

# 駐車施策評価のための交通流シミュレータの開発と適用事例

## Development and Application of a Traffic Simulator for the Assessment of Parking Management Policies

中村 英樹\*・鈴木 一史\*\*・櫻井 淳史\*\*\*

Hideki NAKAMURA\*, Kazufumi SUZUKI\*\* and Atsushi SAKURAI\*\*\*

### 1. はじめに

名古屋の都心商業街区である栄地区では、特に休日には買物目的の駐車需要が集中し、駐車場入庫待ち行列が路上駐車とともに周辺部の交通渋滞の原因となっている。名古屋市の調査<sup>1)</sup>によれば、この街区における駐車容量は、路外駐車台数および路上駐車台数の瞬間合計最大値を総量で上回っている。これより、街区内における駐車場利用の著しい空間的偏りが生じていることがわかる。このため、駐車料金設定や買物による駐車料金サービスの見直しなどをはじめとする駐車管理施策の実施が望まれる。

このような面的な施策を特に複数導入した際には、個々の施策による効果が相互に複雑に影響し合っただけでなく、交通現象として顕在化するが、これを評価する際に有力な手段が交通シミュレーション分析である。このため、これまでわが国でもtiss-NET<sup>2)</sup>やAVENUE<sup>3)</sup>などの、街路における交通流の評価を目的としたシミュレータが開発され、多くの適用事例がある。

現在筆者らは、都市部における駐車関連施策などの評価を目的として、ネットワーク交通流シミュレータ **INSPECTOR** (Integrated Network Simulator for Performance Evaluation on Comprehensive Traffic Operation) の開発に取り組んでいる。本稿では、INSPECTORの基本的な構造について紹介し、名古屋都心街区における駐車施策評価への適用について報告する。

### 2. INSPECTORの開発方針

INSPECTORは、交通流シミュレータ単独での機能はもとより、駐車料金設定や情報提供など、様々な施策に対

応して反応する利用者の選択行動を表現するパートを組み込み可能な構造としている。このパートのサブモデルの追加や交換により、様々な施策の組み合わせに柔軟に対応できるよう設計されている。車両移動のパートとで随時情報交換を行うことにより、交通状況に応じた利用者の選択行動の変化を動的に表現可能である。

また、街路ネットワークにおける交通状況を適切に再現するためには、交通容量や交通流サービスレベルの低下要因となる車両挙動をとりわけ忠実に表現する必要がある。すなわち、右折や駐車場入庫待ち車両、路上駐車、右左折時の横断歩行者との錯綜、割り込み/譲り挙動、などである。特に、駐車施策の評価を扱う場合には、施策実施に伴う路上駐車位置や台数の変化と、それに伴う交通流への影響表現が重要なポイントとなる。これらの車両挙動表現の忠実さに加え、車種や車載器の有無、利用者選択特性など、属性の異なる車両の混在した交通流のきめ細かな管理が容易であることも考慮に入れ、本シミュレータでは微視的(離散)モデルを採用している。開発環境はMicrosoft Visual C# .NETである。

### 3. 車両移動パートの概要

#### (1) 車両の発生

車両は負の指数分布に従った車頭時間により発生させ、このとき車種、目的地、希望速度などの属性が与えられる。目的地は、通過交通ではOD表から、駐車交通には後述する駐車場所選択モデルを用いて発生時の交通状況に応じて与えられる。

#### (2) 車両の進行

自由走行している車両は、希望速度まで徐々に加速する。追従状態にあるときは、ある時点における走行状態(車頭距離、速度)と希望速度との関係から、追従車頭距離に向けて加速/等速/減速のいずれかを速度-追従車頭距離(S-V)関係より判定する。そのときの加速度は、速度の関数で決定する。

Keywords: 交通流シミュレーション, 駐車管理, 交通運用

\*正会員 工博 名古屋大学大学院工学研究科地圏環境工学専攻  
〒464-8603 名古屋市千種区不老町

nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

\*\*学生会員 名古屋大学大学院工学研究科地圏環境工学専攻

\*\*\*富士通エフ・アイ・ピー株式会社

### (3) 車線変更

車線変更が実行されるのは、車線変更先のギャップが速度に応じた許容値を上回るときであるが、渋滞時など十分なギャップが得られない場合には、割り込み/譲り挙動により車線変更を行う。

### (4) 交差点での右左折

交差点における右折車両のギャップアクセプタンスについては、交差点の大きさに応じた右折所要時間と対向直進車両が交差点内に進入するまでに要する時間との大小関係により判定している。また、今回は歩行者の多い都心街区での適用を想定しているため、青現示開始時には常に道路の両側から滞留した歩行者が横断を開始すると仮定して右左折車両と横断歩行者との干渉を表現している。青現示開始から横断歩行所要時間の間は必ず、それ以降は歩行者交通量に応じて確率的に右左折車を停止させ、容量低下を表現している。

### (5) 路上/路外駐車挙動

路上駐車車両は目的施設に近づくと徐行して駐車スペースを探索し、前後に最小車間距離だけの余裕を確保できるときに路上駐車を行う。目的施設最寄りのリンクにおいて駐車スペースが見つからない場合には、当該街区ブロック内でうろつきながら探索を続ける。

一方、駐車場入庫口に到達した路外駐車車両は、駐車場構造に応じた入庫所要時間を経たのち入庫する。

### (6) 駐車時間

路上および路外駐車場における駐車時間は、各駐車場および路上駐車場の駐車時間データ(後述の愛知県道工事事務所調査)を用いて推定した、それぞれの駐車時間分布関数に応じて確率的に与えている。ここで、分布形には滞在時間などの説明に用いられる、ワイブル分布を仮定したハザード関数を適用した<sup>4)</sup>。駐車場で駐車時間を表現するワイブル分布のパラメータは、30分あたりの駐車料金 $x_1$ と料金サービスの有無 $x_2$ (あり=1)で説明する形の式(1)で示されるモデルとした。

$$F(t) = 1 - S(t)$$

$$= 1 - \exp\left[-\{\eta(t - \varepsilon)\}^\theta\right]$$

$$\eta = 1 / [\exp(\omega + \alpha x_1 + \beta x_2)]$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \eta \theta \{\eta(t - \varepsilon)\}^{\theta-1} \cdot \exp\left[-\{\eta(t - \varepsilon)\}^\theta\right] \dots (1)$$

ここに、 $S(t)$ :生存関数、 $F(t)$ :累積分布関数、 $f(t)$ :確率密度関数、 $\omega$ :定数項、 $\theta$ :形状係数、 $\varepsilon$ :駐車時間の最小値(=0)、 $x_1$ :駐車料金[円/30分]、 $x_2$ :駐車料金サービスの有

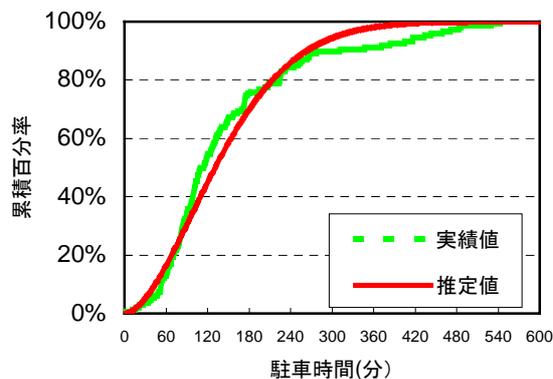


図1 駐車時間の実績値と推定値(M 駐車場, 駐車料金 250[円/30分], 駐車料金サービスあり)

有無、 $\alpha, \beta$ :パラメータ、である。各パラメータの推定を行ったところ、 $\theta = 1.713$ ,  $\omega = 5.137$ ,  $\alpha = -0.0006675$ ,  $\beta = 0.1118$  となった。一例として、30分あたりの駐車料金が250円で、買物による駐車料金サービスのあるM駐車場における駐車時間の実績値と推定値を図1に示す。

### (7) 路上駐車車両の回避挙動

路上駐車車両を発見した車両は、50m手前から図2に示すロジックで回避行動を行う。

## 4. 利用者選択行動パートの概要

利用者選択行動パートには、経路選択モデルおよび駐車場所選択モデルが含まれる。目下のところ、非集計ロジットモデルを用いた経路選択モデルはチューニングが必要な状態にある。紙面の都合もあることから、ここでは特に駐車場所選択モデルについて述べる。

駐車場所選択モデルは、図3に示す構造の非集計ネステッド・ロジットモデルを適用しており、路上/路外の選択を含めた段階的な駐車場所選択行動を表現可能である。

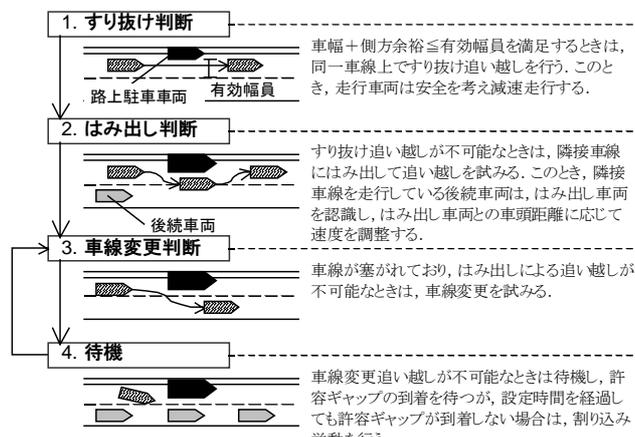


図2 路上駐車車両の回避フロー

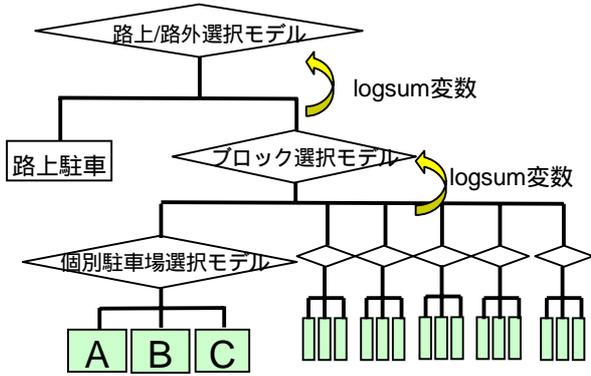


図3 都心駐車場所選択モデルの構造

モデルのパラメータ推定には、中部地方建設局(当時)愛知県国道工事事務所により1999年11月14日(日)に名古屋市栄地区で実施された、駐車実態に関する調査データを用いた。この調査は、駐車場及び路上での駐車車両のプレートナンバー調査と、駐車場利用(配布5000, 回収1127)および路上駐車ドライバー(配布2000, 回収232)に対する交通行動実態アンケート調査からなっている。表1,2,3に、それぞれ路上/路外選択モデル、街区ブロック選択モデル(6つのブロックから選択)、および個別駐車場選択モデル(目的地に最寄の3駐車場から選択)のパラメータ推定結果を示す。表3では一部有為でないパラメータもあるが、政策変数として残した。

## 5. 基本性能の確認(Verification)

### (1) 発生車頭時間分布

交通需要を 500, 1000, 1500[veh/h]としたときの発生車頭時間分布について検証した結果、設定した負の指数分布に従って正しく車両が発生していた。

### (2) 信号交差点での衝撃波伝播と飽和交通流率

図4は、下流端に信号交差点を持つ単路部に、1000 [veh/h]の交通量を流したときの時間-空間図である。このときの衝撃波の理論値は図5の交通量-交通密度(q-k)関係から求められる。これらと比較すると、本モデルは渋滞の延伸、解消を正しく再現していることがわかる。飽和交通流率は、図4から約1800[veh/青1時間]であることが読み取れる。

### (3) 信号交差点での右折容量

交通工学研究会による右折容量の算定式<sup>5)</sup>による計算値とシミュレーション結果との比較を行った(図6)。

## 6. 名古屋市栄地区での検証(Validation)

図7に示す名古屋市中区栄から丸の内までの南北約

表1 路上/路外選択モデル

	説明変数	パラメータ	t 値
路上	高頻度来街者ダミー	0.607	5.30
	駐車時間 30 分以内ダミー	1.52	1.96
路外	訪問施設数	0.548	5.47
	街区ブロック選択モデルの logsum 変数	0.760	4.95
	定数項	1.11	3.22

サンプル数 965, 的中率 84.4%,  $\chi^2=0.403$

表2 街区ブロック選択モデル

説明変数	パラメータ	t 値
駐車料金[円/30分]	-0.00723	-5.77
ln(駐車場から目的施設までの距離)	-0.876	-15.8
ブロック集中度	0.000801	4.38
駐車料金サービスダミー	1.01	7.30
個別駐車場選択モデルの logsum 変数	0.869	3.93
定数項(ブロック 2)	0.796	8.20

サンプル数 795, 的中率 55.9%,  $\chi^2=0.273$

表3 個別駐車場選択モデル(3肢選択)

説明変数	パラメータ	t 値
定数項(第1選択肢)	0.332	2.48
駐車容量[台]	0.00284	7.84
駐車入庫待ち時間[分]	-0.0259	-1.36
大通りダミー	0.228	1.54

サンプル数 1005, 的中率 65.8%,  $\chi^2=0.244$

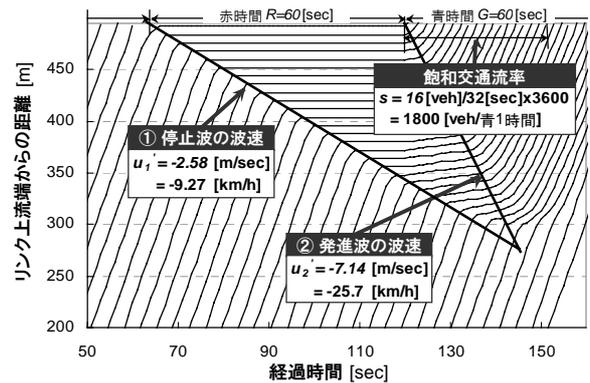


図4 衝撃波の伝播

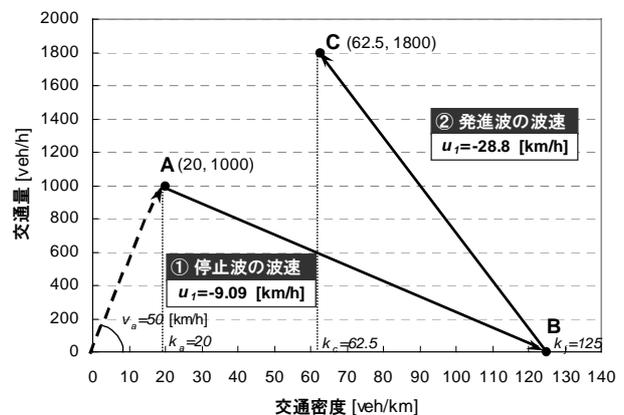


図5 q-k 関係による発進波・停止波の波速の理論値

2.1km, 東西約1.1kmの都心エリアに、リンク数219, ノード数113のネットワークを構築した。対象時間帯は地区内で買物交通による激しい混雑が生じる休日の12:00~17:00

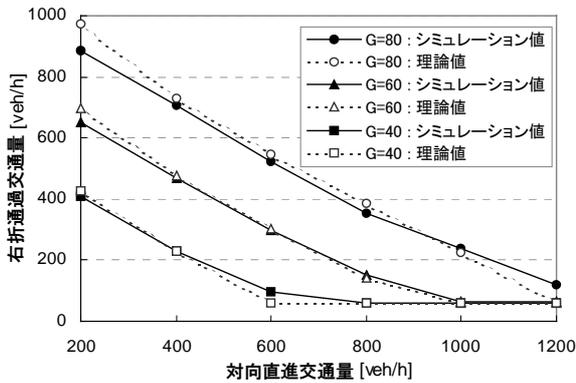


図6 対向直進交通量を与えたときの右折容量

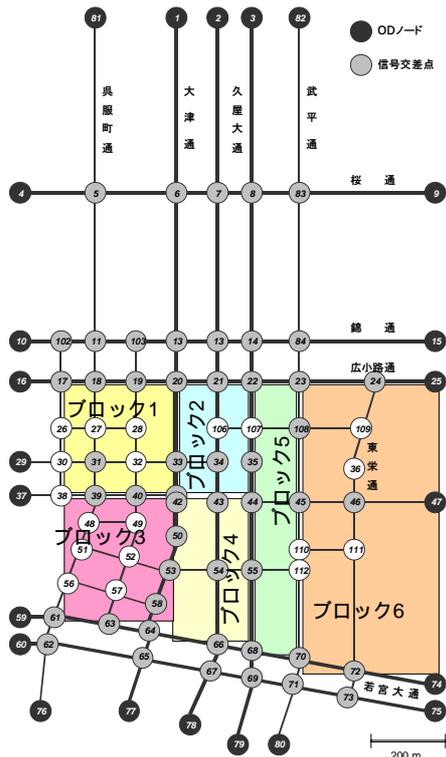


図7 シミュレーションの対象ネットワーク

とした。OD交通量は前述のプレートナンバー調査と断面交通量調査をもとに推定したものであり、1時間おきと与えている。信号制御パラメータは、交通量調査と同日に調査したものを使用した。

図8は旅行時間の再現性を比較したものである。旅行時間の観測値は、1時間毎に代表的な経路を実走行することで取得した。ばらつきはあるが、個々の観測値は信号交差点への到着タイミングにより大きく左右されることを考慮すれば、結果は概ね良好と言えよう。

図9には、ブロック3におけるある駐車場で出入庫台数の時間変化の検証結果を示した。

## 7. おわりに

本稿では、街路ネットワーク交通流シミュレータ

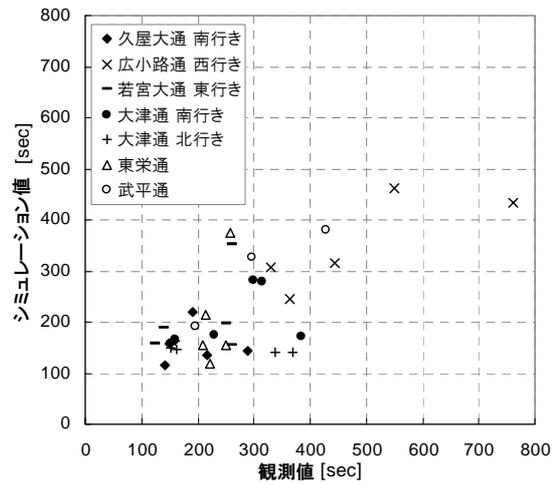


図8 旅行時間の再現性(走行経路別)

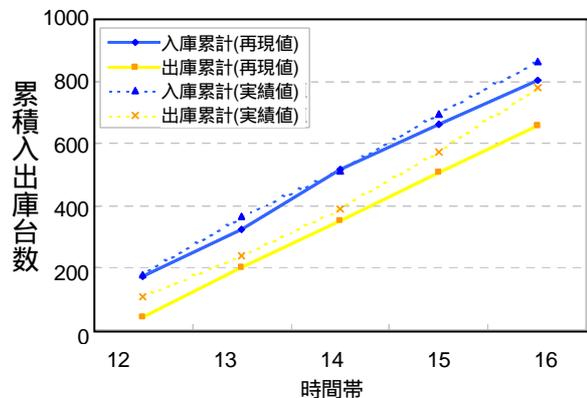


図9 ある駐車場の入出庫台数の検証(ブロック3)

INSPECTORの基本構造を示し、名古屋市栄地区における検証結果を報告した。各モデルの精度の整合性をはじめとして、多くの解決すべき課題が残されていることは言うまでもない。今後各構成モデルの改良と検証を重ねた上で、駐車関連施策による感度分析を進めていく。

### <謝辞>

本研究を進めるに際してご協力いただいた、中部地方建設局(現・中部地方整備局)愛知国道工事事務所、名古屋市住宅都市局、(財)駐車場整備推進機構、パンフィックコンサルタンツ(株)の関係各位に深謝します。

### <参考文献>

- 1) 名古屋市住宅都市局：駐車施策のあり方検討調査委託報告書，2001。
- 2) 坂本邦宏・梶谷晋士・久保田尚：駐車場/交通融合シミュレーションを用いた駐車場およびアクセス経路の適正化，土木計画学研究・論文集 Vol.19 No.3，pp.433-438，2002。
- 3) 堀口良太：交通運用策評価のための街路網交通シミュレーションモデルの開発，東京大学学位論文，1996。
- 4) 中村英樹・福岡真紀子：活動時間特性を考慮した観光客周遊行動シミュレーション，第19回交通工学研究発表会論文報告集，pp.153-156，1999.12。
- 5) (社)交通工学研究会：交通信号の手引，p38，1994。