

ペトリネットによる違法駐車に伴う迷惑渋滞のシミュレーション実験
Simulation Experiments on Troublesome Traffic Snarl
Caused by Illegal Parking Based on Petri Nets.

木俣 昇*, 鷺坂 崇**, 横山 誠***

by Noboru KIMATA, Takashi SAGASAKA, Makoto YOKOYAMA

1. まえがき

著者らは、ペトリネットによる交通流のシミュレーションシステムの開発研究を行ってきた。このシステムの特徴は、論理構造の透明性、ホワイトボックス度の高さにある。即ち、一般利用者にとってブラックボックスとなっているのは駆動系のみで記述系は視覚的なネットで明示されている。駆動系もそのルールは、単純なトランジションの発火則であり、一般利用者が記述ネットを手動で動かすのに十分なレベルのものである。その意味ではブラックボックス化されているのは、駆動系のもう一つのルールである車速の更新ルールのみである。

このような透明性は、検証が困難な新規の課題や参加型が望ましい計画の支援には不可欠の特質といえよう。本研究では、そのような事例として、道路審議会建議のサービス目標3-渋滞の緩和-の中で幹線道路における駐車取締り策として挙げているレッドルート規制を取り上げて、この協議に本シミュレーションシステムを援用することを試みる。

本シミュレーションシステムの現レベルでの検証は、金沢市の4車線道路の交差点を含む2, 3の事例によるもので、実交通より多く流れる傾向がある。本システムの特徴を損なうかも知れないが現象再現性の改善をも考慮し、本論文では、まず、車両の減速行動の駆動系への組入れを行い、この改良システムの検証結果を示す。その上で、次に、違法駐車が発生するネットと、それに伴う車線変更のネットを作成し、それらを結合化し、シミュレーションシステムネットを構成する。そして、改良駆動系の下で渋滞

シミュレーションを実施し、レッドルート規制の支援への適用可能性と今後の課題を整理する。

2. シミュレーションシステムの改良

(1) 車両減速挙動の駆動系への組入れ

現駆動系では、自由走行車は、40Km/hまで加速可能で、前方車に追いつけば最小車間で追従走行を行う。そこで、まず走行速度に応じた適正車間を確保する減速を考慮する。次に、現駆動系では、右折車は、対向直進車による抑止が働かない場合には、減速することなく右折する。ここでも、右折時の減速を考慮する。

このことは左折車についても同様で、その減速を考慮する。最後に、黄色信号を認知した時点で、停止線で安全速度で停車できる減速を行うことも組み入れる。

これらの減速の組入れは、車両進行のトランジションの発火処理時に行うプレースタイマの更新アルゴリズムの変更によって行える。このことを示すために、図-1に、前方探索によるタイマ更新の基本概念図を示す。

図-1に示すように、発火トランジションが定まると、その入力プレースに保持されているトークンが識別される。それが当該車である。その車速は、現システムの Staytime から求まる。この車速に応じて定まる前方探索区間内の前方車や信号や停止線を探索することになる。前方車の探索は、当該トランジションの出力プレースの中の”車両の存在”を示すプレース(カラー種類0, 1, 2)を辿り、所持トークンの有無を判定することで可能となる。また、前方車の車速も、このトークンの Staytime から求めることができる。これらから減速率を一区間で10km/hとして、与えられている必要最小車

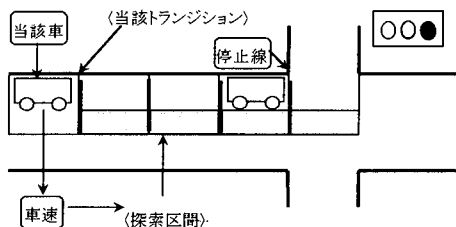
キーワード: 交通容量, システム分析, 交通計画評価

*正会員 工博 金沢大学教授 工学部 土木建設工学科

**正会員 ソニーシステムデザイン

***学生会員 金沢大学 工学部 土木建設工学科

(〒920-0942 金沢市小立野 2-40-20 Tel.076-234-4914 FAX 076-234-4915)



図ー1 前方探索によるタイマ更新の概念図

間を確保するための減速処理をタイマ更新ルールに加える。

この減速処理は、現システムのデータ構造で実行可能で、記述ネットを表現する Sdata の変更は不要であるが、他の 2 つについては、Sdata の精緻化ないしは拡張が必要となる。信号による減速を行うためには、探索区間内の信号の有無、停止線の位置を、上述の前方車探索と同様に、当該トランジションを出発点として、その出力プレースや、出力プレースの入出力トランジションを辿ることで判定する必要がある。しかし、表ー1の現の欄に示すように、現システムの Sdata には、プレースの種類(カラー)もトランジションのタイプも 3 種類しか用意されていないためにこの探索はできない。そのために、表ー1の新しい欄に示すように、プレースの種類については、信号現示を識別するカラーを、トランジションについては、停止線、右折、および左折のトランジションタイプを追加する。これらのデータを手掛かりに探索を実施し、黄現示時の停止線での安全減速と、右折・左折時の 20km/h への安全減速を、駆動系に組み入れた。

(2) 改良システムの検証事例

金沢市南部方面の幹線道路である国道 8 号線の渋滞ポイントの 1 つである御経塚交差点を対象に、改良システムの検証を行った。この交差点は、片側 2 車線道路で、交差点流入部は、直進 2 レーンと右折・左折各専用 1 レーンとなっている。この交差点部と手前約 800m のシミュレーションネットを構成し、実測値と比較を行う。調査は、平成 9 年 12 月 19 日(金)の 8 時 15 分から 9 時 15 分の 1 時間実施した。車両到着率は、5 分毎の台数を計測し、通過台数は、信号サイクル毎に計測した。信号については、ビデオ撮影を行い、後に各現示時間を求めた。旅行時間は、各レーン 1 回、実走行を実施して求めた。表ー2に、調査結果と現・新システムによるシミュレ

表ー1 Sdata の現と新の対比表

(1) プレースの種類(カラー)				(2) トランジションの種類			
現	新	現	新	現	新	現	新
-1 カラー	無し	現	同左	0 一般	現	同左	
0 継承			-2 青	1 生成		3 停止線	
			-3 赤				
			-4 黄	2 選択	追加	4 右折	
1,2 カラー			-5 右折			5 左折	
			-6 右折黄				

表ー2 改良システムの検証結果

	レーン	左	直1	直2	右
通過 台数	実測	5.83	34.33	38.58	8.75
	現	6.42	36.75	43.17	9.75
	新	6.33	32.58	41.58	9.58
旅行 時間 (秒)	実測	181	193	219	441
	現	61	62	64	73
	新	167	174	192	351

ション結果を示す。ここでは、調査の前半の 1 2 サイクル分の平均値を用いている。通過台数については、いずれのレーンでも、現システムではシミュレーション値が実測値より大きくなっているが、差は概ね 1 2 % 程度内である。そして、新システムでは、いずれのレーンでも、現システムより 4 ~ 1 2 % 少ない通過台数となっている。即ち、減速の組入れが本システムの問題点の改善に寄与していることが確認できた。改善は特に旅行時間の面では大きい。実測が 1 回で信号待ちの有無による差は不明であるが、現システムでは平均 4 4 km/h で通過している計算になるが、新システムでは平均 1 6 km/h となり、実測値により近くなっている。上述の通過台数で現システムと新システムで大きな差が出ていないのは、この交通量ではあまり渋滞していないためと考えられる。実調査を渋滞時間帯で再度行い、再検証を行う必要があるが、一応の成果が見られた。

3. 違法駐車に伴う渋滞シミュレーション実験

(1) 記述系ペトリネットの作成

2. で改良したシステムでも、停車は、信号や歩行者や対向車による正常なもののみである。違法路上駐車は、これらの理由以外での停車といえる。まず、このような停車を車両走行のペトリネットで発生させるネットの開発が必要となる。違法駐車が発

生ずる路側レーンを走行する車両は、違法駐車に伴って車線変更を行う必要がある。この記述ネットの開発が次に必要となる。この2つのネットを図-2、図-3に示す。

図-2は、右方から進行してきた車両が、プレース3で路上駐車するケースのネットである。プレース13から車両進行のトランジションに抑止アークを伸ばし、このプレースに設定するタイマ時間分、路上駐車させるネットとなっている。発生タイミングと回数は、生成プレース11の発生率と、12と14のプレースタイマで設定できる。

図-3は、プレース3で路上駐車が発生したとき、路側レーンを走行する車両が、中央車線に車線変更する記述ネットである。即ち、プレース2に進行した車両は、中央車線のプレース15と16に車両がないときに、中央のトランジションGTを発火させてプレース17に進む。このトランジションはカラートークンの生成トランジションで、プレース17にはカラートークンが出力される。そして、STを選択トランジションとし、プレース17のトークンのカラーが”1”であれば、プレース25に出力、”2”であればプレース18に出力するという設定をする。このことで、路側レーンに再度車線変更する車両と、中央レーンをそのまま走行する車両の存在を考慮するネットとなっている。

このネットでは、もう一つ工夫している。それは路側レーンからの車線変更に対する寛容度に相当するもので、プレース26の発生率、 x と、プレース27のタイマ、 y の積に応じて、中央レーン車のプレース15への進行を抑止することで、車線変更を制御させるというネットとなっている。これらの記述ネットの車両の挙動は、トランジションの発火ルールの理解だけで誰にでも容易に確認することができる。ネットモデル化の不十分な点や、検討したいアイデアの組込みの議論も、このホワイトボックス度の高さを基礎に可能となる。

(2) 渋滞シミュレーション事例と考察

金沢市の都心部の幹線道路である国道157号線の香林坊交差点周辺での違法駐車に伴う迷惑渋滞のシミュレーションを実施する。図-4に対象交差点周辺の道路形態と、取り上げる交通流の概略図を示

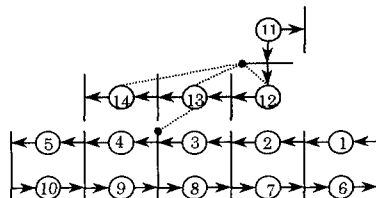


図-2 駐車発生の部分ネット

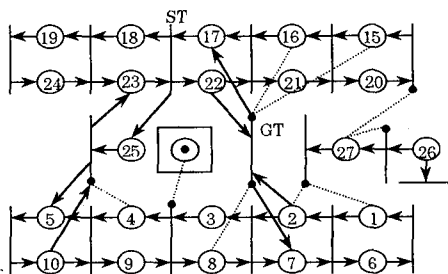


図-3 路肩レーン車の車線変更の部分ネット

す。図に示すようなT字交差点で、左方に歩行者用のスクランブル型信号交差点がある。この中で矢線で示す4つの交通流の渋滞シミュレーションを目的とする。

この交通流のシステムネットは、既に発表しているものを基礎に容易に作成できる。ここでは紙面の制約上省略する。違法駐車が発生場所は、図に示す①と②を考える。システムネット図のそれらの位置に、図-2、図-3を結合したネットを用い、駆動系は、2.で改良したものを使用する。そのために、Sdataについては、表-1に示したような種別を記載する。図-5では、交通量を、武蔵から有松は各レーンともに20台/分、兼六園から香林坊は各レーンともに15台/分とし、図-4の①で10分間の違法駐車が発生したケースのシミュレーション結果である。

まず、図-5の(1)と(2)は武蔵から有松方面の、(3)と(4)は兼六園から香林坊方向の交通流の渋滞長グラフを、中央レーンと路側レーンに分けて表示している。なお縦の2本のスロットは違法駐車車の発生時間帯を示している。次に、同図の(1)と(2)、(3)と(4)との違いは、車線変更ネットの作成のときに述べた中央レーン側の“寛容度”の想定の違いである。この事例では、前は“0”

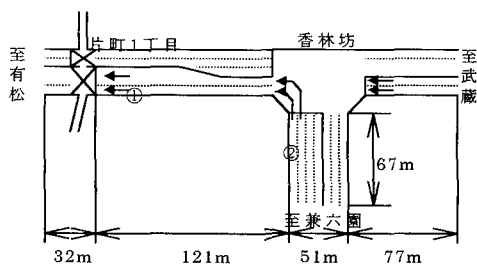
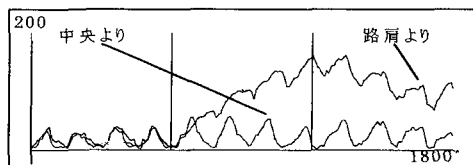


図-4 シミュレーション対象交差点

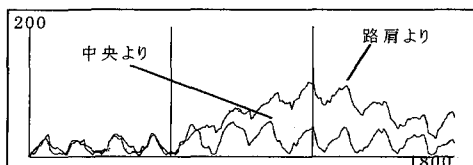
即ち、中央レーン車に優先権がある場合で、後は”20”とある程度の譲り合い精神がある場合となっている。図-5の(1)と(3)から、このケースでは当然ながら共に路側レーンに大きな渋滞が発生し、違法駐車車両が移動した後も渋滞が継続し、それらの迷惑度は兼六園方面により顕著に出ていえる。寛容度による差を比較すれば、いずれも路側レーンの渋滞は減少するが、ここでも兼六園方面では中央レーンへの跳ね返りが大きくなることが読み取れる。ここには掲示しないが、”寛容度”を”50”にすれば、即ち、交互通行に近づければ、武蔵から有松方面では、かなり渋滞は軽減されるが、兼六園方面では中央レーンへの跳ね返りが大きくなり、路側レーンより渋滞が大きくなるという逆転現象が生じるという結果となった。

4. あとがき

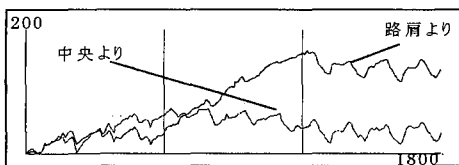
本研究では、ペトリネットによる交通流のシミュレーションシステムの特徴は、その論理構成の透明性、ホワイトボックス度であり、新規課題や参加型課題の支援に有効であるとして、渋滞対策の1つとされるレッドルート規制の協議の支援への適用を試みた。実適用に際してはシステムの基本現象の再現性の検証度がやはり問題になる。本研究では、車両減速挙動の駆動系への組み入れによる再現性の改善をまず行った。その上で、違法駐車と車線変更の記述ネットを開発し、車両走行のシステムネットに結合化させて、新駆動系による迷惑渋滞のシミュレーションを実施した。



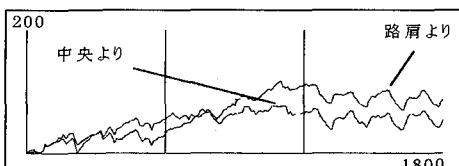
(1) 武蔵方面(寛容度0)



(2) 武蔵方面(寛容度20)



(3) 兼六方面(寛容度0)



(4) 兼六方面(寛容度20)

図-5 違法駐車に伴う渋滞状況

このシミュレーションでは、幾つか興味ある結果を視覚的に提示することに成功した。しかし、課題も未だ多く残されている。新駆動系のシステムの基礎検証も不十分で、渋滞時の実測調査の充実が必要だろう。また、路上駐車に関連する実測調査も今後の課題である。駆動系に関しては、現システムの発進遅れ処理の精緻化も必要と考えている。

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 No. 12 pp. 691~699 (1995)