

## シミュレーションによる交通流の解析と可視化

堀口良太<sup>1</sup>(東京大学生産技術研究所・桑原研究室<sup>2</sup>)

### State-of-the-art of Road Traffic Simulation Models as Visualization Tools

Ryota Horiguchi (Kuwahara Lab., Institute of Industrial Science, University of Tokyo)

#### Abstract

Road traffic simulation is an in-thing to evaluate the impacts of traffic management schemes in terms of transport efficiency. We may now find dozens of traffic simulator and most of them provide a graphical presentation of traffic conditions. This paper describes the state-of-the-art of road traffic simulation models by summarizing various styles of visualization techniques.

**Key words:** Traffic Simulation, Visualization, AVENUE, SOUND, Driving Simulator

#### 1. 交通シミュレーションから見た可視化技術

交通工学の分野では、道路整備、交通規制、信号制御、情報提供といった各種の交通施策を評価するために、車両の動きを取り入れた交通流シミュレーションが広く用いられるようになってきた。最近では利用者自らが開発するシステムだけでなく、市販のものも数多く見られるようになっており、その多くがアニメーションで時々刻々変化する交通状況を表現できる機能を備えている。

しかしながら、流体解析や構造解析のような分野と比べ、交通シミュレーションの分野では、これまで可視化技術について活発な議論が交わされているとはいえない状況にある。両者を比べてみると、交通シミュレーションは「人間」という単体でも不確実性の大きい、なおかつその特性のばらつきも大きい要素を扱うため、非常に多くの強い仮定をおいて車両挙動のモデリングをしなければならないという問題を抱えている。言い換えれば、同じ条件でのシミュレーションでも、モデリングの考え方が違えば180度違う結論を出してしまう可能性もあるということであり、その段階では可視化のプロセスよりも、モデリングの是非についての議論に重点が置かれることは否めないだろう。

この点については、交通シミュレーションの研究が盛ん

な日米欧それぞれで、技術の標準化に向けた試みがなされているが、ここでの主旨からはずれるので割愛する。興味があるかたは、国内での標準化を推進する「交通シミュレーションクリアリングハウス<sup>1)</sup>」や欧州研究機関による「Smartest プロジェクト<sup>2)</sup>」のサイトを見てもらいたい。

以下では交通シミュレーションの持つ可視化機能について、いくつかの事例を紹介しながら、それらの持つ意味について考察すると共に、今後の動向について議論する。

#### 2. マクロな交通状況の可視化

一般的には、交通シミュレーションは渋滞という空間的に大きな広がりを持つ現象を評価することを目的としており、その指標としては路線の旅行時間や渋滞長の時間変動、あるいは対象エリアにおける総旅行時間や総遅れ時間といった、集計値が用いられる。

ところが、一般に運転者は自身のごく周辺の状況しか認知できないため、直感と評価値とが乖離していることもしばしばである。上記の評価指標は、一義的には道路交通管理者が専門家の立場で意志決定する論拠として用いられるものだが、それを専門家ではない一般のドライバーに認知してもらう際に、このギャップを埋める手段として、交通

<sup>1</sup> E-mail: poepoe@nishi.iis.u-tokyo.ac.jp

<sup>2</sup> <http://nishi.iis.u-tokyo.ac.jp/~kuwapage>

状況の可視化が不可欠なものとなる。

たとえば図1は、広域ネットワークシミュレーションモデル SOUND<sup>3)4)</sup>を用いて、東京都下に大規模な地震が発生した際に想定される道路被災状況のもとで、なにも施策をしない場合の、地震発生直後から数時間の間に再現した様子である<sup>5)6)</sup>。図中の赤い点は車両10台分に相当しているが、1kmの道路区間の間に並ぶ車両台数は、一車線あたり百数十台が限界なので、ほとんどの道路が車両で埋め尽くされてしまう状況が予測される。アニメーションで確認すると、数カ所の被災した道路閉塞区間を先頭に渋滞が延伸し、それ以外の区間にも影響してグリッドロックの状況になることが読みとれる。

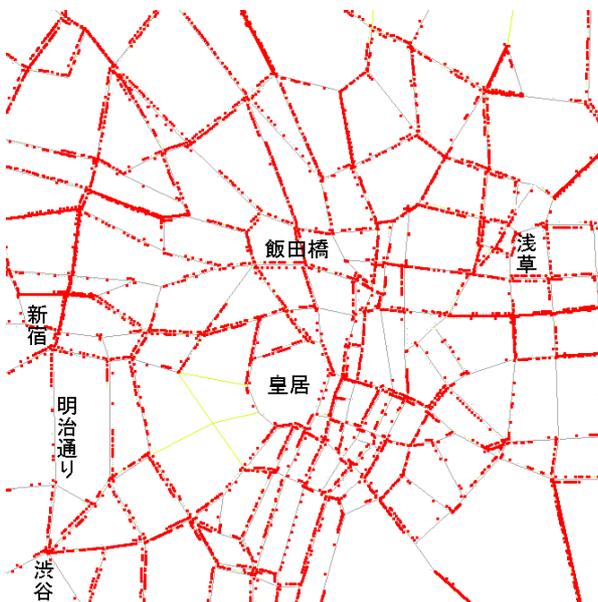


図1：SOUNDによる東京都下における大規模地震発生直後の交通状況再現シミュレーション

シミュレーションでは、警視庁が計画している災害直後は主要幹線を緊急輸送路として一般車の通行を禁止する施策について、

- a) 規制の実施が直後に速やかになされる場合、
- b) 規制の実施が5時間遅れてしまう場合、
- c) なにも規制しない場合

について、救急救命活動にかかる時間を比較評価している(図2)。これによれば、b)の場合はa)と比べて数倍の、またc)とくらべても倍ちかくの時間を要する結果となっている。言い換えれば、車で移動したいという運転者の利己的な要求を(部分的に)抑制しなければ、結果的に全体の利便性が損なわれるということであり、この施策がターゲットとする、おそらく車利用の重要性がそれほど高くない運転

者層に利他的な行動を期待するために、図2のような論拠となる数値を図1のようなわかりやすいイメージと共に示すこととなる。

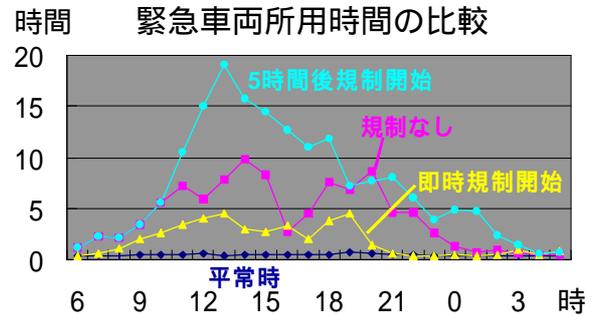


図2：災害時の運用策実施状況別の救急救命活動に要する時間の比較

実は交通問題の多くが、このように一部の運転者の利他的な行動を期待することで、システム全体の最適な状態を達成して解決されるのだが、それを促す施策を個人のレベルで納得してもらうには、日常の感覚からは全体像の把握が難しいマクロな交通状態を、その評価指標と共に示すことで、運転者のモラルに訴えかけることが必要となる。そのための戦略ツールとして、シミュレーションの重要性は今後ますます大きくなると考えられる。

### 3. ミクロな交通状況の可視化

一方で、渋滞という空間的な広がりを持つ現象も、非常に局所的な現象に起因している場合も多い。たとえば一台の路上駐車や一カ所の道路工事が大きな渋滞を引き起こしていることもある。

このような局部現象がエリア全体に及ぼす影響の評価や、逆に図1のような全体の渋滞パターンの局所的な原因の把握には、車両が一台ずつ車線別に走行している、いわゆるミクロなシミュレーションのイメージを見ることもっとも効果的な手段である。

図3は街路網の交通流シミュレーション AVENUE<sup>7)8)</sup>を用いて、路上駐車的位置の違いによる幹線道路交通(左から右方向)への影響を評価した事例である。上と下とは交差点付近の路上駐車の有無のほかは、全く同じ条件でシミュレーションをしているが、上の場合では右側の信号交差点における滞留末尾が路上駐車的位置にかかるため、青時間が一定以上経過した後は、交差点からの流出量が一車線分に絞られてしまい、大きな容量ボトルネックになってしまう。この現象を言葉や文章で表すのと、アニメーション

ンで示すのとでは、理解の度合いが違うのは一目瞭然である。



上) 交差点付近にも路上駐車している  
下) 交差点付近の路上駐車を排除  
図3: AVENUEによる路上駐車の影響評価

図4は、同様に AVENUE を使って ETC(自動料金収受システム)の導入効果を評価した事例<sup>9)</sup>である。ETC は料金所での渋滞解消をねらったシステムであるが、理論的な解析手法により、ETC 車載機の普及率が低い状況で、既存の料金ゲートの一部を ETC 専用にしてしまうと、渋滞が悪化する結果となることが導き出されている<sup>10)</sup>。これも図4を見ると、ETC 専用ゲートを設けたことにより、一般車両が通れるゲート数が減り、かえって料金所全体の処理能力が低下しているだけでなく、ETC 車両も本線に延伸した渋滞に巻き込まれ、大きな遅れを被ってしまうことが見て取れる。

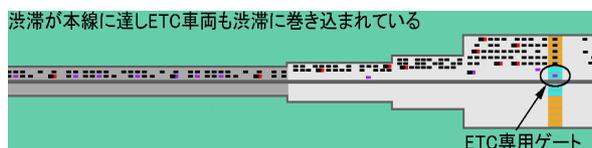


図4: AVENUEによるETCの評価

このようにミクロな交通状況の可視化は、マクロな交通状況の原因説明として、相補的な位置づけにあるが、もう一つ、シミュレーションの設定の良否を確認するための手段という役割もある。冒頭で述べたようにシミュレーションは運転者の挙動を単純化してモデル化しているため、対象エリア内のすべての交通現象を完全に再現することが難

しいことから、その単純化が致命的なエラーを引き起こしていないかどうかを確認することが必要となる。

具体例を挙げると、実際には対象エリア外から延伸してきた渋滞による影響を受けているが、使用しているシミュレーションでは考慮していない場合や、渋滞の原因がそのシミュレーションでモデル化できない現象(たとえば歩行者による影響など)である場合などをチェックする類の役割である。もちろん、この場合はそのシミュレーションモデルを改良するか、別のモデルを適用することを検討する。

#### 4. 今後の方向性

最近のミクロな状況を再現するシミュレーションモデルの一部には、運転席からの視点をアニメーションで表示したり、あるいは道路状況を3次的に俯瞰したりする機能が備わっている。しかしながら、それらの画像から得られる情報は、前述の範疇を超えるものではなく、またミクロな車両挙動の再現性が十分に検証されていない現状では、(たとえば車頭間隔のミリ秒単位の時間変化などの)ミクロな評価指標の妥当性も疑問視され、プレゼンテーションとしての3次元表示は、筆者はあまり重要視していない。

3次元のCG画像を用いたシミュレーションの新しい方向性を示す事例として取り上げたいのは、Sarviら<sup>11)</sup>によるドライビングシミュレータと交通流シミュレータを連動させた運転挙動の仮想実験装置の事例である。これは図5のようなVR(仮想現実感)技術を用いたドライビングシミュレータに、別途開発した都市内高速道路の合流部シミュレーションモデルによって再現された交通状況を入力し、さまざまな条件下での被験者の運転パターンを収集する仮想実験装置を構築したものである。

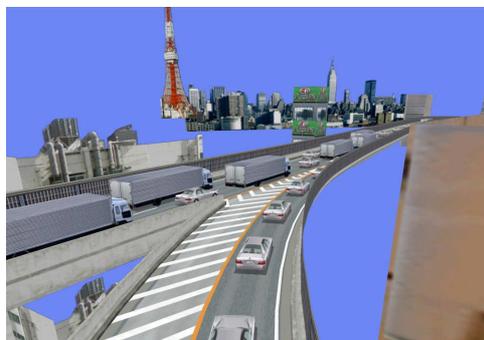


図5: VR技術を用いたドライビングシミュレータの画面

もう一つ別の方向性として期待されるのは、空間情報を一元的に扱うGIS(地理情報システム)と交通シミュレーションを統合し、各種のデータ作成や分析に役立てるもので

ある．とくに，シミュレーションの入力となるネットワークデータや交通需要データは，デジタル化されたさまざまなデータソースを加工して作成しているが，これらの作業をGIS上で行い，一貫してシミュレーションができる環境は，実務者にとって大きな魅力である．また，結果の評価についても，例えば土地利用分布や，環境指標測定値の分布など，シミュレーション結果以外の空間データと比較することで，新たな方策を見いだす糸口となることも期待できる．

このように，交通シミュレーションと可視化技術の関わりは，現在のようなプレゼンテーションツールとしての要素技術という位置づけから，シミュレーションがより有用な統合評価ツールとして発展するための機能を補完する位置づけに，今後は重要性が認められるようになるものと考えられる．

#### 【参考文献】

- 1) 交通シミュレーションクリアリングハウス：<http://trans1.ce.it-chiba.ac.jp/ClearingHouse/main.html>
- 2) The Smartest Project：<http://smartest.its.leeds.ac.uk>
- 3) 吉井稔雄，桑原雅夫，森田緯之：都市内高速道路における過飽和ネットワークシミュレーションモデルの開発，交通工学，Vol. 30，No. 1，pp. 33-41，1995
- 4) 岡村寛明，桑原雅夫，吉井稔雄，西川功：一般街路網シミュレーションモデルの開発と検証，第16回交通工学研究発表会論文集，pp. 93-96，1995
- 5) S. Tanaka, M. Kuwahara, T. Yoshii, R. Horiguchi and H. Akahane：*Estimation of Travel Demand and Network Simulators to Evaluate Traffic Management Schemes in Disaster*, Proceedings of INCEDE-NCEER Center-to-Center Project Workshop in Earthquake Engineering, Tokyo, 1998
- 6) 田中伸治：災害時における交通需要推定と交通シミュレーションを用いた交通管理策の評価，東京大学修士論文，1999
- 7) R. Horiguchi, M. Kuwahara, M. Katakura, H. Akahane and H. Ozaki：*A Network Simulation Model for Impact Studies of Traffic Management 'AVENUE Ver. 2'*, Proceedings of the Third Annual World Congress on Intelligent Transport Systems, Orlando, CD-ROM, 1996
- 8) 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
- 9) 堀口良太，永田尚人：シミュレーションを用いた料金

所 ETC 化による容量改善の検討，第23回日本道路会議・一般論文集(A)・ITS 部会，pp.314-315，1999

- 10) 堀口良太，桑原雅夫：ETC 導入による料金所容量への影響に関する理論的解法と考察，土木学会論文集，No. 653/IV-48，pp. 29-38，2000
- 11) M. Sarvi, M. Kuwahara, A. CEDER, H. Morita, and I. Nishikawa：*Improving the control strategies of freeway merging points using modeling and simulation approach*, will be presented at the 7<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Transport Systems, Torino, 2000