

# 街路網を対象としたミクロ交通流シミュレーションモデルの構築\*

*Building a traffic micro simulation model for urban road network\**

松田真宜\*\*・佐野可寸志\*\*\*・松本昌二\*\*\*\*

by Masanori MATSUDA\*\* , Kazushi SANO \*\*\* and Shoji MATSUMOTO\*\*\*\*

## 1. はじめに

高度成長期より始まったモータリゼーションの進展以来、交通渋滞は、慢性化の様相を見せている。この対策として、現在までに様々な渋滞改善に向けた施策や、その評価の手法が提案されてきた。

その中でも、ミクロ交通流シミュレーションを利用した評価は、コンピュータの高速演算にともない、現在までに、数多くのモデルが提案されている<sup>1)</sup>。現在では、ミクロ交通流シミュレーションモデルを利用した評価が、定着したといっても過言ではない。しかしながら、評価に付随するデータ獲得にかかる費用の増大や作業時間の増大がユーザにとっての負担となっている。また、モデル仕様毎に異なる調査方法も頭を悩ませる問題でもある。

本研究では、これらの問題を軽減するため、柔軟なオブジェクト指向によりモデルを記述したメンテナンス性の高い交通流シミュレーションモデルの構築し、仮想データを用いた検証を行った。また、入出力を支援するユーザフレンドリーなGUIの開発を行った。

## 2. 交通流シミュレーションモデルの概要

### (1) プラットフォーム

本モデルでは、PC上で稼動するOSの主流なプラットフォームであるWindowsとLinuxで動作を可能とするためにクロスプラットフォームでコンパイル可能なBorland社製のDelphiを採用し、オブジェクト指向による記述で構築を行った。

\*キーワード 交通流 交通容量

\*\*学生員 修士(工学) 長岡技術科学大学大学院 博士課程  
新潟県長岡市上富岡町 1603-1

(TEL: 0258-47-1611-6638 FAX 0258-47-9650)

\*\*\*正員 博士(工学) 長岡技術科学大学 環境・建設系  
(TEL: 0258-47-9616 FAX 0258-47-9650)

\*\*\*正員 工学博士 長岡技術科学大学 環境・建設系  
(TEL: 0258-47-9615 FAX 0258-47-9650)

### (2) 車両行動とネットワークの表現

街路網を対象とした評価指標は、渋滞長・平均旅行速度・平均旅行時間・遅れ時間等である。そのため、個々の車両の挙動を正確に再現するモデルの必要性は小さく、リンク流出部の飽和交通流率と交差点間の車両の拡散現象が表現できれば、評価指標の表現は可能である。密度管理型のモデルでは、拡散現象の表現が困難であるので、追従型のモデルを採用している。また、多車線時の車線変更・追い抜き・追い越し、一時停止、駐停車の回避、右折待ち車両の迂回、先詰まりによる交差点の流入制限等の行動や、一方通行および6枝まで交差点の表現が可能である。

### (3) 時間進行とアニメーション表示

時間進行は、プリオディックスキャニング方式を採用し、インターバルは0.1から1秒の間で可変である。また、アニメーション表示による交通流の可視化が可能であり、プレゼンテーション用にアニメーションをAVIにエクスポートも可能である。ただし、インターバルを上げると走行速度の速い車両は、滑らかに見えないので、車両位置を補完したコマを挿入している。図-1にアニメーションのスクリーンショットを示す。

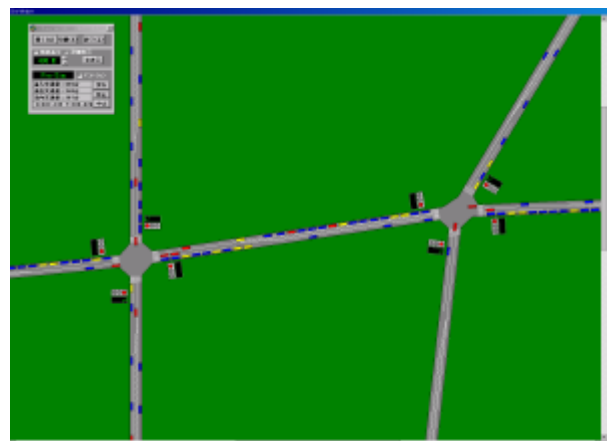


図-1 アニメーション表示のスクリーンショット

#### (4) 交通量データ

交通量の入力は、発生ノードの交通量と交差点の分岐率を所与するものと、OD表を与えるものの両方に対応している。対象ネットワークがトリー状の場合、発生ノードの交通量と交差点の分岐率でODを持たないフローの表現は可能である。環状ループを構成するようなネットワークの場合では、発生ノードと吸収ノードをOD表で与え経路選択を行わせる必要がある。一般的に、ミクロ交通流シミュレーションモデルを用いての評価を行うケースの大半が、ODを持たなくてもよいトリー状ネットワークであり、交通量の入力が常にOD表であることは、調査費用の観点から考えて必ずしも得策ではない。

#### (5) リンク統計量の可視化とデータ伝送

シミュレーション実行中は、各リンクの交通状態の変化が集計され、グラフにより確認できる。これらの集計化された指標はLAN上に存在するPCへUDPパケット通信で伝送することができる。これは、大規模ネットワークとなったとき経路選択アルゴリズム等の計算ボトルネックの回避や分散型処理を行うことができる。信号機の制御については、他のPC上へ交通指標、信号パラメータや現示階梯表のデータを送受信可能であり、高度な制御の評価にも利用可能である。

### 3. モデリング

#### (1) オブジェクト指向による表現

オブジェクト指向プログラミングはその記述力の柔軟性、メンテナンスや拡張が容易であり、継承・カプセル化等を行うことで開発期間を短縮し、その後のメンテナンス性を向上することができた。図-2に主要オブジェクトと説明を示す。

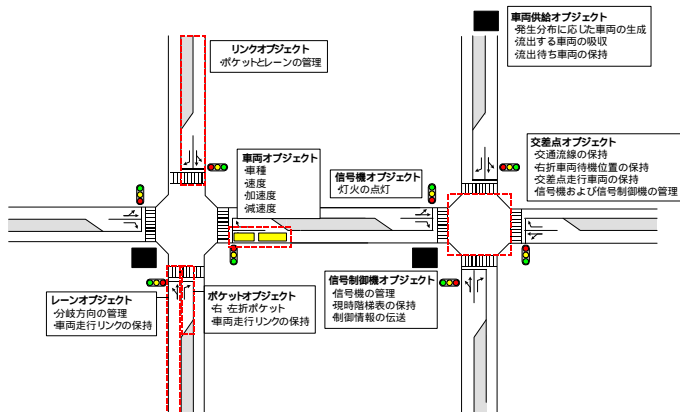


図-2 主要オブジェクトとその機能

#### (2) 車両の発生

車両の発生は、正規分布、指数分布、アーラン分布、一様分布の選択ができるが、いずれも車両の発生は、これらの分布に従うものと仮定する。

#### (3) リンク内における車両行動

車両の進行方向のモデリングには、S-V追従モデルを採用している。各車両の行動は以下のように仮定している。

車両は、最大速度まで個々に保持する加速度(平均と分散を与えた正規乱数で所与)にて希望速度まで等速度運動を行う。

希望速度は、リンク制限速度+【km】とし、は、平均と分散を与えた正規乱数とする。

後続車は、追従判定距離に達すると安全な車間距離を保つまで車両の保持する減速度(平均と分散を与えた正規乱数で所与)にて減速し、先行車両に追従するものと仮定する。

追従判定距離は、(1)式により決定する。

$$L_s = S_s + R_t \cdot V + \frac{V^2}{2b} - \frac{V_f^2}{2b_f} \dots (1)$$

ここに、 $L_s$  : 追従判定距離

$S_s$  : 停止時の車間距離

$R_t$  : 反応遅れ時間

$V, V_f$  : 対象車両, 先行車両の速度

$b, b_f$  : 対象車両, 先行車両の減速度

車線を変更は2車線以上で同一レーン走行する先行車両の走行速度が希望速度を下回るとき、もしくは走行中のレーンのマーキングが希望ルートと異なるときに、隣接するレーンに安全に移動するスペースが存在する場合、追越時最大速度(制限速度+)を上限として加速し行う。ただし、は、平均・分散を与えた正規乱数とする。

渋滞車列中での車線変更は、車両を受け入れるレーンに存在する車両の保持する許容性パラメータ(平均・分散を与えた正規乱数で所与)にて受け入れ判断を行う。

停車車両は、リンク内のみで発生し、またこれを回避する車両の行動は、障害物の位置で安全に停止できる距離と、これに各車両の保持する安全率(平均・分散を与えた正規乱数)をかけた距離の間で行い希望速度を速度上限として行う。

車両が交差点へ向かうリンク上に存在し、先詰まりしている場合、先詰まり回避指定されている分岐方向の車両は、停止線で先詰まりの解消を待つ。

### (3) 交差点内における車両行動

交差点内における車両の行動は、以下のように仮定する。

交差点における車両速度の決定は、車両の分岐方向ごとに設定した最高速度を上限として行う。

右折車両の場合、対向直進車両が交錯点までに到達する時間より右折車両が交錯点までに到達する時間が大きければ、右折待ち位置で停止する。また、対向左折車との合流点まで到達する時間が、対向左折車が合流点に到達するまでの時間より大きければ、右折待ち位置に停止する。

1車線流入部で右折待ち車両が存在するとき、左折・直進車両が右折待ち車両に衝突することなく走行可能なスペースがあり、右折回避指定がある場合、左折・直進車両は、右折車をすり抜けて交差点を走行できる。

### (4) 経路選択モデル

車両の経路選択には、ロジック型の確率選択モデル(Dial のアルゴリズム)を内包化している。リンク抵抗は、現在のところリンクの平均旅行時間として

## 4. 仮想データによる検証 (Verification)

構築を行った交通流シミュレーションモデルが、一般的な交通現象を再現でき動作原理が正当であることを示すために、仮想データを用いた検証を行った。検証項目は、交通流シミュレーションの標準検証プロセス Verification マニュアル(案)<sup>2)</sup>の検証項目にて行った。

### (1) 発生交通量

発生交通量の検証は、交通需要を1時間あたり500台、1000台、2000台の3ケースを正規分布、指数分布、アーラン分布、一様分布について行った。いずれのケースも仮定した分布によく一致し、大きな問題は見受けられなかった。図-3には、指数分布発生時の車頭時刻の検証結果を示す。

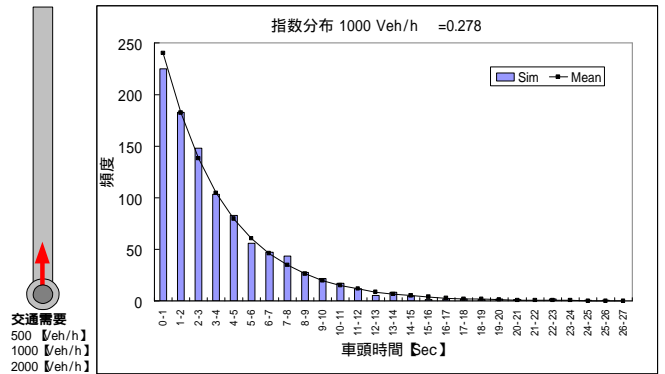


図-3 指数分布発生時の車頭時刻の検証

### (2) ボトルネック容量と飽和交通流率

ボトルネック容量の検証は、交通需要を最初の1時間に超過需要3000Veh/h、次の1時間に0Veh/h発生させ、車両が流出しきるまで遅れを確認した。図-4には、このときのリンクの流出台数の変化を示す。

飽和交通流率の検証については、交通需要を1時間あたり1000台発生させ、車両の目標をHeadway2.5秒に設定しリンク下流に信号機を設置した。このときの飽和交通流率は、21.98Veh/Cycleであり図-5に示した結果とほぼ一致している。

### (3) 渋滞の延伸およびショックウェーブ伝播速度

渋滞の延伸の検証は、交通需要を0~15分の間で1000Veh/h、15~25分の間で1600Veh/h、25~60分で1000Veh/h発生させ、30秒ごとに500mおきに

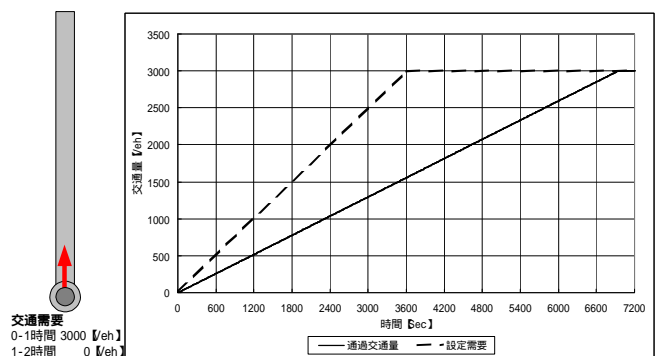


図-4 超過需要発生時のリンク累積流出台数の変化

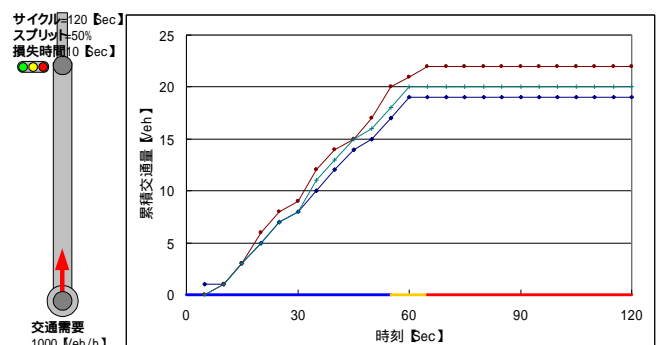


図-5 流出交通量の累積グラフ

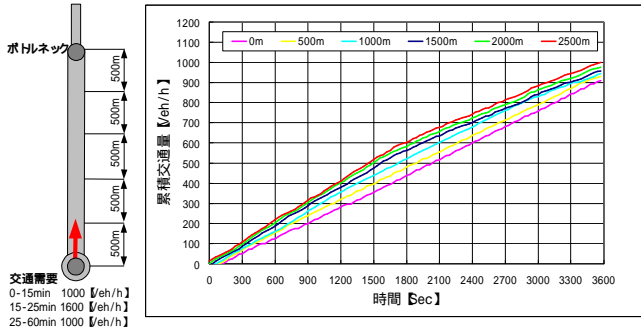


図-6 各観測断面の流出交通量の累積グラフ

設置した計測断面の累積通過交通量を計測した。図-6にはその結果を示す。ボトルネック断面からの距離が近いほど、小さいほど通過できる交通量が少なくなることがわかる。これは、渋滞長が延伸し渋滞の影響を受けたリンクの通過交通量が減少したためである。

ショックウェーブの伝播速度は、交通需要 600Veh/h、信号パラメータを設置し、各車両の交差点からの位置を計測した。リンク速度 36km/h、ジャム密度 142Veh/h、飽和交通流率 1800Veh/h の条件における理論値の停止波は 4.75km/h、発進波は、21.6km/h であるが、いずれもほぼ一致している。図-7には、Time-Space 図を示す。ただし、図の発進波、停止波の速度は、10 サイクルの平均である。

#### (4) 対向直進による右折容量の低下

対向直進車の発生交通量を 200 ~ 1200Veh/h で発生させ、右折車の発生交通量を 2000Veh/h 発生させたときの右折できた台数を図-8 に示す。いずれの対向直進台数についても右折できた台数が理論値<sup>3)</sup>とほぼ一致している。

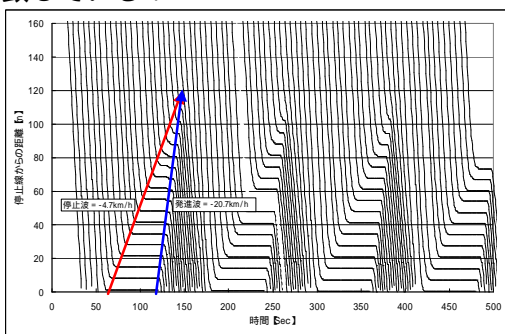


図-7 Time-Space 図と停止波と発進波

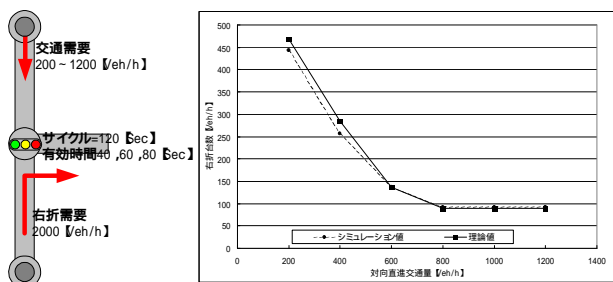


図-8 各観測断面の流出交通量の累積グラフ

## 5. GUI による支援

入力データの作成は、ネットワークの大小にかかわらず、骨の折れる作業であり、シミュレータを利用するユーザの作業負担である。そこで、ノード、リンクの追加、削除、移動のほか車線構成、交差点内の交通流線の設定、信号パラメータの設定を容易に行うことのできる GUI (Graphical Users Interface) を開発した。また、国土地理院刊行の電子地図フォーマットに対応し、ノードとリンクについては、自動作成が可能となっている。出力データの加工についても多大な時間を費やして編集することから、ユーザは、出力値の集計化、グラフ化を GUI 上行うことができる。ユーザの大半が Microsoft Excel で報告書の編集を行うことから Excel へ集計表やグラフをエクスポート可能となっている。図-9 に GUI のスクリーンショットを示す。

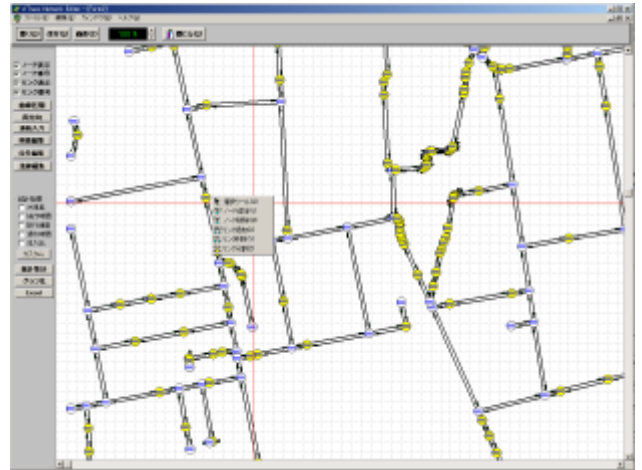


図-9 入出力用 GUI

## 6. おわりに

街路を対象とした交通流シミュレーションモデルの構築を行い、仮想データを用いて一般的な交通現象の表現が可能であることを示した。また、GUI を用いて入力データや出力データの支援ツールを構築し、操作性や評価にかかる時間の短縮を図ることを可能とした。今後は、三鷹・吉祥寺ベンチマークデータから Validation を行いモデルの信頼性の向上やまた、洗練する余地のある交通現象の表現、GUI の操作性の向上などを行い、ケーススタディーを積み重ねたい。

### 参考文献

- 1) 交通工学研究会編：やさしい交通シミュレーション, 2000
- 2) 土木学会道路情報化効率化小委員会編：交通流シミュレーションの標準検証プロセス ~ Verification マニュアル (案), 2000
- 3) 文献 2) p46