

マイクロ交通シミュレーションの適用事例と今後の開発課題

The application case of the micro traffic simulation model and the problem of the model development

飯田 裕三**・森津秀夫***・野寺寿雄****・宇陀正志*****

By Yuuzou Iida**・Hideo MORITU***・Toshio NODERA・Masashi UDA

1. はじめに

筆者らは、森津が開発したマイクロ交通シミュレータ VISITOK (Visual Simulator for Transportation System Originated in Kobe) の都市交通計画への応用及び改良に取り組んできた。VISITOK は、個々の車両の挙動を追従理論に基づいてモデル化し、交差点改良をはじめとする小規模道路網の改良計画の検証及び評価に用いるために開発された。その後 LRT、駐車場、踏切、合流等の現象を順次モデル化し、機能を拡張してきた。そして現在では、それらを組み合わせより大きな規模のネットワークで適用する事例も増え、再現性や表現力等の面で一定の評価を得ている。

この様に、当初の想定を超えて VISITOK の適用範囲が広がりつつある。これは、アニメーション表示による優れた表現力や既往の開発モデルを再利用して新しいモデルを構築できる利便性など VISITOK のもつ優れた特性が、身近な公共事業への傾斜や画一性を排除し地域の特性に合わせた創意工夫を求める市民の声、参加型計画プロセスへの移行等の動きに合致するものとして社会的認知を得た証であると考ええる。しかし、一方では、適用範囲の拡大や VISITOK の再現性・表現力に対する要請の高度化に伴って、ネットワーク規模が拡大し入力データや計算時間の増加が問題として顕在化しつつある。こうした問題は、VISITOK のみならずマイクロ交通シミュレータに共通するものであり、その克服がマイクロシミュレーション

技術の発展に不可避の問題と考える。

本稿は、以上の背景のもとで、VISITOK を事例に、既往の開発成果を振り返り、マイクロ交通シミュレータの開発課題を明確にすることをねらいとする。

2. 既存のマイクロ交通シミュレータ

(1) 交通シミュレーションモデルの種類

マイクロ交通流シミュレーションモデルは、車両群を流体として表現するマクロモデル（流体モデル）と、個々の車両の挙動に着目して微細な車両挙動を表現するミクロモデル（追従モデル）の大きく二つに分類できる。マクロモデルは、一般にミクロモデルに比べて入力の手間が少なく計算量も少ないため、広域の大規模なネットワークを取り扱うケースに適合している。一方、ミクロモデルは、個々の車両をモデル化するため微細な交通現象の表現やアニメーション表示で優れた表現力を発揮する。

この様に、マクロモデル、ミクロモデルにはそれぞれ固有の特徴があり、その特徴を活かした使い分けが必要とされる。VISITOK は、ミクロモデルに分類されるシミュレータであり、筆者らもその特性を活かしてネットワークは小規模でよいがミクロな交通現象のモデル化が必要とされる事例を中心にその適用を試みてきた。

(2) VISITOK の概要

VISITOK は、交差点改良をはじめとする小規模道路網を適用対象とするミクロモデルとして開発された日の峰モデル（1998 年）¹⁾ を原型とする。その後、交通計画の要請に応じて横断歩行者、LRT、駐車場、踏切、合流部などのモデル化を経て、現在にいたっている。その主な特徴は以下の諸点である。

- ・0.1 秒間隔を基本とするタイムスキニング方式
- ・走行特性の異なるセクションの組み合わせによるネットワークの表現
- ・追従モデルの適用
- ・車両走行軌跡の連続表現

*キーワード： ネットワーク交通流、交通流

**正員、中央復建コンサルタンツ株式会社

(大阪市東淀川区東中島 4-11-10, TEL: 06-6160-4140

E-mail iida_y@cfk.co.jp

***正員、工博、流通科学大学情報学部

(神戸市西区学園西町3-1, TEL: 078-796-4946

E-mail Hideo_Moritsu@red.umds.ac.jp

**正員、中央復建コンサルタンツ株式会社

(大阪市東淀川区東中島 4-11-10, TEL: 06-6160-4140

E-mail nodera_t@cfk.co.jp

***正員、工修、富士通エフ・アイ・ピー株式会社

(東京都江東区青海2-45, TEL: (03) 5531-0223

E-mail m.uda@fip.fujitsu.com)

- ・ 地図と組み合わせたアニメーション表示

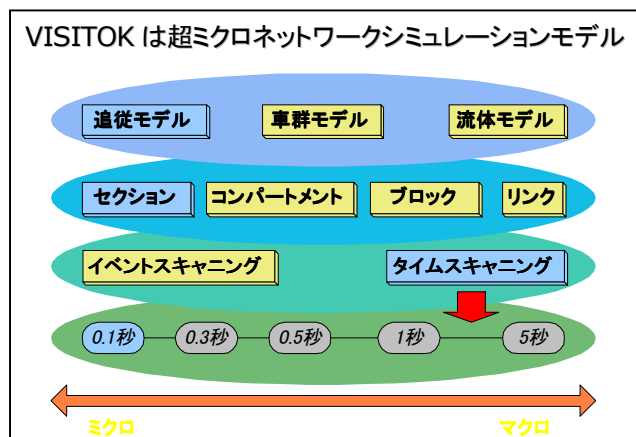


図-1 VISITOKの位置づけ

3. VISITOKの適用事例

(1) 交差点の横断歩行者

(a) モデル化の経緯

交差点の渋滞緩和の対策として左折レーンの新設が計画された。左折レーンのモデル化は既に日の峰モデルで完成していたが、対象交差点では横断歩行者が多く左折レーンを設置しても横断歩行者との交錯により左折車が意図どおりに捌けないのではないかという点が懸念された。そこで、横断歩行者を加味できるようモデルの改良を行った。(1999年、平野モデル²⁾)

(b) モデル化の方法

横断歩行者は群としてモデル化した。すなわち、人数・歩行平均速度・先頭と最後尾の出発のタイムラグなどをもとに、歩行者の横断による車線閉塞の状況を細密に再現し得るモデルである。そして、左折および右折車両は横断歩行者による閉塞をチェックするように車両走行モデルを修正した。

(c) 適用領域及び評価

横断歩行者による車線閉塞による影響の再現性は、交差点各流入部からの1現示あたりの左折台数を観測値と比較することによって検証した。

(2) LRTの導入

(a) モデル化の経緯

LRTは、自動車等と道路空間をシェアする交通システムであり、その導入は自動車交通に多大な影響を及ぼす。LRTの導入計画の検討にあたって、こうした道路交通への影響の程度を明示し、交通管理者や自

動車利用者の理解を得ることが重要と考え、LRT車両、電停、信号等のモデル化を行った。³⁾

(b) モデル化の方法

LRT車両及び運行は、想定する車両の構造、性能諸元を考慮してモデル化を行い、軌道の敷設位置（中央、片側、両側）や優先信号システムの導入の有・無による影響の差異等の検証を行った。また、電停の停車時間については、乗降者等その他、低床車の導入や料金収受の工夫等による乗降所有時間の差も考慮できるようモデル化を行った。

(c) 停車（乗降）時間推計モデル

乗降人数と乗降時間の関係を阪堺電鉄上町線の阿倍野橋停留所で調査し、線形回帰式を得た。調査したケースは、乗降口にステップを有する旧来型の車両であり、降車口で運賃収受を行っている。すなわち、低床で乗降時に運賃収受を行わないLRTのケースに比べると乗降時間は長い。このため、ここで得た線形回帰式を旧来型の路面電車の乗降時間を求める際に用い、LRTの乗降時間は乗降時に段差がなく運賃収受を伴わない地下鉄を類似ケースと見なして調査を行い、その結果をもとに線形回帰式を求めた。

(3) 大規模店舗の駐車場設置

(a) モデル化の経緯

2000年6月に大規模小売店舗立地法が施行され、交通混雑の誘発や、それに伴う騒音・振動など周辺住民に対する配慮が求められるようになった。そこで施設立地の影響を総合的に評価することを目的に、車両の入出庫を取り扱う駐車場モデルを構築した。

(b) モデル化の方法

駐車場のモデル化と、立地施設を目的地とする車両挙動のモデル化において拡張を行った。駐車場のモデル化においては駐車場収容台数、滞留時間分布、空き駐車場の選択を考慮した。また、施設への来客車両は希望する駐車場に至るための経路選択を行うようにモデル化した。

(c) モデル化の検証

ある地域を参考にした仮想地域へ大規模小売施設が立地することを想定し、駐車場の形状や進入方法により周辺交通に与える影響を調べることでモデルが正しく機能することを確認した。

(4) 踏切の解消及び工事用踏切仮設置

(a) モデル化の経緯

鉄道との立体交差事業で踏切除去による効果を検討するケースや、鉄道の高架化事業で既に鉄道と立体交差している跨線橋の落橋が必要となりその跨線橋の落橋時における交通処理のために、仮踏切を計画する場合の交通処理を検討するケースで、一般の道路とは異なる踏切の一旦停止等の挙動をモデル化する必要が生じた。

(b) モデル化の方法

踏切解放時には一旦停止を行い、踏切内に止まらないように通過する自動車の挙動を表すために、踏切流入セクション、踏切内セクション、踏切流出セクションを作成した。

また、踏切による遮断を信号機にアナロジーし以下のロジックでモデル化した。

- ・ 踏切は「解放」→「警報」→「遮断」の3現示からなるものとする。
- ・ 車両は踏切流入セクションの先端（停止線）で一旦停止を行う。
- ・ 踏切への流入の可否は、前走車が踏切を通過して、かつ踏切流出セクションに自車が進入するスペースがあることを判断基準とする。

踏切部のパラメータとなる一旦停止時間、踏切内の走行速度、踏切開閉時間等に関しては、実際の踏切で観測したデータに基づいて設定した。

(c) モデル化の検証

実際の踏切における観測値を使って踏切内通過速度を求め、作成した踏切モデルの現況再現性を検証した。

(5) 合流部の混雑

(a) モデル化の経緯

立体交差部やランプ部における合流部は、ボトルネックとして円滑な交通流を阻害する 경우가少なくない。

そこで、合流部における交通現象として、①自由流における合流、②渋滞時における合流の2つのパターンを念頭におき、モデルの構築を行った。

(b) モデル化の方法

合流する主道の車両の有無を確認し、合流の可否判断をするセクション(合流意識(可否判断)セクション)と、並走する車両との前後関係を意識して速度調整を行うセクション(側方意識セクション)を作成した。

そして、それぞれのセクションで次のロジックで合流現象をモデル化した。合流意識セクションでは、主道側の車両の有無を確認し、無い場合は“合流する”と判断する。有る場合は、意識車両がセクションの先頭部分に到達する予測時間から合流の可否を判断する。合流可能と判断した場合、次の側方意識セクションへ進み、前方の車両と側方の車両を追従対象として追従走行し、合流する。また、合流不可能と判断した場合、合流意識セクションの先頭で停止し、最初的主道側のセクション上における意識車両の有無の確認に戻り、以下同じ判断を行う。

(c) モデルの検証

合流部における主道及び側道の発生交通量と側道の速度を調整し渋滞時の合流モデルの検証を行った。

4. 適用拡大に向けた開発課題

(1) 広域ネットワークへの適用範囲の拡大

VISITOK はマイクロモデルとしての特徴を活かして交差点や踏切等のマイクロな現象のモデル化が必要とされる事例への適用を中心にその範囲を拡大してきた。しかし、近年マイクロな現象の結果生じる交差点や踏切の渋滞現象やその解消が広域ネットワークにどのような影響を及ぼすのか検討したいという要請が拡大している。例えば、交差点改良や踏切の解消で当該箇所の容量が拡大すれば、渋滞を避けて迂回を余儀なくされていた自動車がルートを変更し、それに伴ってネットワークの交通量は変化する。このため、当該箇所の渋滞は解消しても隣接する交差点で新たな渋滞が発生するという事態が生じる場合がある。こうした事態の可能性や対策を同時に検討したいというケースがこれに該当する。

こうした要請に対して、従来は計算時間の制約や入力データの制約(細ゾーン OD 表の準備)からVISITOK に経路探索に機能は組み込まず、交通量配分で用いられる経路探索ツールをオフラインで組み合わせることで対応を図ってきた。しかし、このような方法では、計算条件に大きな差がありマイクロな現象を反映できるというマイクロモデルの特徴を損なうと考えられる場合も少なくなかった。

今後は、広域ネットワークへの適用範囲の拡大を図るため、次の課題に対応していく必要があるものとする。

- ・ 計算時間を過度に増大させない経路選択機能の

組み込み方法の開発

- ・ 経路探索で利用する OD 表推計方法の開発

（２）参加型交通計画ツールとしての活用

VISITOK は、一台一台の車を対象に、ミクロな交通現象を組み込んでモデル化するためより現実に近い形で交通現象を表現できる点や実際の地図と組み合わせでアニメーション表示ができる点など専門家でない人でも理解しやすいシステムとしての特徴を有している。このため、市民等の参加型交通計画のツールとしての活用が期待される。

こうした期待に対して、従来はモデル化された交通現象が少なく、また新たな現象のモデル化にも時間を要するため、限られた範囲で対応を図ってきた。しかし、今後本格的に参加型交通計画ツールとして活用を目指す場合には、住民の真のニーズを把握しそれにすばやく対応していく必要があると考える。このため、以下の課題への対応が必要である。

- ・ 市民の交通問題やツールとしてのシミュレータの理解、問題抽出やデータ収集に対する協力を得るための市民参加型の開発プロセスの確立
- ・ 上記に合わせた対話型システムへのインターフェースの改良
- ・ 入力データの整備や必要な機能の組み込み等の作業の効率化・簡便化

（３）政策評価ツールとしての活用

VISITOK は、施策を直接インプットし現実に近い表現で交通現象をアウトプットすることができるため、施策の評価や社会実験を補完する机上実験のツールとしての活用が期待される。しかし、現状では、インプットデータとして用いる実態データ収集におけるコストや時間の制約や現況再現性を評価するためのデータや予測結果の妥当性を評価するための実績データの不足等の問題があり、こうした政策評価ツールとしての信頼性を得るだけの一般化や検証が行われているとはいえない。

このため、以下の課題への対応が必要である。

- ・ 既往調査を活用してシミュレーション基準日の現象の時間軸上の位置付けを明確化する方法論の確立
- ・ 現況再現性の評価方法の確立
- ・ 予測モデルの信頼性評価に用いる実績データの蓄積

５．おわりに

ここでは、VISITOK を都市交通計画問題へ適用してきた事例を紹介し、それに基づいてミクロ交通シミュレータの開発課題に関する考察を行った。すなわち、ミクロ交通シミュレータの適用拡大に向けた開発課題として、広域ネットワークへの適用範囲の拡大、参加型交通計画ツールとしての活用、政策評価ツールとしての活用の３点を主要課題として取り上げた。この中でも、参加型交通計画への適用が交通シミュレータの今後のあり方を考える上で重要であると考えられる。

一般的にシミュレーションには解析的手法と違って親しみやすいイメージがあると思われる。しかしながら、交通シミュレーションは専門家でない普通の人たちにとって身近なものであったとは言えなかった。パソコンの高度な処理能力を活用できるようになり、最近になってようやく優れた表現力を備えるに至ったことによって、歩み寄ることができるようになったのである。交通モデルでの再現状況をそのまま提示することは、モデルの透明性を高めることを意味し、予測過程に対する不信感を緩和することにつながると考えられる。この特徴は、人々に対する説明責任を問われる時代の交通計画策定にきわめて有効である。そこで、この特徴を最大限に活用し、参加型交通計画ツールとして適用することを検討することが交通シミュレータ開発の最大の課題であると認識している。

今後は、実際に参加型交通計画への適用を試み、新たに生じると予想される課題を克服することにより、ミクロ交通シミュレータの可能性を広げることに取り組むたいと考えている。

参考文献

- 1) 宇陀正志、森津秀夫：小規模道路網を対象とした交通シミュレーションモデル、第19回交通工学研究発表会論文報告集、p p.69～72、1999年12月
- 2) 宇陀正志、森津秀夫、山下知也：横断歩行者を考慮に入れた交通シミュレーションモデル、土木学会第55回年次学術講演会講演概要集、2000年
- 3) 森津秀夫、木村文彦、大江洋史、飯田裕三、野寺寿雄、高木正志、森山敏夫：LRT導入に伴う交通計画再検討支援ツールの開発、土木計画学研究・論文集 Vol.18no4、2001年9月