7またはP4・P8にトークンが打たれているという条件で、避難者は引き返すことになる。P9は、実際の障害（煙・炎など）を発生させるためのプレースである。その障害そのものが移動するものであれば、プレースタイムをあたえることにより連続的な表現もすることができる。P10は、実障害のプレースでここにトークンが打たれると避難者は引き返すこともできない状態となる。P11は、危険状態に陥ってしまった避難者を表すプレースである。P10にトークンが打たれることによってP3もしくはP4にトークンが打たれているという条件で危険状態に陥る。

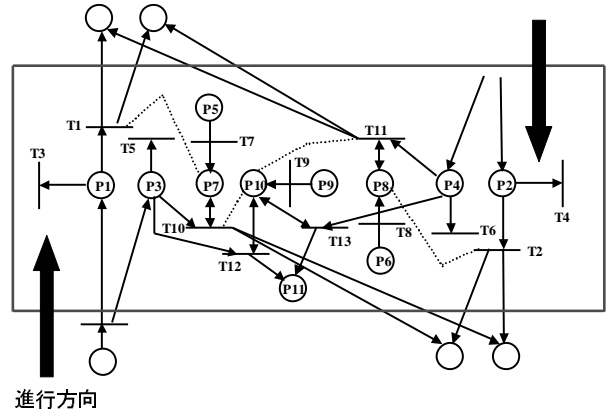


図3 廊下の基本構造ネット

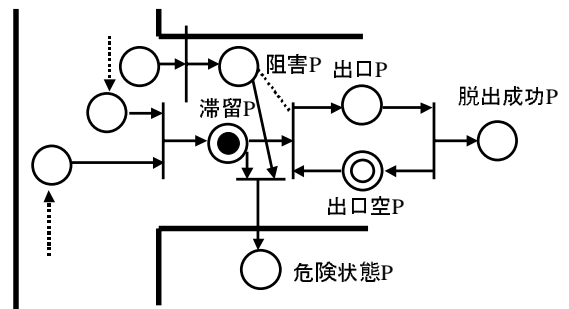


図4 出口の基本構造ネット

3) 出口の基本構造

出口付近は左右両方向からの避難者の合流など部屋脱出と同様、滞留することが予想される。そこで特別に置かれたプレースが滞留プレースである。図4に示すとおり合流した避難者たちは一度滞留プレースに入り、前に入った人が避難成功となるまで待機するというものである。滞留プレースの先には出口プレースと出口空プレースを置いている。出口空プレースにはネック部分の流動係数1.3(人/m・sec)と出口幅1.2mから0.64秒のプレースタイムを与え、このプレースによって滞留プレースに溜まった避難者が出口のネックを無視して避難しないように表現している。出口プレースの先には脱出成功プレースがあり、シミュレーション実行時に当該プレースに

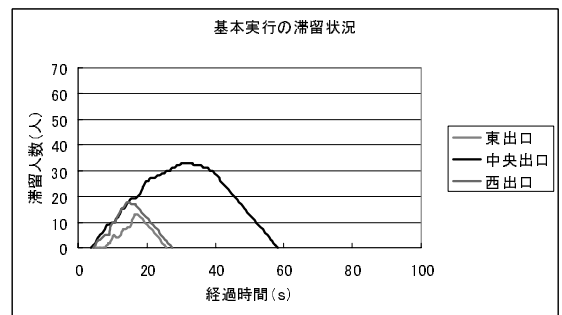


図5 シミュレーション結果

打たれたトークンの数が脱出成功人数となる。また、出口にも直障害プレースを置き、滞留プレースにいる避難者は直障害によって危険状態に陥るよう構成している。

3. おわりに

図5は、構築したモデルを用いた対象空間の避難シミュレーション結果である。1階3つの出口における経過時間と滞留人数の関係を表している。この図より、中央出口に避難開始から30秒後に32人の滞留がみられ、約60秒で避難が完了していることがわかる。シナリオ・シミュレーション結果（煙の発生や、避難誘導の効果）については、講演時に発表したいと考えている。