

ペトリネットによる横断歩行者のマイクロシミュレーション に関する基礎的研究

金沢大学 正会員 木俣 昇

金沢大学 高木秀彰, 黒川浩嗣, ○鷺坂 崇

1. はじめに

著者らは、ペトリネットという手法を用いて、交通シミュレーションシステムの基礎的研究¹⁾を行ってきた。そこでは5つの部分モデルと、それらの結合化による交差点のペトリネットシミュレーション法を示した。本論文では、ペトリネットの特長を活かし、交差点を横断する歩行者をミクロな視点で捉え、横断歩行者が左折車に与える影響を検討できるペトリネットシステムを構築することを試みる。

2. 交通流の基本ペトリネットモデル

ペトリネットは、基本的には離散系のものであり、モデルの構築には、現象を離散的に捉える必要がある。つまり、現象を“事象”の生起と、それに伴う“状態”の推移として捉える。ペトリネットでは、事象をトランジションと呼ばれる〔 〕で、状態をプレースと呼ばれる〔 〇 〕で表現し、それらの間をアークと呼ばれる〔 → 〕で結び、事象と状態の関係を表す。また、プレース内にトークンと呼ばれる

〔 〇 〕をマーキングすることで、状態が成立していることを表す。図-1の(a)に車両進行の基本ペトリネット図を示す。ここでは、P0とP3にトークンがマーキングされているので、“Aに車両が存在し、Bが空きである”ことを表している。このときT0に着目すると、T0の全ての入力プレースにトークンがマーキングされている。このようなときにT0は発火し、T0が表している事象“車両が地点Iを通過する”が生起したことになる。この発火に伴って、入力プレースからトークンが取られ、図

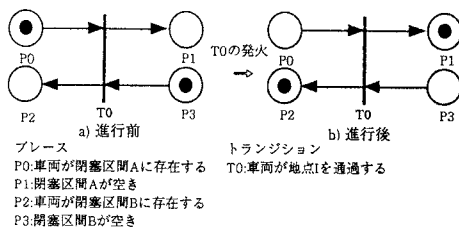


図-1 車両進行のペトリネットモデル

1の(b)の様に出力プレースにトークンがマーキングされ、車両進行が表されることになる。

離散系のペトリネットを連続系の交通流に適用するためには、プレースタイマの導入が必要となる。プレースタイマとはトークンの属性の一つで、トークンにタイマを与え、その時間分だけトランジションの発火を遅延させるものである。この導入によって、車速や信号時間を表現する。このような考え方で、ペトリネットによる交通流マイクロシミュレーションシステムを開発したのが、文献1)のシステムである。ここではこれを基礎にモデル化する。

3. 横断歩行者の部分モデル

歩行者が横断歩道を渡る時の挙動を、

(a) 横断歩道入口における歩行者

(b) 歩行者の横断

という2つの視点から捉えてモデル化を行い、その後、2つを結合させて部分モデルを作成する。

(a) 横断歩道入口における歩行者

赤信号時に横断歩道入口に到着した歩行者は、入口で待ちながら集団化し、集団で横断歩道を渡る。青信号時に到着した歩行者は、そのまま単独で横断歩道を渡る。実際の現象をこのように捉えて、図-2のようなモデルを作成した。このモデルの特徴は、赤信号時にP0で発生した歩行者1人を表すトークンは、P10~P16の制御プレースを経て、集団化された歩行者を表すトークンに変換され、P1(歩行者がすぐに横断できる状態)に到達する。青信号時にP0で発生したトークンは、そのまま歩行者1人を表すトークンとしてP1に到達する。このようにして上記の現象を一つのネットで表した。また、赤信号時における歩行者の集団化は、P11に集団化させる人数と同じ数の初期トークンを打つことでモデル化しているので、この初期トークンの数を変えることで、人数は自由に変化させることができる。

(b) 歩行者の横断

歩行者は、青信号時には普通に横断歩道を渡り、信号が点滅になると急いで渡る。この現象を図-3のようなネットモデル化した。このモデルの特徴は、横断歩道内を表すプレースとして、プレースタイマを長く設定するP2、P3と、プレースタイマを短く設定するP5の2種類を設けている所にある。歩行者を表すトークンには、青信号時には、P2→P3を通りP4（横断歩道出口を表す）に到達し、点滅時には、P5を通りP4に到達するという工夫で、上記の現象をペトリネットとして表している。

4. 横断歩行者と左折車のペトリネットシミュレーションシステム

左折車に対する横断歩行者の影響を考慮して、図-4のようなネットを作成した。P20～P22は左折車の存在を表し、PLは左から横断してくる歩行者、PRは右から横断してくる歩行者の存在を表す。このPL、PRは、3章で作成した横断歩行者の部分モデルの横断歩道内を表すプレースと対応している。これらのプレースからT20（車が左折するという事象）に抑止アークを伸ばすことで、歩行者が左折車に与える影響をモデル化している。

これらの部分ネットを、現場に合わせて拡大化、複雑化したネットを作成し、歩行者の左折車に与える抑止条件の変化に伴う影響、スクランブル交差点と普通交差点と比較などのシミュレーションが可能となる。

5. おわりに

本研究では、まず、歩行者が横断歩道を渡る行動のペトリネットモデルを作成した。そこでは、横断歩道の入口での集団化や、横断歩道内での歩行者の信号に応じた動きといった、ミクロなネット化を試みた。次に、それに既存の車両モデルを結合させることによって、横断歩行者と左折車のペトリネットモデルを作成した。この開発したシステムを用いて種々のシミュレーションを行い、基本モデルとしては十分に機能することを確認した。

今後の課題としては、歩行者の動きが速度が2種であるため、遅く渡る人や、自転車などの不規則な横断者にも対応する工夫が必要となる。さらに、歩行者が車に与える抑止条件は、今のネットではシミ

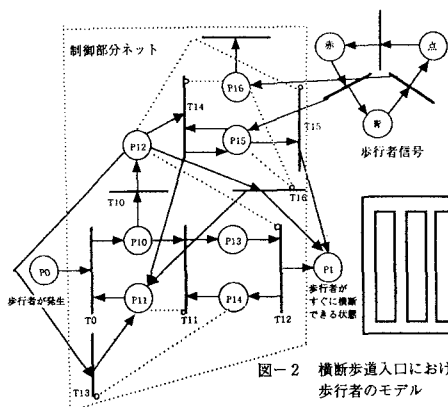


図-2 横断歩道入口における歩行者のモデル

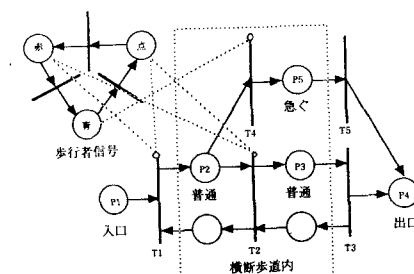


図-3 歩行者の横断のモデル

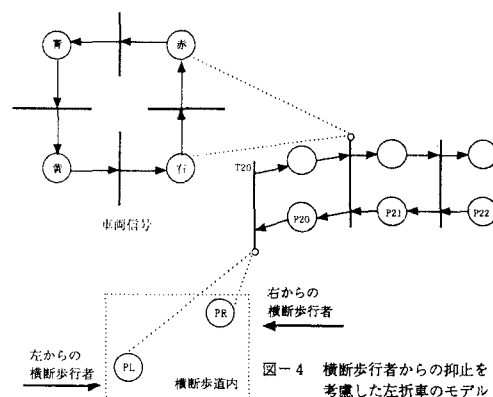


図-4 横断歩行者からの抑止を考慮した左折車のモデル

ュレーション中に変化させることができないので、シミュレーション中にランダムに抑止条件を変えられるようにすることも、今後のテーマと考えている。

参考文献

- 1) 木俣 昇, 高木秀彰, 黒川浩嗣: ペトリネットによる交通流シミュレーションシステムの開発, 土木計画学研究・論文集 No12, pp.691~699, 1995.8