

交通流ペトリネットシミュレータにおける背景画像上でのデータベース化に関する研究* Development of Traffic Simulation Petri Nets Database on Actual Road Background Images*

木俣 昇**・中村 彰彦***

By Noboru KIMATA**・Akihiko NAKAMURA***

1. まえがき

交通計画は、近年、道路網の整備計画から既存道路の有効活用や改良型の計画へと重心を移しつつある^{1)~4)}。この流れは、公共計画の説明責任性や参画性への住民意識の高まりを背景に、強まってきている。ミクロ・視覚型の交通流シミュレーション研究^{5)~10)}は、このような計画課題に応じるものとして、重要度を増している。一つは、取り扱う道路空間のミクロ記述性から生まれる対象地域の特殊性の影響把握と具体的な活用工夫策への反映性という点で、いま一つは、シミュレーションの視覚化による説明性の向上と認識の共有化という点においてである。

これらは、参加型交通計画において、計画者が計画案を作成するプロセスにおいて、また、それを参加者に提示し、審議するコミュニケーションのプロセス¹¹⁾において多大の寄与を行うと期待できる長所である。しかし、既存道路の有効活用や改良案の発想コミュニケーションの活性化支援という点では、不十分である。即ち、対象道路時空間における車両占有記述の空間直結性や、そのシミュレーション結果の視覚化との直結性は、身近な既存道路の有効活用や改良案の発想や評価において、参加者も各自の経験や日ごろの不満と直結させる形で、計画者と対等により主体的に参画するカギとなるものであるが、既開発システムでは、記述はブラックボックスのままに留まり、視覚化も多く場合はシミュレーション結果のアニメーション化であって、これらの直接性に欠けている。

著者等は、このような認識の下で、①道路時空間における車両占有性の空間対応型記述と、②シミュレーション視覚化への直結性を備えたミクロ・視覚型シミュレーションシステムとして、交通流ペトリネットシミュレータの開発を試み、交差点近辺の実交通流の再現性検証や、バス交通の組み入れ等の研究を行い、上記の①と②に加

えて、③ペトリネット間の結合化による記述の拡大化・精緻化と、④構築ネットシミュレーションの即時実行性等の特徴を実証してきた^{9),(12)~(15)}。本研究では、これらの特徴を再整理し、交通流ペトリネットシミュレータの位置付けを、既存道路の有効活用や改良案の計画コミュニケーションの活性化支援システムとして明確化し、そのための強化課題として、i) 背景画像の導入による実空間対応性の向上化と、ii) 既開発ネットのデータベース化によるペトリネット記述の支援化について報告する。

2. ペトリネットによる交通流シミュレーションの特徴と強化課題

(1) 交通流のペトリネット表現の特徴

交通流ペトリネットは、ペトリネットの形式に準拠^{16),(17)}して、種々の事象の生起との関連で、道路空間の交通状況の推移を視覚的なネット上で表現するものである。最も基本的な片側1車線の交通流のペトリネットモデル例を図-1に示す。この図に沿って、まず、ペトリネット形式とシミュレーション原理から特徴を整理する。

このネットでは、図に示すように、道路を車両1台が占有する閉塞区間に分割し、この閉塞区間々の車両の進行事象に着目し、その生起に伴う交通状況の推移機構を、トランジション(|:事象)、プレース(O:状態)、およびそれらの関係を記述する3種類のアーク(O→|:入力、|→O:出力、O⋯⋯|:抑止)で静的に記述し、トランジションの発火則を駆動原理として、プレース上のトークン(●)の移動を、ネットそのものを用いて動的かつ視覚的な出力表現するものである。トランジションの発火則とは、あるトランジションについて、
R1) 全ての入力プレースにトークンがマーキングされていて、かつ、
R2) 全ての抑止プレースにトークンが存在しないとき、当該トランジションは発火し、
R3) 全ての入力プレースからトークンを一個ずつ消去し、
R4) 全ての出力プレースにトークンを一個ずつ配置するというもので、極めて単純・明快なものである。しかも、トランジションに対応する実事象内容に関係なく、等しく適用されるものである。換言すれば、ペトリネット形式に準拠した記述化が出来れば、その視覚的シミュレー

*キーワード：計画手法論、計画情報、市民参加、交通計画評価

** 正員、工博、金沢大学工学部教授

(〒920-0942 金沢市小立野 2-40-20 土木建設工学科

Tel.076-234-4914 Fax.076-234-4915

E-mail kimata@t.kanazawa-u.ac.jp)

***学生員、金沢大学大学院自然科学研究科環境基盤工学専攻

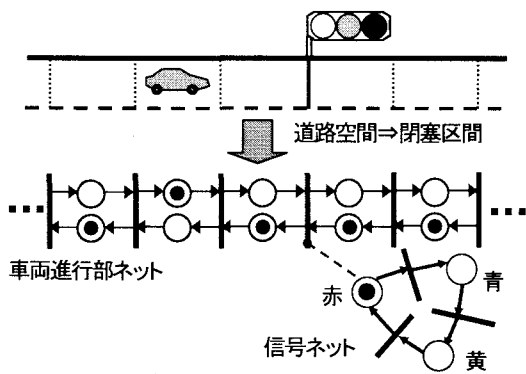


図-1(1) 交通流ペトリネットの基本例

ションが、プログラム変更なしに直ちに実行可能となる。
1. で述べた④の特徴はこのことを指すもので、この駆動性が、交通流ペトリネットシミュレーションの最大の魅力といえる。また、1. で述べた②の視覚化への直結性も、基本的にはペトリネットの形式と駆動原理に由来するものであることも分かる。

一方、①の特徴は、提案している交通流ペトリネットの特徴であり、交通流のペトリネット形式による表現の視点ないしは目的意識といった方がよい。具体的には、図-1(1)の車両進行部ネットでは、各閉塞区間に対して、図-1(2)に示すように、2つのプレース、即ち、当該閉塞区間の車両による占有状態と、その逆の閉塞区間の空き状態に対応する2つのプレースを用いて、上下対の形で空間対応させている^{9),12)}。

この2状態は、常にどちらか一方のみが出現状態となることは明らかで、車両進行部ネットではいずれか一方のプレースに常にトークンが配置された状態をとる。このことは、図-1(1)の道路の模式図との対応でも、また、図-1(2)に上述のトランジションの発火則を適用して得られる図-1(3)の推移図でも、容易に理解、確認できるだろう。

この一見冗長的な空間対応化を採用するのは、道路時空間の車両による安全な占有化の保証機構を、ネット自身に内蔵化させることによって、上で最大の魅力とした駆動アルゴリズムの単純・明快・汎用性、プログラム変更なしでの即時実行性を保持して、かつ、安全な交通流のモデル化という要件を同時に満たすためである。即ち、車両進行の各トランジションと上下対の2つプレース間を、図-1の車両進行部ネットに示すよう入出力のアーク関係で結合化していくことによって、上述の発火則の R1) の下、このネットモデル化では、車両進行は前方閉塞区間が空き状態のときのみ生起することとなり、車両進行の安全性確保は、他のシミュレーション法とは異なり、駆動プログラムにではなく、ペトリネット表現に内在化される形で組み込まれることになる。

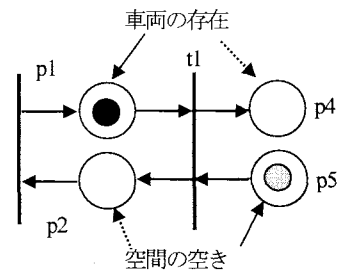


図-1(2) 基本例の部分ネット

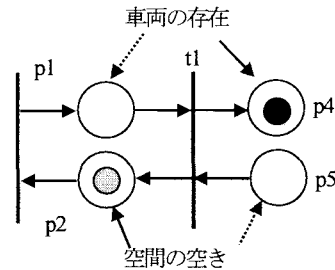


図-1(3) 部分ネットの推移図

図-1 に示す信号部ネットも、車両進行部ネットと同一形式をもち、アークで結合化可能で、かつ、結合化されたものもペトリネット形式となる。1. で述べた③は、このようなペトリネット形式の共通構造性による特徴を指す。具体的には、信号制御とは、前方閉塞区間が空き状態であっても、赤現示状態には、車両を停止線手前で停車させるものである。この制御も、赤現示のプレースから停止線に空間対応する車両進行トランジションに抑止アークを設定し、結合化すれば、赤現示中は、上述の発火則の R2) が働き、前方閉塞区間が空き状態でも車両進行トランジションは発火せず、車両は停止線手前の閉塞区間で停車するという形で、ペトリネット表現に内在化させることが出来る。

最後に、1車線の一般車とバスの混在交通流ペトリネット¹⁴⁾を例に、車両占有性の空間対応型記述について述べる。図-2 は、一般車とバスの空間占有性の違いを意識した1車線の混在交通流ペトリネットでは、この記述では、バスは一般車の2倍の道路空間を占有するとして、まず、バスによる道路空間の占有状態に対応するプレースとバス進行のトランジションを新たに導入し、図-1の一般車の車両進行部ネットに結合化させることで完成させている。具体的には、閉塞区間の空きを示すプレースを共有化させ、バス進行のトランジションには、2個のプレースに対応させることで空間占有性の違いを考慮した混在交通流ペトリネットを構築している。このようなマイクロ空間対応性は、ITS技術との連動化の下で、適用道路空間の特性を最大限活用するバス優先策^{3),4),9),10)}の検討には不可

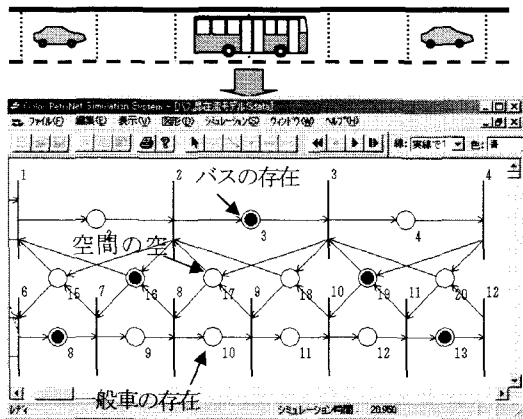


図-2 一般車とバスの混在交通流ペトリネット

欠な要件となるだろう。詳細は参考文献に委ねるが、占有ブレース種類の活用により、一般車とバスの走行特性の組み入れも可能であり¹⁴⁾、種々の形態の道路時空間の安全かつ効果的な車両別占有化案の記述に幅広く応用可能と考えている。

(2) ペトリネットシミュレーションの実行環境

上では、交通流のペトリネット表現の基本特徴について述べた。それらは、具体的な実行手段で実現されて始めて社会的価値を有することになる。著者らは、広く利用可能な Windows 環境での実行ソフトウェアとして交通流ペトリネットシミュレータを開発してきた¹²⁾。ここでは、このシミュレータとの関連で再論する。

基本手順は、まず、対象交通流のペトリネット記述を行い、その構成要素とそれらの諸関係を、表-1 に示すような形式で詳述した Sdata ファイルを作成し、それを用いて実行ソフトウェアで視覚型シミュレーションを実行することになる。実行ソフトウェアを起動すると、図-3 に示す基本メニューが表示される。その中の“ファイル”のサブメニューより Sdata ファイルを選択する。そして、“表示”のサブメニューから“図形配置”を選択すると、図-4 の画面の右のサブ・ウィンドウに示すような配置要素リストが表示される。

このリストからブレースあるいはトランジションを指定し、メイン・ウィンドウ上に配置していき、シミュレーション結果の視覚出力ネット画面を構成する。必要ならば画面上でのドラッグ操作で配置したブレースやトランジション、あるいは部分ネットを移動させて、位置関係を修正することも可能である。なお、ブレースとトランジション間の諸アーク関係は、Sdata ファイルが参照されて自動描画されるために配置する必要はない。また、この出力ネット画面の座標データも自動生成され、Ndata ファイルとして自動保存される。従って、一度構築してあれば、シミュレーション実行時にいつでも利用できる。例えば、

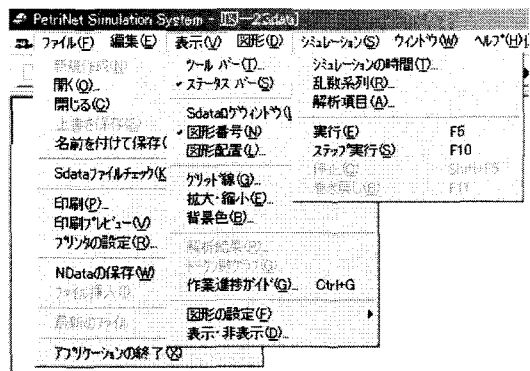


図-3 交通流ペトリネットシミュレータのメニュー画面

表-1 交通流ペトリネットの Sdata 事例

三書.xls										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	PLACE	460 //ブレース総数								
2		-1	-1	0	1	//p0本車線路肩側発生				
3		-1	1	0	1					
4		-1	-1	-1	0					
5		-1	-2	0	1					
458		-1	-1	-1	0					
459		-1	-2	0	1					
460		-1	-1	-1	0					
461		-1	-1	0.1 //対向車線路肩側発生						
462	end									
463										
464	TRAN	241 //トランジション総数								
465		0	2	-1	1	-1	0	0		
466		1	4	-1	2	3	-1	0	0	
467		3	6	-1	4	5	-1	0	0	
468		5	8	-1	6	7	-1	0	0	
702		367	-1	363	-1	0	0			
703		423	-1	424	-1	0	0			
704		457	-1	458	-1	0	0			
705		203	206	-1	204	205	-1	0	0	
706	end									
707										
708	TOKEN	1500 //トークン初期配置ブレース								
709		2	-1	4	-1	6	-1	8	-1	10
710		22	-1	24	-1	26	-1	28	-1	30
711		42	-1	46	-1	48	-1	50	-1	52
712		64	-1	68	-1	70	-1	72	-1	74
727		383	-1	390	-1	392	-1	394	-1	396
728		410	-1	412	-1	414	-1	418	-1	420
729		434	-1	436	-1	438	-1	440	-1	442
730		-2								
731										
732	GENE	5 //発生ブレース								
733		0	16.2	0.1						
734		44	16.7	0.5						
735		288	3	0.3						
736		388	5.3	0.6						
737		459	7.2	0.8						
738		-1								
739										
740	generatranZ	3 //カラー生成トランジション								
741		19	1	24	2	76				
742		142	3	86	4	14				
743		226	5	34	6	53	7	13		
Sheet1 / Sheet2 / Sheet3 /										

交通量や信号に関するパラメータ変更は Sdata ファイル上で可能で、そのシミュレーション実行時にも視覚出力ネット画面としてそのまま使用できる。

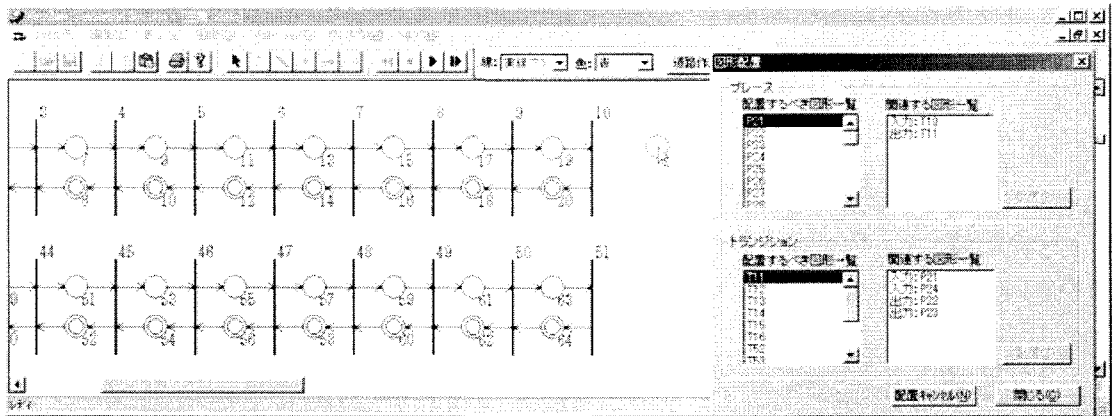


図-4 図形配置メニューによる交通流ペトリネットの構築画面

また、図-3に示すように、“シミュレーション”のサブメニューには、初期設定と解析項目、ステップ実行等が用意されている。“表示”のサブメニューには、グリッド線、背景色、図形の設定、表示・非表示等が用意されている。これら機能の詳細は、参考文献に譲る¹⁴⁾。

以上のように、(1)で述べた特徴の②の視覚出力への直結性と、④の即時実行性は、現行ソフトウェア上でも十分に担保されている。③については、(1)で述べたように、基本的にはペトリネット形式そのものに由来するもので、実践的にはネットの構築支援の問題であり、現行ソフトウェアの使用上の工夫で実現可能である。

(3) 計画代替案の展開的支援と課題

交通計画の一つの流れは、1.で述べたように、既存道路の有効活用や改良を課題とする参加型計画に向かっている。ミクロ・視覚型交通流シミュレーション研究は、この流れの中で最もよく機能すると考える。著者等の交通流ペトリネットシミュレータは、(1)で述べたような特徴を基本的に有するもので、(2)では、広く利用可能なコンピュータ環境での実行ソフトウェアによるそれらの実体化について述べた。本節では、これらを踏まえて、単にシミュレーション結果を視覚的に提示し、説明する手段という位置づけを超えて、問題認識に始まり、代替案の発想と評価を繰り返し、計画案に至る参加型交通計画のトータルプロセス¹⁸⁾を展開的に支援するシステムとして位置付け、それに向かっている課題について考察する。

図-5に、展開的支援における交通流ペトリネットシミュレータの運用形式の模式図を示す。まず、計画課題に関する問題認識のため運用から始まる。ここでは、計画対象の道路空間の現状と課題、例えば工事前の交通流ペトリネットモデルと工事期のネットモデルの構築が必要となる。この構築では、交通流ペトリネットの空間対応性の視覚性を介して、参加者の経験的認識や知識が貢献する。このネットモデルは、上述したように、交通流ペトリネット

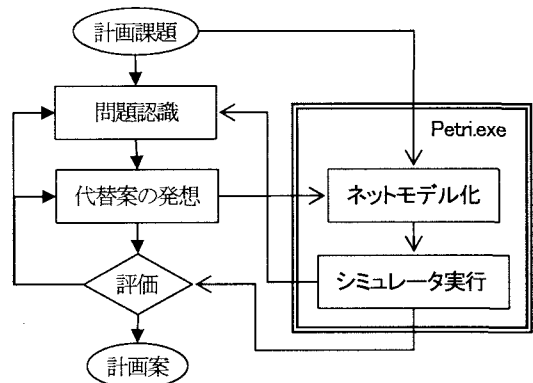
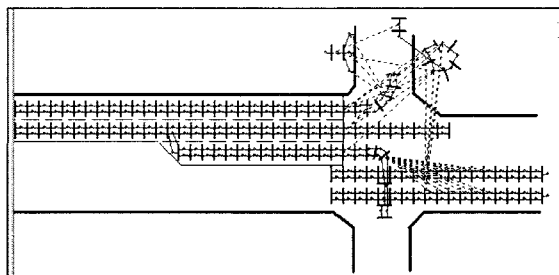


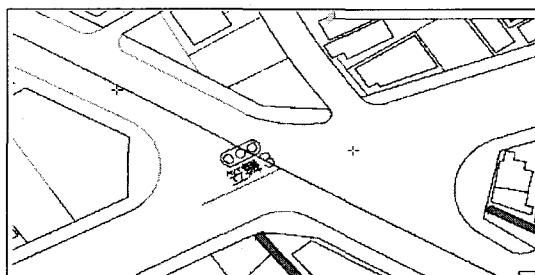
図-5 交通流シミュレータの展開的運用図

シミュレータにより視覚型シミュレーション実行に直結し、ステップ実行と空間対応性の視認により、参加者の経験的認識との種々の照会が可能となる。この照会性を介して、参加者間でのモデルの受容・不受容や、受容レベルや修正に関するコミュニケーションがなされることになる。ここで検証という問題に直面する。この基準化に向けてデータベースの構築や種々の提案¹⁹⁾²⁰⁾がなされているが、駆動原理の単純・明快性、空間対応型の視覚ネットへの直接出力性等のペトリネットシミュレータの透明性が、最低限でも受容性のレベル議論に向けさせるポジティブな要因として働くことを述べるに留める。

次に、代替案の発想と評価のための運用に移る。代替案の発想は、問題認識を出発点として、計画道路空間の特性そのものの考察や、他事例との相似性などからなされる。問題認識のプロセスで構築される交通流ペトリネットモデルは、空間対応の視覚性を基盤として、そのような発想と代替案ネット構築に向けての直接的基盤となりうる。そして、代替案を組み込んで構成されたネットも、直ちにシミュレーション実行可能となり、その評価を経て、次の代替案展開の直接的基盤となる。



(1) 交差点付近付近の交通流ペトリネット



(2) 交差点の実空間画像

図-6 交通流ペトリネットと実道路空間

このような計画プロセスに沿っての展開的支援は、トータルとしての計画案の説明性を与えるものであり、説明責任の改善にも寄与するだろう。交通流ペトリネットシミュレータをこのような形で位置付けるとき、実践システムとしては、

- i) 問題認識と代替案発想の支援力
 - ii) ペトリネットモデルの構築支援力
 - iii) 視覚シミュレーションの即時実行力
- の3つの面からさらに検討する必要がある。

iii) については、高速化やアニメーション化等の課題はあるが、駆動アルゴリズムの汎用性を含む即時実行力は、一定の実用レベルにある。そこで、本論文では、i) と ii) の強化研究を以下で報告する。

3. 背景画像上での交通流ペトリネット表現

(1) 背景画の挿入メニューの追加

まず、i) の強化として、背景画像を挿入し、その上に交通流ペトリネットを表示し、実道路空間との対応性を向上化させることで、問題認識や代替案発想に際して、より多くの参加主体の経験や知恵の働きを活性化させることを考える。図-6の(1)と(2)は、2. (2)の手順で構築された交通流ペトリネットの部分画面と、その実道路空間の画像とを並置したものである。

図-6の(1)は、左方向から都心に向かう片側2車線の交通流が、信号交差点付近で、直進・左折・右折の各専用レーンに分岐し、左折車は横断歩行者によって、右折車は右方向からの対向直進車によって抑止される交通流ペトリネットとなっている。その記述は、2. の(1)で述べた意味での空間対応性を有するが、図-6(2)の実道路空間の画像と対比させれば、トポロジカルなものであることが分かる。

この対比的な形式でも、われわれの経験的知識は活性化され、提示された交通流ペトリネットに対して質問や疑問点が容易にいくつも浮かぶ。例えば、2道路の交差角の問題、交差点内の空間広さ、左折専用レーンの設置によ

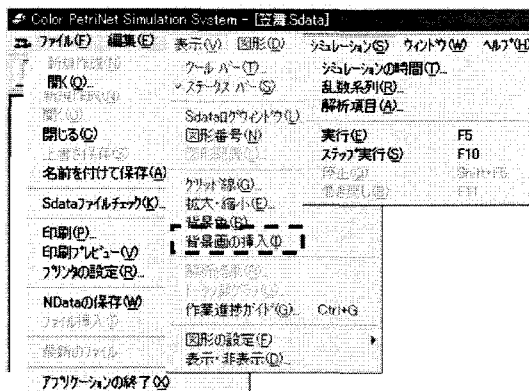


図-7 拡張メニュー画面

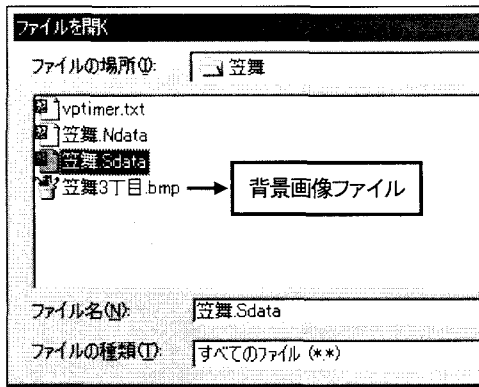
る直進が1レーンに制約される点等の疑問や確認、さらには代替案の提案も出てくるだろう。その意味では、実道路画像の導入は、図-6のような対比形でも効果的ではあるが、実道路空間での実行可能な代替案を発想し、評価・検討するには、よりリアルな形で実道路空間との対応性を備えたペトリネットモデルの構築が望ましい。

この目的のために、図-3の交通流ペトリネットシミュレータの表示メニューに、図-7に示すように、“背景画の挿入”を追加する。背景画上での空間対応型交通流ペトリネットの構成手順については次節で述べるが、ビットマップ形式であれば背景画として挿入可能となる。

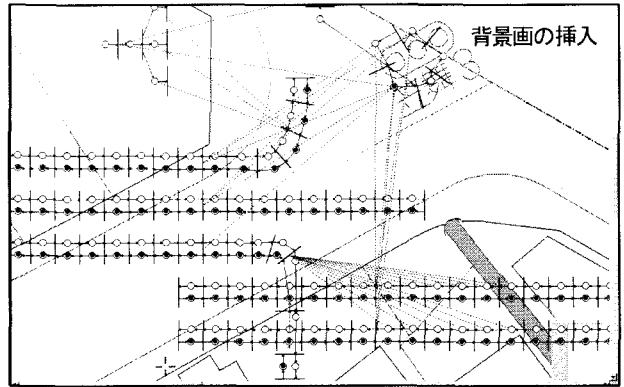
(2) 背景画像上での交通流ネット構築

ここでは、図-6の(1)の既開発の交通流ペトリネットを、“背景画の挿入”のメニューを用いて、図-6の(2)に示す実道路空間の画像上で再構築する手順を示す。即ち、交通流ペトリネットの Sdata と Ndata ファイル、および背景画ファイルの作成は済んでおり、図-8の(1)のようにフォルダに保存されているとして話を進める。

まず、2.の(2)の手順と同様に、図-8の(1)の Sdata ファイルを開き、図-6の(1)の交通流ペトリネット画面を表示する。ちなみに、Ndata ファイルは自動読み込みとなっているために、指定する必要はない。次に、図-7の“表示”のサブメニューの“背景画の挿入”を選択し、



(1) 交通流ペトリネットのファイルフォルダ



(2) 背景画上へのネット表示

図-8 背景画の挿入操作

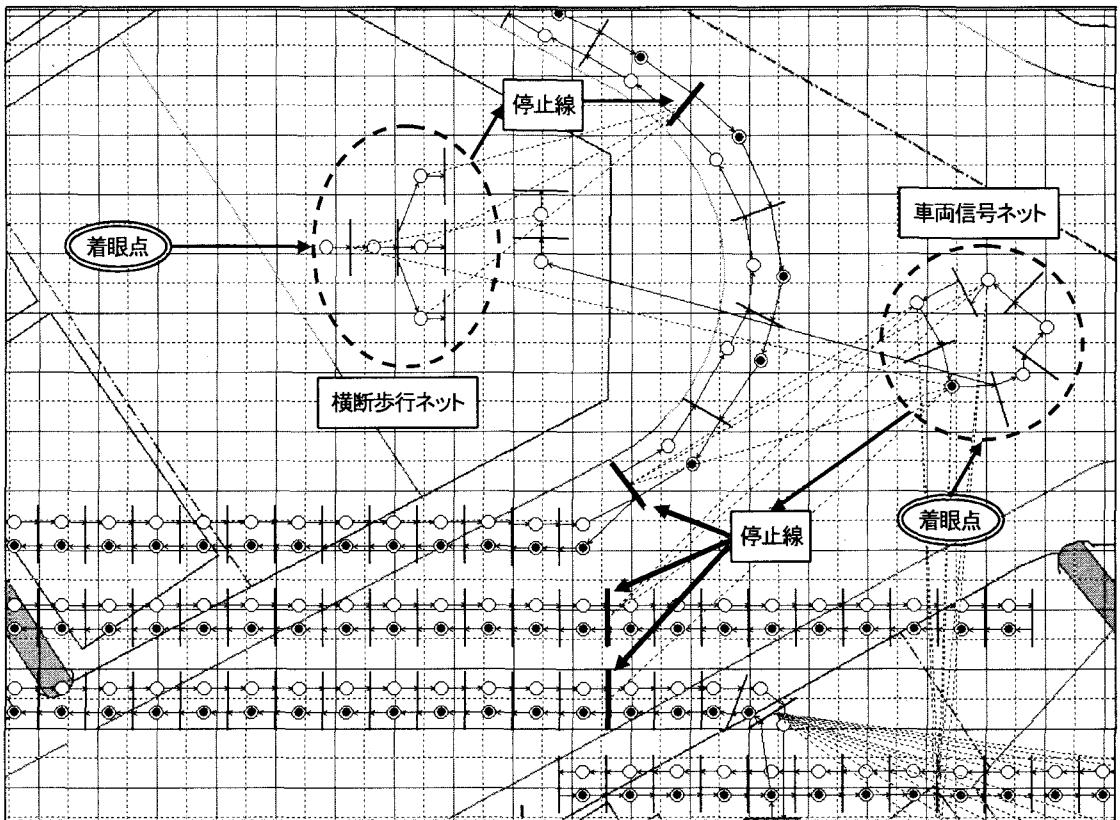


図-9 実道路との空間対応化操作画面

図-8 の(1)で背景画ファイルを指定すると、図-8 の(2)に示すように、背景画が挿入されたネット表示となる。このネットを背景画の実道路空間と対応させる操作を行うことで、再構築することになる。

図-9 は、ネットと背景画道路空間との実対応化の操作の概要を示したものである。まず、図-7 の“表示”のサブメニューによりグリッド線を引き、閉塞区間長との対応化の基準とする。次に、明確な空間対応化が可能なる着

眼点を選び、それから特定化されるトランジション等を、ドラッグ操作による実空間対応位置へ再配置する。そして、それらを手掛かりとしてネット全体の実空間対応化を図る。

図-9 では、車両の停止線を実空間対応化に効果的な着眼点として使用している。2の(1)の交通流のペリネット表現で述べたように、車両停止は、車両進行トランジションへの抑止によってなされる。図-9 では、一つは、

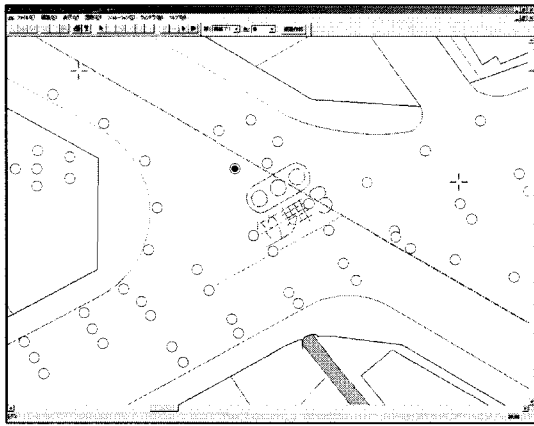


図-10 表示・非表示による交通流ペトリネット画面

歩行者による抑止関係より左折車の停車トランジションを特定化し、実道路空間のその位置へトランジションをドラッグで移動し、一つは、車両信号ネットからの抑止関係より交差点手前での停車トランジションを特定化し、同様の操作を行い、この2つを基準に左折車の車両進行部ネットを再配置し、空間対応化を実現している。直線道路部ネットは、グリッド線を用いるだけでほぼ空間対応化が可能となるだろう。

交通流ペトリネットの視覚性という点では、トランジションや空間の空きスペースやアークの表示は、図-9からも分かるように煩雑感を与える。図-7の“表示”のサブメニューにある“表示・非表示”は、この煩雑性に対処するものである。このメニューは、ネットの Sdata 記述において、表-1 に示した各行の最終列に、1(表示)、あるいは0(非表示)で指示したものを有効化する。図-10 では、上述のようにして再構築した交通流ペトリネットにこのメニューを適用して、信号現示と車両の占有スペースのみを表示させたものである。シミュレーション結果の視覚提示にはこのような交通流ペトリネット画面を使用し、モデルの受容性議論には、細部表示のネット画面によるステップ実行を使用するという使い分けも、用意することが可能となる。

4. 交通流ペトリネットのデータベース構築

(1) データベース化の基本アイデア

本論文では、交通流ペトリネットシミュレータを、参加型交通計画における展開的支援システムとして位置付けて、それに向けての強化課題を検討している。3. では、構築交通流ペトリネットの実道路空間との対応性の向上について検討し、背景画の挿入によって、参加主体が自己の経験とより照らし合わせしやすい交通流ペトリネットの表現形に再構築することを提案した。既開発ネットは、

この手順で 図-8(1)に示すようなファイル構成のフォルダに保存されことになる。

この強化によって、問題認識においても、代替案の発想においても、参加主体間でのコミュニケーションの活性化の支援力が増すだろう。展開的支援では、図-5 に示したように、そのような交通流ペトリネットを、いくつも、あるいは次々と構築していくことが必要となる。その支援強化が、2. (3) の ii) に上げた課題である。本章では、データベース化による既開発交通流ペトリネットの活用支援について検討する。

計画主体は、データベースが構築されていれば、図-5の各プロセスで、計画課題に関連するキーワードを用い参考となる既開発ネットが検索できる。検索目的は、必要な交通流ペトリネットの構築に際しての参照や、学習や、直接利用にある。図-8(1)のフォルダのままでデータベース化では、これらの目的に十分には答えられない。著者等は、表-1 に示した Sdata 上での検索を前提とするより支援度の高いデータベース化を提案する。

Sdata は、既開発ペトリネットを構成する全てのプロセスとトランジションについて、定められた形式でその種類や相互関係を、行単位のテキスト形式で記載したものである。表-1 に例示したように、行の最後尾に”// “つけてコメント文を記載することも可能となっている。このコメント文は、標準ソフトウェアで文字列検索が容易に行える。そこで、このコメント文にネット構築の手掛かりとなるキーワードを新たに記載した上で保存するという形で、既開発交通流ペトリネットのデータベース化を行っていけば、利用主体が交通流ペトリネットを構築する際に、より有効となる既開発ネットの検索でより効果的にできるだろうと考える。

具体的には、図-11 に示すように、まず、背景画上での交通流ペトリネットとその Sdata を、2. で述べた実行ソフトウェアで同時に表示させる。そして、データベースとしてコメントをしておきたい要素をネット上で選択し、マウスの右クリックで図形属性を示すサブ・ウインドウを開く。そこには、図形タイプや番号、関連図形が表示される。そこで、番号を手がかりに、Sdata をスクロールしてコメント位置を表示し、そこへ直接コメントを記載していくだけでデータベース化が進められる。

コメントの視点は、対象道路空間との対応で記載すべき基本交通流関連や、基本ネットからの変形や拡張化関連のヒント等が考えられるだろう。このコメント記載に際しても、背景実道路との対応性が有効に働くことになるだろう。この画面では、道路の交差角度を考慮して、減速左折の進行ネットとしているという開発経験のコメントを記載し、その方式を(- 3, V P timer)¹²⁾¹⁴⁾で注記している。

この記載作業例では、ネットモデルの開発者による実

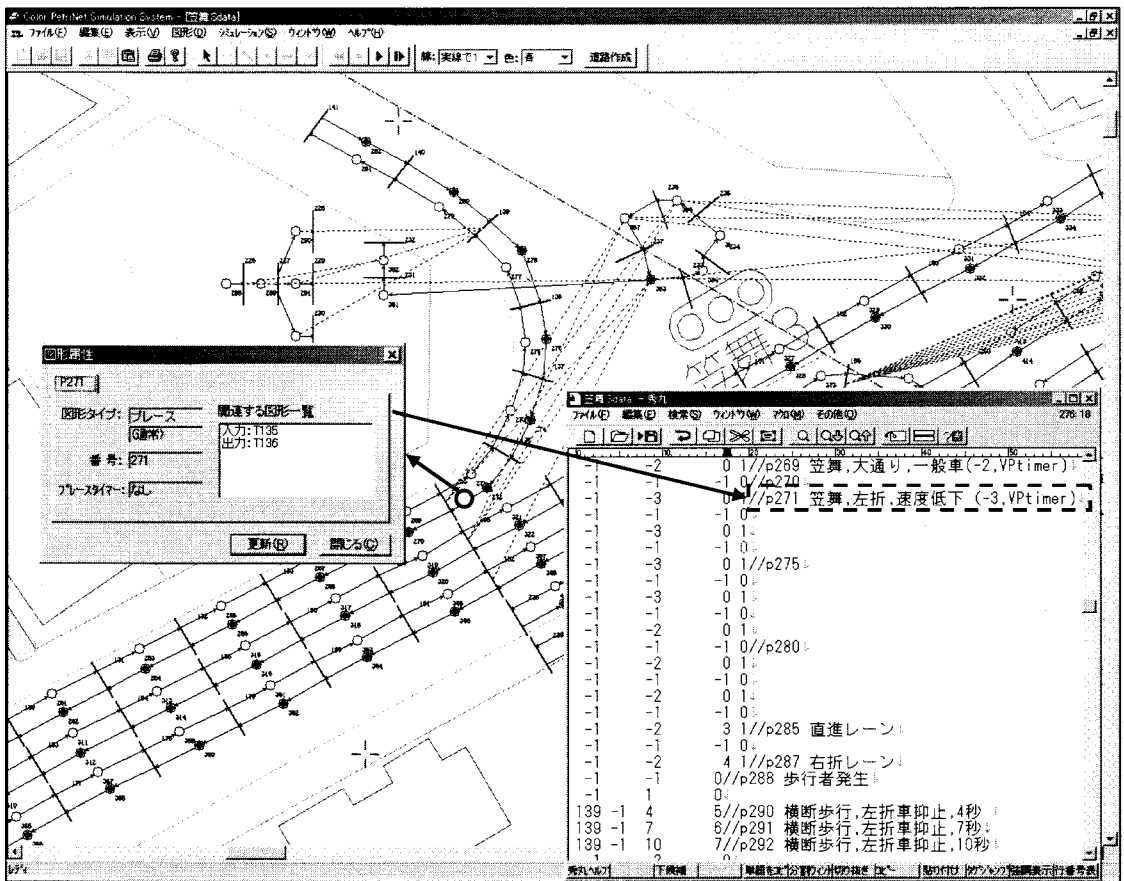


図-11 背景画像上での交通流ペトリネットのデータベース化作業画面

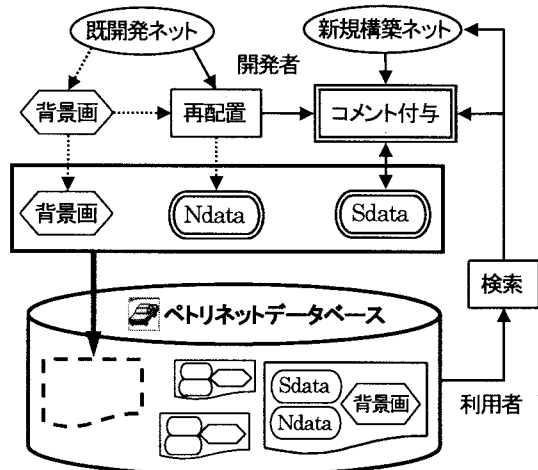


図-12 データベース構築の双対イメージ

行が暗暗裏に想定されている。そのときには、利用者の立場に立つことが望ましいが、図-11 に示す画面は、利用者自身がデータベースを検索し、抽出した交通流ネット

の細部を調べる支援形態でもある。この状態で利用者自身の視点からコメントを記載することも当然可能で、両者のコメントの識別化をした上で、この双方向でのデータベース化形式を積極的に活用することが、本データベースの特徴であり、最も効果的な構築法ともいえるだろう。図-12 は、このことを意識して、提案交通流ペトリネット・データベースにおける双対イメージを示したものである。

(2) データベースによる展開的支援シミュレーションによる考察

本節では、データベースの検索と交通流ペトリネット構築の展開的支援を模擬的に行うことで、コメント記載の視点やキーワード検索の工夫に関する考察を行う。

模擬試行の計画課題として、ここでは工事に伴う交通対策を取り上げる。まず、工事には当然対象道路が想定されている。その地域名・笠舞で検索すれば、図-9 で構築した既開発ネットにヒットする。このとき、開発目的・検証も記載されておれば、直接活用できるかどうかの判断情報となる。この場合は、検証と記載されている

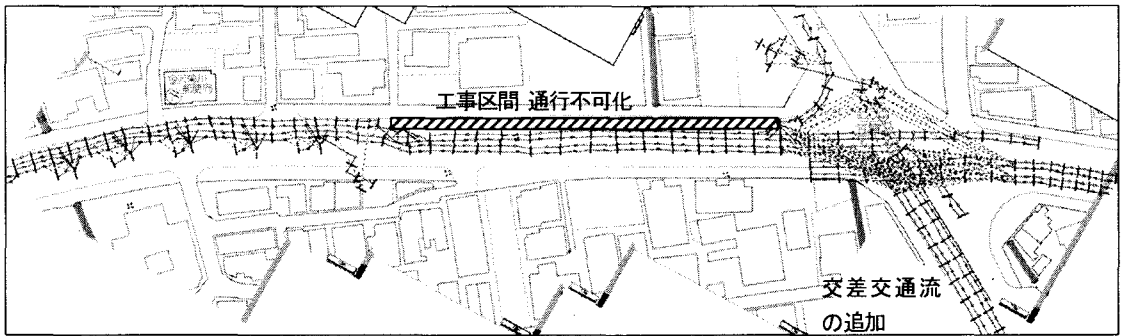


図-13 路側工事に伴う信号対策の交通流ペトリネット

ので、本計画課題のネット構築の基盤ネットとして直接利用できることが分かる。

次に、工事に伴い発生する交通事象の組み入れが必要となる。この関連からキーワードを探索すると、工事区間の通行不能化と、それに伴う車線変更に容易に行きつく。後者は、交通の基本形の1つであり、基本部分ネットとしてのコメント記載にヒットする。そこで、そのネットを抽出し、利用可能性を検討することになる。ここでは、事前にドライバーに知らされているという事情を考慮して、基本ネットに加工を施した上で、基盤ネットに追加・結合化することが必要となるだろう。

前者の方は、ヒットしない。このような場合は、一般的にはシソーラスを用いた類似語検索が考えられる。それも可能としておく必要があるだろう。ネット構築が目的であるこのシステムでは、データベースに記載されている可能性の高い、関連語や反対語を考えることも効果的で、通行不能化については、同一の状況が生起する事象、路上駐車やタクシーベイやバスベイが思いつく。反対語としては、車両進行であり、これらをキーワードとすればヒットし、参考となるネットが抽出できるだろう。また、通行帯の不在と言い換えることもできるかも知れない。これらからは、車両進行ネットにおける抑止アークの設定ないしは入力アークの削除というヒントが得られるだろう。

具体的には、図-11 でクローズアップされたネットの交差点手前までの左折専用レーンの部分を、工事に伴い通行不能化することになる。その結果、直進・左折車の旅行時間が増大するという問題認識は、シミュレーションを実行して確認するまでもないだろう。その対策案の発想と評価支援が求められる課題となる。

第一案は、信号現示時間の再配分による直進・左折車の旅行時間の改善策である。これには、交差交通流への影響が伴う。対象交差点の実道路画像を表示させれば、交差交通流は二車線交通であり、これをキーワードとしてその基本ネットを容易に検索・抽出することができる。

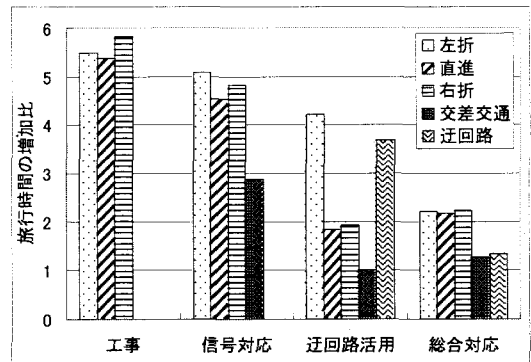


図-14 計画代替案のシミュレーション結果

このネットを背景画上で空間対応型に配置し、交差点信号ネットと抑止アークで結合化することで目的とする交通流ペトリネットを構築することができる。それを示したものが、図-13 である。

種々の信号時間配分でのシミュレーションは、前述したように、この Sdata のパラメータ変更で直ちに実行することができる。図-14 は、工事前の旅行時間を基準にその増加比率で示したものである。工事に伴い旅行時間は5倍以上となり、信号対応では少しは減少させられるが、交差交通への影響が大きく、問題解決には程遠いことが分かる。そこで次の対策代替案を検討することになる。

信号案は、図-13 の交通流システムの内部要素による対応策であり、その範囲をいわゆるシステム環境にまで拡大することになる。具体的には、図-13 の背景画像の領域を拡大すると、図-15 のようになり、迂回路の活用策が検討視野に入ってくる。そして、この道路は一車線の小路であることも分かる。

従って、一車線、小路で検索すれば、一車線の基本ネットが直ちに抽出できる。小路の方は、細道と記載されている可能性もあり、類似語検索が有効となるだろう。また、基本ネットの加工に際しては、図-11 に示したような細部



図-15 迂回路活用対策案の交通流ペトリネット

検討画面の支援が有効となる。ここでは、走行速度を抑えるために、ブレース種類と VPTimer 活用を行うこととなる。この検討の際に、前述したように、利用者自身が、このネット抽出に至ったキーワード列や、加工理由をコメントとして記載していくことで、本データベースは自己創出的に充実していくことが期待される。

図-15 は、このようにして構築した迂回路活用代替案の交通流ペトリネットであり、即時シミュレーション実行が可能となる。ここでは、迂回路交通の増加に伴い、大通り出口信号の対応策も検討項目となってくるが、この組み込みも信号部分ネットの結合化で容易に行え、そのシミュレーションも同様に実行できる。

図-14 には、これらの代替案のシミュレーション結果も示してある。ここでは、左折車の 60%を迂回路からの流出流に加えると、出口信号の対応なしでは、迂回路での渋滞の影響が本線流にも及ぶが、出口青時間を 20 秒増やした総合対応案では、ほぼ 2 倍程度の旅行時間増に留められるという結果となっている。

以上のように、交通流ペトリネットのデータベース化によって、代替案を展開的に検討する支援の道が見えてくる。ちなみに、この道路の朝の通勤時の交通量は、1950～2000(台 / 時程)度で、直進 44%、左折 37%、迂回路 12%、右折 7%となっている。また、歩行者交通は多くはない。ここで構築した交通流ペトリネットは、工事終了時の道路使用形態として、路肩左折専用レーンの直進・左折レーン化代替案を検討するに際して、交差点内の対向右折車の停車位置の工夫と、2 車線からの直進流の安全確保のシミュレーションの基盤ネットともなるだろう。

5. あとがき

本論文では、著者等が開発してきたマイクロ・視覚型の交通流ペトリネットシミュレータを、既存道路の有効活用型計画での展開的支援システムとして位置付けて、その実践システムとしての強化課題について検討した。まず、交通流のペトリネット表現の特徴は、①交通流記述の空間対応性、②シミュレーションの視覚化画面への直結性、③結合化による拡張性、④記述ネットの即時実行性にあることを概説した。そして、①の空間対応性については、実道路空画像を背景画として挿入するメニューを、実行ソフトウェアに付加し、実対応性にまで引き上げることを提案し、実践手順を示した。ここでは、さらに、②との関連で、表示・非表示メニューによって、ネットの煩雑性処理を行い、シミュレーション表示での視認性の向上と、参加者の経験との参照化がより容易になることも示した。

次に、展開的支援に必要となる計画課題に応じたネット構築の支援として、既開発交通流ペトリネットのデータベース化を検討し、交通流ペトリネットのテキスト形式表現である Sdata に着目し、そのコメント文に、記述交通流の部分性、背景画との対応性、開発の工夫点などを記載し、データベース化することで、標準的な文字列検索ソフトで運用可能な形態を提案した。特に、このデータベース化の作業は、交通流ペトリネットシミュレータのマルチウインドウ運用で、背景画上での交通流ペトリネットとその Sdata を同時に開き、コメントしたい位置で、要素の属性確認を行いながら実行できる点を強調した。そして、この状況は、開発者がコメント記載する際に使用できるだけでなく、利用者が、検索ネットを抽出して、参考や学習する際にも活用できるものであり、その機会に利用者自身の視点からのコメントを記載していくことで、双方向型のデータベース化が可能となるとした。

最後に、道路工事に伴う交通対策計画を事例に、データベース検索と③の結合性を活かして、問題認識から代替案発想と評価の展開的支援の模擬試行を行い、利用者のキーワードで直接ヒットするであろうものや、付加記載が望ましい事柄について、また、関連事項や反対語による検索も有効となることなどを議論した。特に、上述した利用者によるコメントとして、既開発ネットに到達するまでのキーワード系列を記載することは、開発者のコメント改善にも、他の利用者によるデータベース活用化に有用であることが十分にうかがえた。また、具体的な事例を用いることで、背景画として実道路画像の挿入と活用が、一つには、必要な交通流ペトリネット構築のための検索キーワードの設定に、いま一つには、代替案の発想支援に効果的であることも示した。

しかし、本研究は模擬試行であり、何よりも実利用者による必要な交通流ペトリネット構築支援実験が課題となる。現状は、学部学生と建設コンサルタントの技術者による構築実験で、4, 5 回の利用体験で一応の交通流ペトリネットが構築できるという結果を得ているが、データベースを強化し、この形式でまず実験経験を蓄積することが当面の課題と考えている。それと並行して、Web による公開実験や行政や一般市民の参加の下での実験を含めて、構築支援力の評価実験方法自身の検討も重要と考えている。

最後に、本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(C)を受けて一部実施されたものである。

参考文献

- 1) 高田邦道監修：ITS—道路・交通・情報システムとそのアクションプログラム，地域科学研究会，1996.
- 2) 道路審議会：中間とりまとめ，1997.
- 3) D.Turner: Red Routes in London – not just red lines, Proc. Instn. Civ. Engrs. Transp., Vol. 123, 151~162, 1997.
- 4) Jianping Wu, Nick Hounsell: Bus Priority Using Pre-Signals, Transpn. Res. A. Vol.32, No.8, 563-583, 1998.
- 5) R. Horiguchi, M. Kuwahara, I. Nishikawa: The Model Validation of Traffic Simulation System for Urban, Road Networks: 'AVENUE', Proc. 2nd World Congress on Intelligent Transport Systems, Vol. IV, 1977-1982, 1995.
- 6) 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

究・論文集, No.12, pp.691-699, 1995.

- 7) 交通技術委員会：第7回交通技術セミナーテキスト，交通工学研究会，1998.
- 8) 坂本邦弘，久保田尚，門司隆明：地区交通計画評価のための交通シミュレーションシステム tiss-NETの開発，土木計画学研究・論文集，16, pp.845-852, 1999.
- 9) 小原誠，坂本邦宏，久保田尚，高橋洋二：tiss-NETによるバス優先方策の効果分析-鎌倉地域を対象として-，土木計画学研究・論文集，16, 927-932, 1999.
- 10) 鈴木尚樹，坂本邦宏，久保田尚：tiss-NETによるバス優先策総合評価システムの開発，土木計画学研究・論文集，17, 885-892, 2000.
- 11) 池田謙一：「コミュニケーション」，東京大学出版会，2000.9.
- 12) 木俣昇，岸野啓一，白水靖郎：交通流ペトリネットシミュレータの実用化システムの開発，土木情報システム論文集，19, pp.31-40, 2000.
- 13) 木俣昇，横山誠，西村武敏：ミクロ交通流のペトリネットシミュレータの検証に関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，Vol.18, no.4, pp.755-762, 2001.9.
- 14) 木俣昇，西村武敏，四藤一成：バス交通流シミュレーションへのペトリネットシミュレータの適用化研究，土木計画学研究・論文集，Vol.19, no.4, pp.793-802, 2002.9.
- 15) 木俣昇，松井竜太郎：背景画像上でのバス交通計画のペトリネットシミュレーション技術，土木情報利用技術論文集，Vol.12, pp.207-216, 2003.
- 16) W. Reisig: A Primer in Petri Net Design, Springer-Verlag, 1992.
- 17) K. Jensen: Colored Petri Nets, Springer, 1997.
- 18) 吉川和弘編著：「21世紀の都市と計画パラダイム」，1995.1.
- 19) 赤羽弘和，桑原雅夫，久保田尚，内田敬，大口敬，貞広幸雄，吉井稔雄，倉内文孝，坂本邦宏，佐藤光，堀口良太，井口弘昭，舩山聡：交通シミュレーションモデルの標準化に向けての課題，土木計画学研究・講演集，No.22(1), pp.695-701, 1999.
- 20) 花房比佐友，吉井稔雄，堀口良太，赤羽弘和，片倉正彦，桑原雅夫，尾崎晴男，大口敬，西川功：交通シミュレーション再現性検証用データセットの構築，土木学会・論文集，No.688/IV-53, pp.115-123, 2001.10.

交通流ペトリネットシミュレータにおける背景画像上でのデータベース化に関する研究*

木俣 昇**・中村 彰彦***

本論文では、著者等が開発してきたマイクロ・視覚型の交通流ペトリネットシミュレータを、既存道路の有効活用計画の展開的支援システムとして位置付けて、まず、背景画の挿入により、交通流ペトリネットの実道路空間との対応性を改善し、参加者の経験の活性化支援を強化することを試みている。次に、既開発交通流ペトリネットをそのSdataのコメントを活用してデータベース化し、ネット構築支援を強化することを試みている。最後に、道路工事に伴う交通対策計画を事例に、データベース検索による問題認識から代替案発想と評価までの展開的支援の模擬試行を行い、背景画像上でのデータベース化と活用に関するヒントを考察し、今後の方向を考察している。

Development of Traffic Simulation Petri Nets Database on Actual Road Background Images*

By Noboru KIMATA**・Akihiko NAKAMURA***

In this paper, the traffic Petri-net simulator developed by authors is proposed to be most suitably applied to supporting to develop alternatives for effective use of existing road system on its total planning process. For this end, first real correspondence with developed traffic Petri-net to real road space is improved by inserting the road image as net's background and activation of participant's experience has been strengthened. Next, development of database of traffic Petri-nets is tried based on description of comments in Sdata files and their retrieval. Finally, construction process of traffic Petri-nets is simulated based on retrieval of proposed database, and its potential and problem to be approached are discussed.
