

信号交差点部における緊急車両走行支援のペトリネットシミュレーション研究

金沢大学・学生員 南部佳郎 金沢大学・正員 木俣昇

1. まえがき

緊急車両の走行には、一般車が警報を認知して行う退避運転が大きく影響する。本論文では、車両の道路空間占有性の記述による交通流シミュレーションに特徴を持つペトリネットシミュレータを適用し、一般車退避運転の確率化と、緊急車両の交差点部通過支援のための信号制御案のペトリネットを構築し、緊急車両の交差点部走行に関するシミュレーション法を提示し、信号制御の効果と課題について検討する。

2. 緊急車両走行の基本ペトリネット

(1) 緊急車両と一般車の混合流ネット

ペトリネットは、事象の生起による対象システムの状態推移を視覚的に容易にグラフ形式で表現する手法である。まず、図-1に1車線での緊急車両と一般車の混合流ネットを示す。上方が一般車の通常時走行を、下方が緊急車両走行を表すネットである。「○」と「□」をプレース、「|」をトランジションと呼ぶ。当該区間に車両が存在し、前方の閉塞区間を示すプレースに空間の空きが存在する時、トランジションが発火し、車両進行が起きるという関係を「→」：アークで記述している。一般車・緊急車両の進行はトランジションが発火し、一般車と緊急車両の存在を示すプレースに、「●」あるいは「■」で記述された一般車・緊急車両を示すトークンが移動することで表現されている。緊急車両と一般車の空間占有差は、空間の空きプレースの数に差をつけている。一般車と緊急車両の走行特性については、プレース（「○」と「□」）に応じた速度の更新表を使用することで表現している。

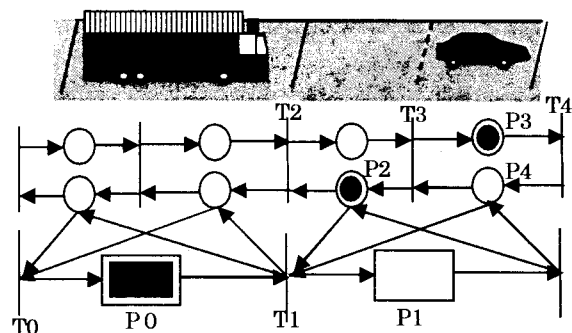


図-1 混合流ネット

いる。一般車・緊急車両の進行はトランジションが発火し、一般車と緊急車両の存在を示すプレースに、「●」あるいは「■」で記述された一般車・緊急車両を示すトークンが移動することで表現されている。緊急車両と一般車の空間占有差は、空間の空きプレースの数に差をつけている。一般車と緊急車両の走行特性については、プレース（「○」と「□」）に応じた速度の更新表を使用することで表現している。

(2) 警報と一般車退避ネット

一般車は緊急車両からのサイレンを聞くと通常走行から退避行動へと挙動を変える。図-2にその一般車の挙動ペトリネットを示す。図-2の下方のネットは一般車の通常時走行ネットである。図-2の最上部のものがサイレンによる規制ネット、中間部が一般車退避行動ネットである。まず規制ネットは緊急車両が接近するとプレース「P14」にもトークンが打たれ、「T11」が発火し、「P16」にトークンが打たれる。その結果、退避行動のトランジションを抑止している「P15」から通常走行のトランジションを抑止する「P16」へと切り替わり、一般車は退避行動を行う。この退避行動ネットは一般車の通常走行プレース・空間の空きプレース・退避減速プレース・退避完了プレースで表現できる。規制ネットにより通常走行が規制されると一般車は前方の路肩に退避行動に移る。したがって前方の空きが退避行動への開始条件になる。また退避行動にかかる時間はドライバー特性によるとし、減速プレースに早いプレース「P8」と遅いプレース「P9」を設け、どちらに入るかを生成・選択トランジション「T3」・「T5」を用いて確率表現にしている。退避完了により、空間の空きプレースにトークンが戻され、後続車の退避が可能となる。

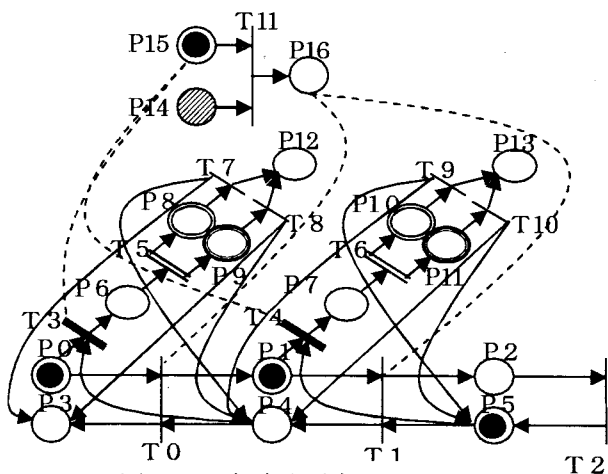


図-2 一般車退避ネット

規制ネットにより通常走行が規制されると一般車は前方の路肩に退避行動に移る。したがって前方の空きが退避行動への開始条件になる。また退避行動にかかる時間はドライバー特性によるとし、減速プレースに早いプレース「P8」と遅いプレース「P9」を設け、どちらに入るかを生成・選択トランジション「T3」・「T5」を用いて確率表現にしている。退避完了により、空間の空きプレースにトークンが戻され、後続車の退避が可能となる。

3. 交差点部走行支援シミュレーション実行と考察

(1) 信号制御案のペトリネット化

図-1 と図-2 を結合し、信号を加えると、交差点部をネット化でき、図-3 のネットが構築できる。緊急車両の走行側信号を「信号 1」とし、横断車線側信号を「信号 2」とする。これらの信号から交差点手前のトランジション「T0」、「T1」にそれぞれ抑止をかけて制御している。信号 1 が赤の時、交差点手前の一般車「P0」は、信号 2 が青のため横断車線から一般車が流入して、退避行動に必要な前方の空き「P1」が使用される。すると信号 1 が青に切り替わるまで「P0」の一般車は退避行動に移れない状態が発生し、緊急車両が待機しなければならない。

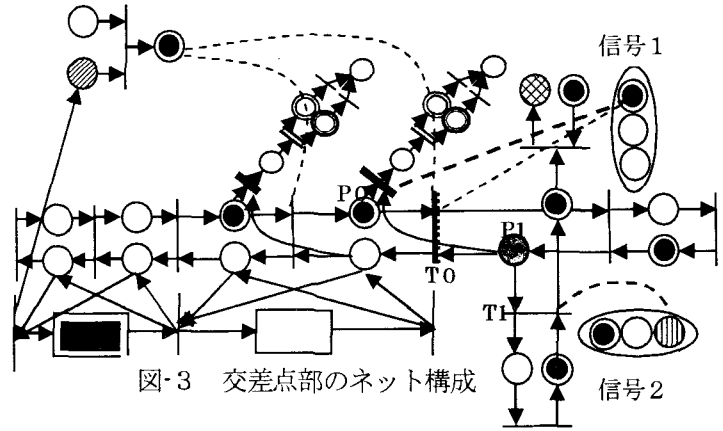


図-3 交差点部のネット構成

この状態を改善するため信号制御案が考えられる。信号制御とは緊急車両が交差点の約 40m 手前を通過すると車両感知器により緊急車両の接近を感知し、緊急車両に優先的な現示に信号を制御し、走行性の向上を図るものである。信号制御には「緊急車両の走行側信号を青現示維持にする方法」と「全赤に切り替える方法」が考えられる。青現示維持は、緊急車両が車両感知器を通過した時に走行側車線の信号を強制的に青に操作する方法である。全赤操作は、車両感知器を通過した時点で走行側車線・横断車線の信号を赤現示に操作し、交差点を通過可能な車両を緊急車両のみにする方法である。

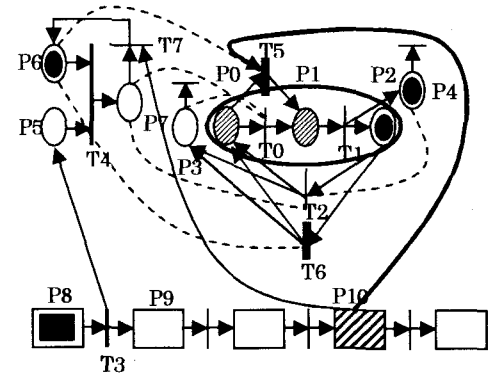


図-4 信号の青現示維持制御ネット

図-4・図-5 は信号制御のペトリネット図で、T3 を通過すると通常信号から制御信号に切り替わり、青現示維持制御の場合は P10 が T5 の入力条件であるのに対し、全赤制御の場合は T6 の入力条件になっている。

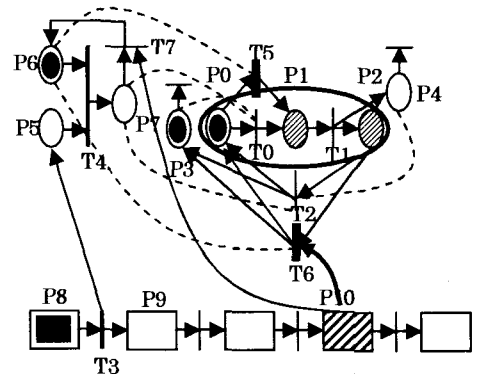


図-5 信号の全赤制御ネット

(2) シミュレーション実行と考察

区間長 160.8m のネットを構成し、交通量を 4 方向ともに 600 台/時間とし、様々なタイミングで緊急車両を出発させ、制御なしと制御ありの場合の平均旅行時間を算出した。結果を表 1 に示す。この結果では青現示維持制御が一番効果的となっている。しかし全赤制御にした場合は対向車線走行の利用可能性を考慮した上での比較が必要と思われる。

表-1 シミュレーション実行結果 単位：秒

制御手法	信号状態(走行側)		平均
	青	赤	
操作なし	33.7(3.25)	49.5(5.56)	42.2(9.13)
青維持制御	33.1(3.34)	33.7(3.98)	33.4(3.71)
全赤制御	37.1(2.93)	39(5.04)	38.1(4.31)

4. あとがき

本研究では、交差点部での緊急車両走行支援のため、信号制御案の効果について考察を行った。課題としては、対向車線の利用とその時の効果の測定と、単独交差点だけでなく、複数の交差点を含む道路でのシミュレーション開発である。

参考文献

木俣，上埜：背景画像上での緊急車両走行のペトリネットシミュレーション開発，土木計画学講演集 pp. 421-422 (2004. 3)