

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

Development of Traffic Flow Simulation System by Petri-Net Model

木俣 昇*, 高木 秀彰**, 黒川 浩嗣***

By Noboru KIMATA, Hideaki TAKAKI, Hiroshi KUROKAWA

1. まえがき

従来から交通流を扱う様々なシミュレーションの研究がなされてきた^{1)~7)}。その多くは、連続系のシミュレーション手法によるものである²⁾。それは、交通流という言葉に示されるように、対象とする現象が連続系であることからの自然な帰結である。その自然な流れに反して、本論文は、主に離散系のモデル化に用いられるペトリネット手法^{8)~11)}を、敢えて交通流のシミュレーションに適用しようとする試みである。それは、この試みに以下のような可能性を期待してのことである。

ペトリネットの特長は、①基本構造の単純性、共通性、②ネット図の使用に伴う視覚性、③シミュレーションアルゴリズムの汎用性にある。まず、これらの特長を活かすことによって、(i)部分モデルの作成と、それらの結合化によるシステムモデルの構成という明解な開発手続きが可能となり、それが(ii)部分モデルの複雑化、精緻化によるシステムモデルの拡張化という道を拓き、さらに、(iii)上述の②の視覚性とこの拡張性が相まって発想法的アプローチを支援するシミュレーションシステム開発につながると期待されるからである^{8)~12)}。

例えば、多くの都市で問題となっている渋滞対策には、道路網全体を視野に入れたマクロなアプローチと同時に、渋滞地点に応じたミクロな視点からの個別的、発想法的アプローチが重要となる^{13)~14)}。そこで、本研究では、上述のような目的意識の下で、交差点での渋滞現象を対象として、ペトリネットの

特長を活かした交通流のシミュレーションシステム開発の基本的研究を行い、その可能性と課題を明らかにすることを目的とする。

そのために、まず、2.では、ペトリネットの基本概念を適用し、交差点近辺での基本交通流の部分ペトリネットの作成法について説明する。3.では、2.で作成した部分ペトリネットを結合し、交差点近辺での交通流を表現するペトリネットの構成法と、ペトリネットの特長である発火ルールと、連続系に対応するための工夫であるプレースタイマ更新ルールからなる汎用性の高いアルゴリズムについて説明する。そして、4.では、右折レーン容量と信号時間といった基本的な渋滞対策を取り上げ、それらの効果の検討への本開発システムの適用の可能性と課題について論じる。

2. 交差点近辺における基本交通流の部分ペトリネットモデル

(1) 車両進行のペトリネットモデル化の方法

離散系の手法であるペトリネットを敢えて使用する理由は、上述したように、部分モデルの作成とその結合化によるシステムモデルの構成の容易さ、その結果としての拡張化、複雑化、精緻化の容易さにある。本節では、その出発点となる部分ペトリネットモデルの作成法を、交通流の最も基本的な車両進行部分を取り上げ、詳しく説明する。

ペトリネット手法は、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、現象を瞬間的な出来事(事象)と、それを引き起こす条件とその結果(状態)で捉える必要がある。車両の進行は、図-1のように、車両が1台存在することができる閉塞区間Aから、隣接する閉塞区間Bに移動する現象と捉えれば、事象

キーワード：交通流、交通計画評価、計画手法論、計画情報

* 正会員 工博 金沢大学教授 工学部基礎工学教室

(〒920 金沢市小立野2-40-20 ☎0762-34-4914 FAX0762-34-4915)

** 学生会員 金沢大学大学院 工学研究科専攻 (同上)

*** 同上 (同上)

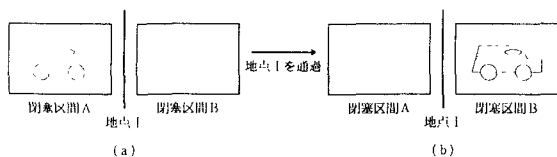


図-1 車両の進行現象

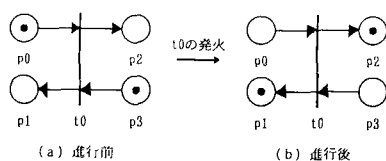


図-3 トランジションの発火

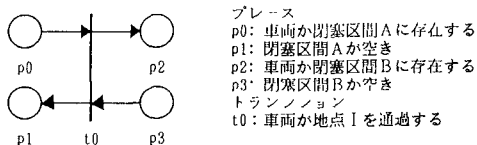


図-2 車両進行のペトリネットモデル

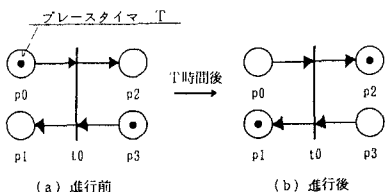


図-4 車速のモデル化

は“車両の地点 I の通過”となり、この事象が生起するための状態は、“A に車両が存在する”と“B が空きである”となる。そして、この事象が生起したために生まれる状態は、“B に車両が存在する”と“A が空きである”となることが判る。

ペトリネットでは、このように、まず、車両進行を事象と状態との関係で捉え、図-2に示すように、事象をトランジションと呼ばれるバー (|) で、各々の状態をプレースと呼ばれる丸 (○) で表現する。そして、それらの間を矢線 (アーク) で結ぶ。その向きは、図-2に示す p0 や p3 の状態のように、事象が生起するための状態であれば、プレースからトランジションへ、逆に p1 や p2 のように、事象生起により生まれる状態であれば、トランジションからプレースへアークを伸ばす。前者をこのトランジションの入力プレース、後者を出力プレースと呼ぶ。すなわち、図-2が車両進行の基本部分ペトリネット図ということになる。

ペトリネットでは、現象がある状態にあることを表すのに、プレースへのトークン (●) によるマーキングを利用する。図-3(a) は、車両進行モデルにおいて、p0 と p3 にトークンがマーキングされている。このことは、現象側では A に車両が存在する状態と、B が空きである状態になっていることを意味している。このとき、トランジション t0 のそのすべ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、ペトリネットでは、トランジションを“発火”させる。

“発火”とは、ある事象の生起を意味する。発火

したトランジションに対しては、全ての入力プレース内のトークンを取り去り、全ての出力プレースにトークンを新たにマーキングする (図-3(b))。発火後のトークンのマーキング状態は、現象側で車両進行後の状態に対応している。すなわち、トランジションの発火によって、車両の進行が生起し、ネット状態も推移することになる。

この発火が、ペトリネットの挙動、状態推移を規定する唯一のルールであり、ペトリネットによるシミュレーションのアルゴリズムは、この発火という単純で、共通なルールに基づくものとなる。その意味で非常に汎用性のあるシミュレーションシステムの開発が可能となる。

何度も述べているように、ペトリネットは離散系のシステム・ツールである。そのために、連続系の交通流への適用には工夫が必要となる。

連続系の車両進行を離散的に捉えれば、現象との間でギャップが生じてしまう。そのギャップを埋めるために“プレースタイマ”を導入する。すなわち、プレースタイマとは、トークンの属性の一つで、プレースタイマが与えられたトークンは、プレースタイマ時間分だけプレースに留まり、条件の成立を遅らせ、その結果、トランジションの発火が遅延されることになる。

図-4(a) は、車両進行のモデルであるが、p0 にマーキングされているトークンにプレースタイマとして T 時間を与えれば、トランジション t0 は、すべての入力プレースにトークンがマーキングされているにもかかわらず、直ちに発火することはできない。

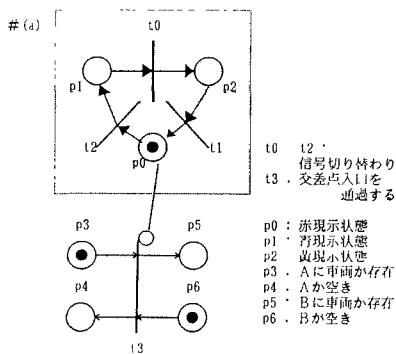


図-5 信号のペトリネットモデル

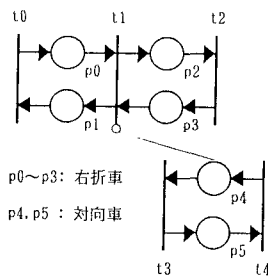


図-7 右折抑止のペトリネットモデル

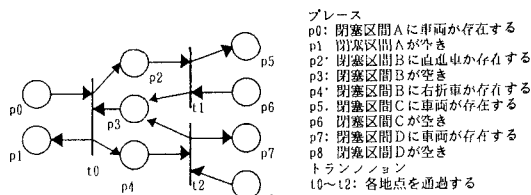


図-6 車両分岐のペトリネットモデル

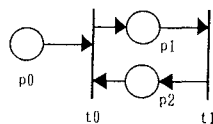


図-8 車両到着のペトリネットモデル

すなわち、T時間経過後にt0の発火が起こり、トークンは、図-4(b)のように移動されることになる。このネットの挙動は、車両がT時間かけて閉塞区間を通過して、移動したというモデル化になっている。

加速、減速、発進遅れなどの連続系としての特性は、このプレースタイマの設定で対処することになる。著者らが提案する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アプローチは、従って、“発火”というペトリネットに固有な、単純で定形的なルールと、連続系に適用するための工夫である“プレースタイマの更新”という実証的、現象的なルールの2系統による構成となる。

(2) 他の基本交通流のペトリネットモデル

(a) 信号のペトリネット

信号の基本ペトリネットは、各現示状態とその切り替わりをプレース、トランジションとして、図-5の#(a)の部分のようにモデル化される。右折信号付の場合への拡張も、その現示状態を表現するプレースとトランジションを追加させるだけで容易にできる。信号のペトリネットモデルでは、各信号時間が、プレースタイマとして与えられることになる。

信号による車両進行の制御は、信号のペトリネットモデル（図-5の#(a)）と、車両進行のペトリネット

（図-2）を結合することによって容易に作成できる。すなわち、図-5に示すように、赤現示を示すプレースより、車両進行を表すトランジションに抑止アーク（—○）を伸ばすことでモデル化される。抑止アークとは、そのプレースにトークンがマーキングされている間は、トランジションの発火を抑止するというものである。図-5では、赤現示（p0にマーキング）のときには、車両進行は抑止され、それが青現示（p1にマーキング）に切り替わった段階で、このトークンが移動し、車両進行の抑止は解除されることになる。

(b) 車両分岐のペトリネット

車両は車線を直進するだけでなく、車線を変更したり、右折・左折を行う。この基本動作のペトリネットによるモデル化には、カラートークンと選択トランジションを用いる。図-6は、これらによる車両分岐の基本部分のペトリネットである。すなわち、p0のプレースに到着した車両（カラートークン）は、t0のトランジションの発火と共に、それに与えられたカラーに応じて、p2あるいはp4へ分岐する。

(c) 右折車の対向車による抑止ペトリネット

右折車は、対向車によって右折行動を規制される。このモデル化も、抑止アークを用いれば簡単にペトリネット化できる。図-7に、その最も単純なケース

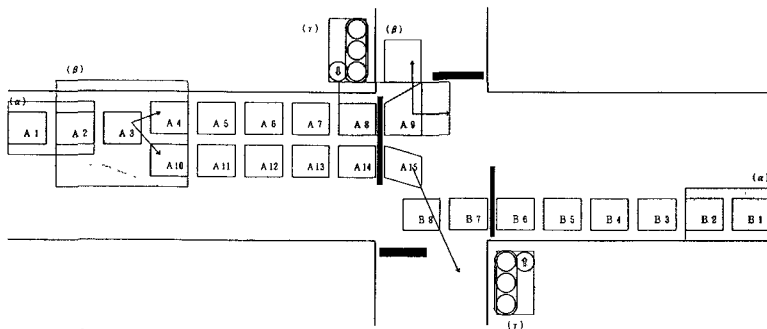


図-9 交差点近辺の閉塞区分割と部分モデル

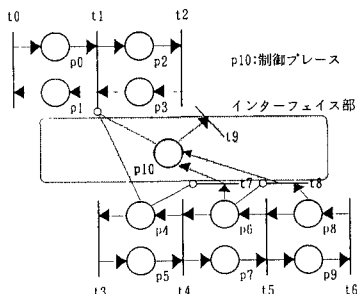


図-10 複雑化した右折抑止のペトリネットモデル

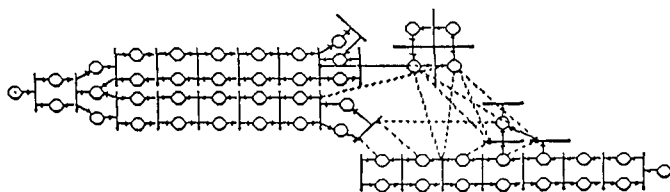


図-11 交差点モデル

のモデル化を示す。すなわち、右折行動の生起に対応するトランジション $t1$ に、その行動を規制する対向車の存在を示すブレース $p4$ から、抑止アークを伸ばすだけでよい。このことによって、 $p4$ にトークンがマーキングされていれば、右折車は右折を抑止されることになる。

(d) 車両到着のペトリネット

最後に、車両が、当該道路網に到着する現象のモデルを図-8に示す。この $p0$ が発生ブレースで、このブレースに、車両の到着分布に従ってトークンを発生させ、車両の進行のペトリネットに接続させている。ちなみに、本研究では、車両の到着分布はポアソン分布、従って、到着時間間隔は指数分布として、車両を発生させている。

以上のように、部分モデルは、いずれも単純で、共通性をもつ構造となっている。このことが後述する部分モデルの結合化を可能にし、ネットの汎用的なデータ構造化にもつながることになる。

3. ペトリネットによるシミュレーションシステムの構成

(1) 基本部分モデルの結合によるシステムモデルの形成

まず、シミュレーション対象地区を閉塞区間に分割する。ここでは、図-9に示すような交差点モデル地区を想定する。この図の左方向からの交通（自転車側と呼ぶ）の渋滞解析を目的とする。この交差点には、右折信号付きの信号機があるとし、また $B5$ 、 $B6$ などに存在する対向車両からの右折車への影響も考慮するとしてシステムモデルの作成を行う。

次に、図-9に示したように、自転車側、対向車側に対して、白地の部分は、図-2の車両進行のペトリネットを連続させ、網かけ(α)の部分には図-8を、(β)には図-6を、(γ)には図-5に右折信号を加えたものを適用し、結合する。この自転車側、対向車側のネットを右折車抑止の関連で結合する。右折車抑止の基本部分モデルも2.の(2)で作成したが、ここでは右折信号があるとしたために、そのままでは右折信号現示時に対向車が $B5$ 、 $B6$ に停止している場合にも抑止が働き、右折車が進行できなくなってしまう。そこで、図-10に示すように、 $B7$ 、 $B8$ からは、直接右折トランジションに抑止アークを伸ばすが、 $B5$ 、 $B6$ からの抑止は、網かけしたインターフェイスを介して抑止するという複雑化が必要となる。すなわち、図-10のペトリネットで、ブレース $p10$ は、信号が青、黄現示で $B5$ 、 $B6$ に車両が存在する場合には、トークンがマーキングされるが、信号が右折現

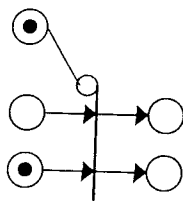


図-12 ペトリネットの基本構造

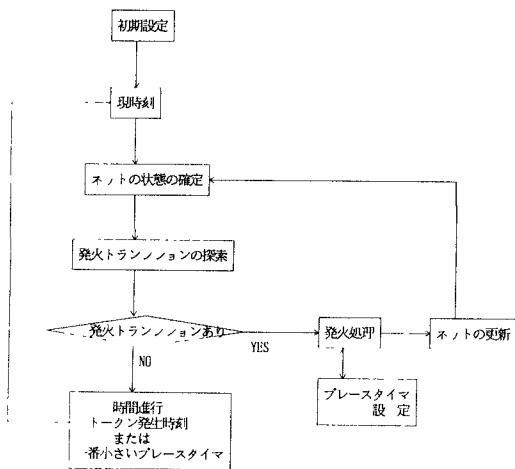


図-13 ペトリネットシミュレーションの基本アルゴリズム

示、赤現示にはマーキングされないようにすれば、B5、B6に車両が存在しても、右折現示時には、右折車は進行できることになる。

これらの部分モデルをこのような形で組み込み、結合化させることによって、図-9の交差点のペトリネットモデルが作成できる。その結果を、図-11に示す。

(2) ペトリネットのデータ構造化とシミュレーションアルゴリズム

2.あるいは3.の(1)で作成したペトリネットは、すべて図-12に集約される単純で共通な構造をもっている。すなわち、プレースとトランジションをアークで関係づけ、プレースにトークンがマーキングされるという形で表される。そして、このプレースとトランジション、およびトークンは、表-1に示すようなデータ群によって完全に特徴づけることができる。

表-1 データの構造

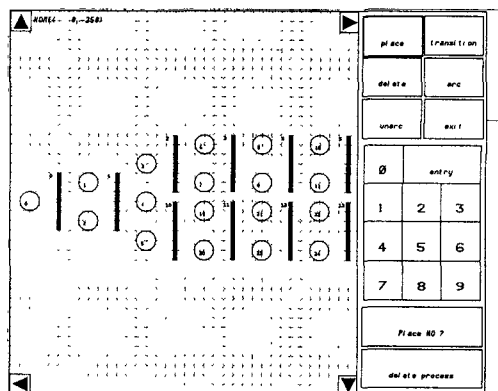
プレース	a	抑止トランジション、カラー、プレースタイム種類
	b	出力トランジション、所持トークン
トランジション	a	入力プレース、出力プレース、タイプ
	b	抑止状態、入力プレース数、入力条件の満たされた数、カッター、曲面1での識別子
トークン	a	存在プレース、プレースタイム
	b	カラー、発進遅れフラク、システム存在時間、生成時間、プレースタイム

換言すれば、複雑な全体ペトリネットも、表-1に示すデータ項目を持つ汎用的な構造体を用意し、ネットを構成するプレース、トランジション、およびトークンについて、これらの諸データを設定することによって表現することが可能となる。なお、この表で、aの欄に書かれたものは、ネットを特定化するために入力されるものであり、bの欄に書かれたものは、初期設定として、あるいはシミュレーション中に内生的に生成されるものである。

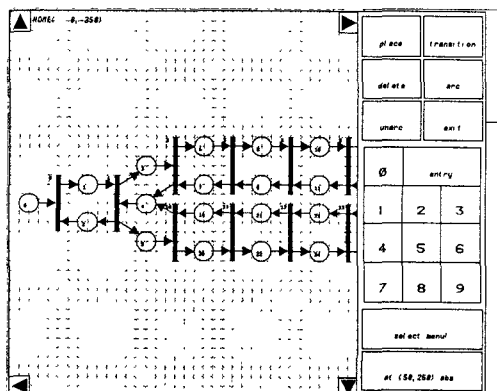
ペトリネットによるシミュレーションアルゴリズムは、このデータ表現に、2.の(1)で述べたように発火ルールとプレースタイム設定のルールを適用し、更新するものとなる。図-13に、このアルゴリズムの基本概念フローを示す。

アルゴリズムの中心は、発火可能トランジションの探索、および発火とプレースタイム設定処理である。それらを与えられたネット状態に適用し、ネットの更新ルールによって、新しいネット状態を確定する形でシミュレーションは進行することになる。著者らが開発したこれらのルーチン処理のアルゴリズムは、ネットの大きさや複雑性といったものとは全く関係のないものとなる。

1.で本研究の意図を述べたが、発想法的アプローチでは、部分モデルの複雑化、精緻化、さらには付加によるシステムの拡張化がいずれは試みられる。そのようなシステムのシミュレーションにおいても、このアルゴリズムは基本的にはそのままが良いことを意味している。ここにペトリネットによるシミュレーション研究の大きな価値があるといえよう。なお、時間の進行は、トークンの発生時刻または最小プレースタイム時刻ということで、離散的な進行となる。



(a) プレース、トランジションの配置指示



(b) プレースとトランジション間のアーク描画

図-14 出力用ネット図作成システム

表-2 ノミュレーション・パラメータ

自車側到着率	台/分
対向車到着率	台/分
右折率	%
信号時間	秒
右折信号時間	秒
右折レーンの容量	台
ノミュレーション時間	秒

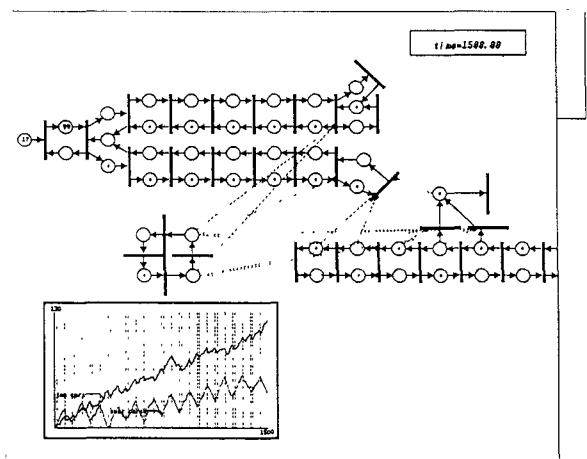


図 15 ペトリネットによるノミュレーション画面

(3) 出力用ネット図作成システム

ペトリネットの特徴として、ネット図のもつ視覚性をあげた。本研究では、この視覚性を活かすために、作成したネット図を出力画面として利用するためのシステムも開発した。図-14に、そのシステムの基本機能を示す。図-14の(a)は、作成したペトリネット図を基に、CRT画面上にプレースとトランジションを作図している画面である。これらの作図は、プレースについては右のウィンドウの“プレースボタン”と数字を用いてプレースの識別番号を入力し、左のウィンドウのマス目を用いて中心位置を入力するようになっており、トランジションについては、それらに加えて回転角度も入力するようにな

っている。図-14の(b)は、右のウィンドウの“アークボタン”を押すことで、それらの間の関係が、

(2)で述べたデータ構造体として与えられたデータから自動作画されることを示したものである。

このシステムによって、作成されたペトリネット図がそのまま視覚的な出力系として利用できることになる。また、データ構造体からのアークの自動作画によって、データ入力チェックが視覚的にも行えることになる。これは、ペトリネットが複雑になればなるほどデータ入力チェックが困難になることを考えれば、そのチェックにも有用なシステムである。

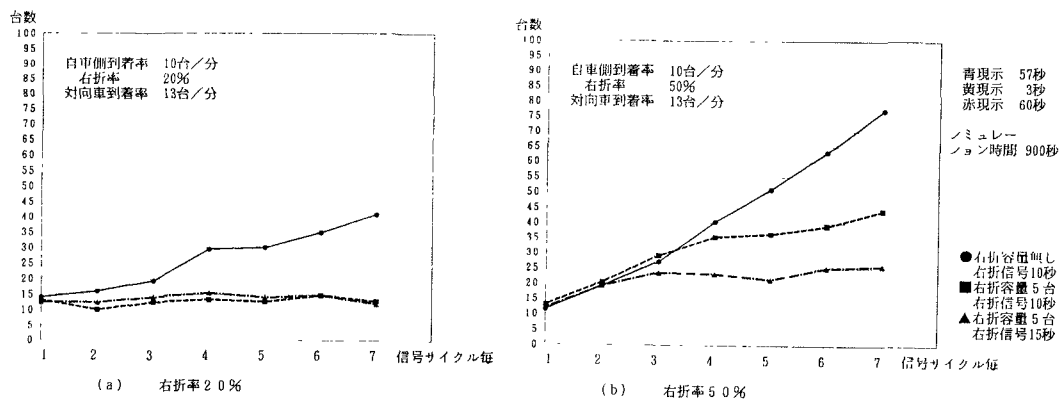


図 16 渋滞対策と渋滞長

4. 渋滞対策の検討事例と考察

(1) 交差点の渋滞シミュレーション事例

3.の(1)では、図-9に示した交差点のペトリネットモデルの作成を試みた。その結果を示したものが図-11である。これを3.の(3)で開発したネット図作成システムでコンピュータ画面に取り入れ、表-2に示すパラメータを設定し、3.の(2)で示したアルゴリズムでシミュレーションした事例が、図-15の画面である。

図-15のペトリネット図では、右折レーンの閉塞区間に対応するプレースが5個用意されている。すなわち、このシミュレーションは、右折レーン容量が5台の場合のもので、画面上方の表示からシミュレーション時刻が1500秒のときのネット状態を示していることが分かる。このような視覚的な出力画面を詳細に、また連続的に観察することによって、シミュレーションが妥当なものであるかどうか、渋滞の原因が何かなどが検討できる。

この画面でいえば、信号ペトリネットのトークンの位置より、信号は青現示で、右折レーンがすべて塞がっている状況にあることが分かる。一方、直進・左折レーンにはトークンはなく、空いてしまっていることも分かる。その原因は、右折レーン容量が不足し、右折車がオーバーフローし、直進・左折車の進行を阻害しているためであると推測される。

画面下方のウィンドウには、渋滞長の変化が示されるようにしている。上方が自車側で、下方が対向車側である。これをみれば、自車側に大きな渋滞が発生していることが判る。本シミュレーションシス

テムでは、その原因を、上述のようなマイクロで視覚的な検討によって、右折車のオーバーフローと関係で推測し、このオーバーフロー車の発生を事象として捉え、その解決策を、この事象の発火の監視と適切な信号処理という形で発想し、その部分ペトリネットを具体化することによって検討するといった発想法的アプローチを支援するところに特徴がある。

(2) 渋滞対策のシミュレーション

本研究で作成した交差点のペトリネットモデルは、基本的なもので、議論できる対策は限定されている。ここでは、シミュレーション時間を900秒として、自車側、対向車側の到着率(台/分)、信号現示時間(秒)、自車側の右折率(%)を設定し、渋滞対策として、右折信号時間、右折レーンの容量を変化させて、乱数の初期値を変えて、5回シミュレーションを実施した。その結果を図-16に示す。

図-16(a)では、自車側の交通量を10台/分とし、右折率20%、対向車の交通量を13台/分としている。右折レーン容量無しときには、かなり渋滞するが、右折レーンを5台確保すれば、この渋滞は解消する。右折信号を延ばしても、この場合には効果はないことも判る。

図-16(b)は、右折率が20%から50%に増えたときのものである。右折レーン容量無しでは、大きな渋滞を生じることになる。この場合には、右折レーン容量を5台にしても、渋滞は軽減するが解消にはならない。それに右折信号を5秒延ばせば、ほぼ解消することが示されている。

渋滞対策の支援システムには、発想法的機能と同

時に定量的評価機能が求められる。本シミュレーションシステムは、この定量的評価にも十分に使用できるものである。

5. あとがき

本論文では、離散系の手法であるペトリネットを、連続系の交通流のシミュレーションに適用するための基礎的研究を行った。この試みは、ペトリネット手法の導入に、発想法的アプローチにつながるシミュレーションシステム開発の可能性を見てのことである。1.で述べたように、それには、(Ⅰ)部分モデルの作成と、その結合化によるシステムモデルの構成手続き、(Ⅱ)部分モデルの複雑化、精緻化によるシステムモデルの拡張化手続き、(Ⅲ)視覚性とこの拡張性を生かした発想法的アプローチ法の検討が必要となる。

本論文では、これらに対して、まず、交差点近辺での5つの基本交通流について、それらの部分モデルが、単純で共通な構造をもつペトリネットで表現できることを示した。そして、それらの複雑化、精緻化手続きを示し、さらにはそれらの結合化によるシステムモデルの構成手続きを明らかにした。次に、ペトリネットの単純、共通構造性を活用して、ネットの汎用的なデータ構造化の可能性を示すとともに、ネットを視覚的な出力系として使用するためのネット作成システムを開発した。

シミュレーションは、このようにして画面化されたネット上をトークンが移動するという形をとる。著者らは、そのアルゴリズムとして、ネットの大きさにや複雑さには基本的にはかわらない汎用性のあるものを提案した。すなわち、“発火”というペトリネットに固有な単純で定形的なルールと、“プレースタイマの更新”という連続系への適用のための工夫で、実証的、現象規定的なルールに基づくアルゴリズム化である。このアルゴリズムと、上述したデータ構造化の汎用化によって、発想法的アプローチの中で、システムネットが拡張化され、複雑化したとしても、そのネットをデータ構造化し、ネット作成システムで出力画面化するだけで、そのシミュレーションが実行できるシステムの基本部の開発を行うことができた。また、このシミュレーシ

ョンシステムが、その視覚性を活用することによって、渋滞原因のミクロな検討に有効であるとともに、そこでの発想を対策として組み入れる可能性や、対策の定量的評価への利用の可能性も示唆することができたのではと考えている。

しかし、開発したシステムは、ペトリネットによる交通流のシミュレーションに秘められた可能性を示すための基本的なもので、改良を要する点が多くある。まず、ここで提案した部分モデルの精緻化さらには豊富化が必要である。計画学研究発表会で、巻上氏よりコメントを頂いたように、大型車の混入の取り扱いもその一つである。この問題は、ある意味では、ペトリネットの適用にとって本質的なものである。カラートークンと特別なプレースタイマによる対処では、閉塞空間が変容することになるからである。この考え方も魅力的であるが、連続して移動する2個のカラートークンによる解決を検討したいと考えている。

次に、シミュレーション可能領域の拡大化も大きな課題である。しかし、これは、本論文の方向としては理論的には問題はなく、技術的な課題である。本論文で開発したネット図作成システムのスクロール化で対処できると考えている。また、図-15の視覚的な画面で判明したミクロな状況を監視して、それをペトリネットで表現し、信号制御に組み入れるというアイディアの具体化も今後の課題である。

最後に、研究発表会でコメントをいただいた立命館大学の巻上先生、御討議いただいた皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) シミュレーション技術研究会編：シミュレーション技術（Ⅰ），pp.85～146，コロナ社，1975
- 2) 栗本 譲：道路交通流解析のデジタル・シミュレーション・モデル，土木学会論文集，第320号，pp.137～148，1982
- 3) 松本幸正，高橋政稔，栗本 譲：都市内高規格道路の車線占用工事における交通流解析支援システムに関する研究，土木情報システム論文集，Vol.2，pp.65～72，1993

- 4) 井上博司：道路網における交通流動の動的シミュレーション手法，土木学会論文集，No.470，IV-20，pp.87～95，1993
- 5) 鹿田成則，片倉正彦，瀧川光伸：シミュレーションによる一車線流入部の交通容量解析，土木計画学研究・論文集，No.9，pp.157～164，1991
- 6) 中村英樹，桑原雅夫，越 正毅：織り込み区間の交通容量算出シミュレーション・モデル，土木学会論文集，No.440，IV-16，pp51～59，1992
- 7) 松本健二郎，高橋秀喜，井上淳一，辻 光弘：織り込み区間長評価のための交通シミュレーションモデルの開発，土木学会論文集，No.440，IV-16，pp.61～69，1992
- 8) 村田忠夫：ペトリネットの解析と応用，近代科学社，1992
- 9) 椎塚久雄：実例ペトリネットーその基礎からコンピュータツールまで，コロナ社，1992
- 10) J.L.ピーターソン著，市川淳信，小林 信訳：ペトリネット入門，共立出版社，1984
- 11) TADAO MURATA: Petri Nets: Properties, Analysis and Applications, Proc of the IEEE, Vol.77 No.4, pp.541-580, 1989. April
- 12) 高木秀彰，木俣 昇：交通計画のためのペトリネット・シミュレーションシステムに関する研究，土木計画学研究・講演集，No.16(1)，pp.127～132，1993
- 13) 越 正毅，岩崎征人，大蔵 泉，西宮良一：渋滞時の交通流現象に関する研究，土木学会論文報告集，第306号，pp.59～70，1981
- 14) 飯田恭敬，内田 敬，藤井 聡：大規模ネットワークを対象とした動的交通流シミュレーション，土木計画学研究・講演集，No.15(1) pp.39～46，1992

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

木俣 昇，高木秀彰，黒川浩嗣

本論文では，離散系の手法であるペトリネットを，連続系の交通流のシミュレーションに適用することを試みている。ペトリネットの特徴は，①基本構造の共通性，単純性，②ネット図の使用による視覚性，③シミュレーションアルゴリズムの汎用性にある。これらの特徴は，ミクロな発想法的アプローチを支援するシミュレーションシステム開発に威力を発揮する。本研究では，そのような課題として，渋滞対策を取り上げ，ペトリネットの特徴を活かしたシミュレーションシステムを開発し，その基本機能を確認するとともに，そのような問題への適用の可能性と課題を明らかにしている。

Development of Traffic Flow Simulation System by Petri-Net Model

by Noboru KIMATA, Hideaki TAKAKI and Hiroshi KUROKAWA

PETRI NET is usually used for discrete system simulations. In this paper, we try to use it for a continuous traffic flow simulation. PETRI NET has following features; (1) simple and common structures, (2) usage of visual net model, and (3) simple and common algorithm not depended on specified nets. These features would work to advantage to develop a supporting system of planning like countermeasure of traffic jam. We propose several sub-net models of traffic flow and show a procedure to combine them into a system net. And we develop a simulation algorithm and demonstrate the potential of our simulation system.
