

道路ネットワーク対応型交通流シミュレータ

Microscopic Traffic Simulator Corresponding to Road Network

上野 秀樹 平田 洋介 大場 義和

■ UENO Hideki

■ HIRATA Yosuke

■ OHBA Yoshikazu

ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) 関連のシステムは大規模かつ複雑であり、その機能検証のために実際に車両走行試験を行うことは困難である。そのため、交通流シミュレータを利用することが多い。

東芝は、大規模交通システムの研究・開発のための基盤技術として、分子動力学を応用し、車両一台一台の挙動を模擬するマイクロ交通流シミュレータの開発を行ってきたが、局所的な道路区間の交通流解析での適用にとどまっていた。今回、より広域な道路ネットワークに対応するため、道路ネットワーク対応型交通流シミュレータを開発した。

Intelligent Transport Systems (ITS) are mostly large and complex, and evaluating their functions in experiments using real vehicles is very difficult. Traffic simulators are highly important and useful from this viewpoint.

Toshiba had previously developed a microscopic traffic simulator based on molecular dynamics simulation for use in the research and development of large traffic systems. However, its application was restricted to local areas. We have now developed a microscopic traffic simulator that corresponds to a road network.

1 まえがき

交通管制システムやAHS (Advanced Cruise-Assist Highway Systems : 走行支援道路システム) などITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) 関連の道路システムは、広範囲にわたる道路ネットワークと多数の車両を対象とする。このため、ITS関連の新規システムの機能検証時やアルゴリズム開発時に、実車両を用いた試験を行うことは、時間と費用の観点から現実的ではない。そのため、高機能の交通流シミュレータが実現すれば、低コストで迅速に、繰り返して試行を行うことができ、機能検証やアルゴリズム開発の効率が大きく向上する。

このような背景のもと、東芝は車両一台一台の挙動を模擬するマイクロ交通流モデルを内蔵した交通流シミュレータを開発してきた⁽¹⁾。そこで開発したシミュレータは、サグと呼ばれる下り坂から上り坂へ変わる道路区間や分岐合流部などの局所的な交通流の解析や道路設計に対して有効であることが確認できた。

今回、より広域的な道路ネットワークに対応するため、道路ネットワーク対応型交通流シミュレータを開発した。この交通流シミュレータを利用すれば、次のようなことができる。

- (1) バイパス道路を導入する効果の事前検証
- (2) 事故や工事などに伴う渋滞を、広域的視点から、どの路線又は区間に集中させるか、又は、どのように渋滞を分散させるかなどの検討

- (3) 交通施策 (交通規制など) を実施した場合の他路線への影響検討

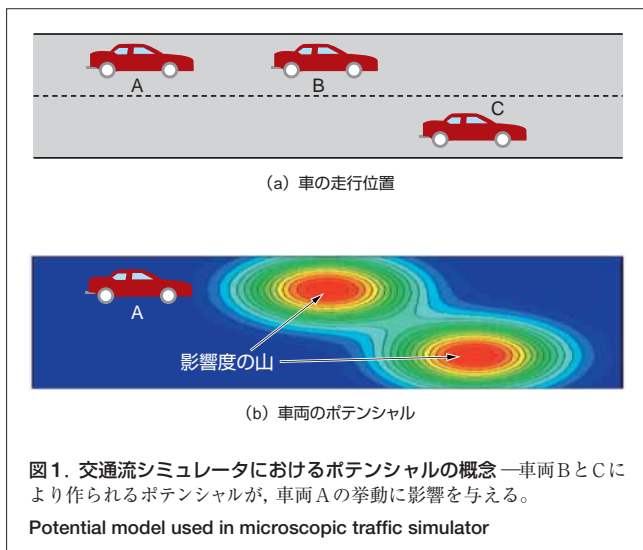
ここでは、当社が採用したマイクロ交通流モデルの概要と、開発した道路ネットワーク対応型モデルの概要、及びこのシミュレータをバイパス道路の導入検討時に適用した例について述べる。

2 ミクロ交通流モデルの概要

ドライバーはカーブなどの道路形状に加え、周囲の車両の位置や速度を見ながら、加減速や車線変更を繰り返し、目的地に向けて走行する。このような周囲の環境をマイクロ交通流モデルに反映するために、分子動力学で用いられるポテンシャルという概念を導入した。

分子動力学は、物理・化学の分野で、分子の挙動をシミュレートする技術である。ポテンシャルは、分子が他の分子の運動に及ぼす影響度を数値化したもので、分子間の距離が大きい場合には影響を及ぼさず、分子間の距離が小さい場合には反発力や引力を生じさせるものである。

マイクロ交通流モデルにおけるポテンシャルの考え方を説明する。図1 (a) に示すような2車線の道路を走る3台の車両を考え、車両Aに着目する。車両Aの前方には車両Bが走行しており、右車線前方には車両Cが走行している。このとき、車両BとCが作るポテンシャルが、車両Aの運動に影響を及ぼす。この場合には、ポテンシャルは車両BとCを中心とした山を持つような分布となる(図1 (b))。



車両Aの速度が車両Bよりも大きいとき、時間とともにAはBに接近する。Bに近づくとポテンシャルの山から影響を受け、車両Aは減速するか、速度を維持するにはポテンシャルの影響が小さい右側へ車線変更する必要がある。

このように、シミュレーションの時間ステップごとに各車両に対する周囲からの影響をポテンシャルとして計算し、それに目標速度や目的地などのドライバーの意思を組み合わせながら各車両の挙動を決定する。

ポテンシャルモデルでは、周囲の複数の車両が作るポテンシャルを重ね合わせるにより、直前車両のみならず、数台先(後)の車両も考慮することができる。ポテンシャルの計算に、車両の大きさや自車両の速度、また、自車両と前方あるいは後方を走行する車両との速度差などを考慮し、自然な交通流を再現することができる。

3 ネットワーク対応型交通流シミュレータの開発

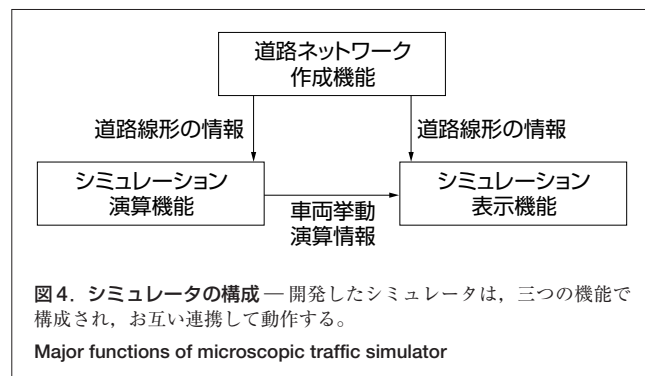
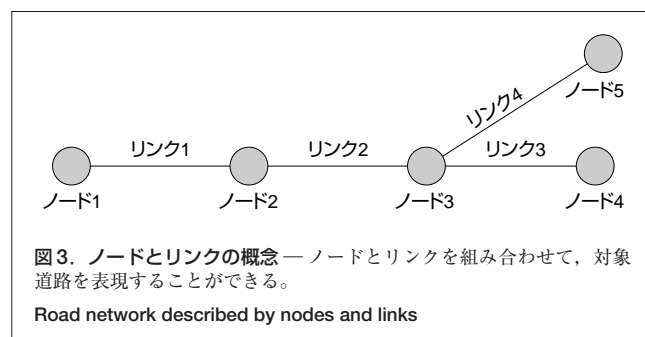
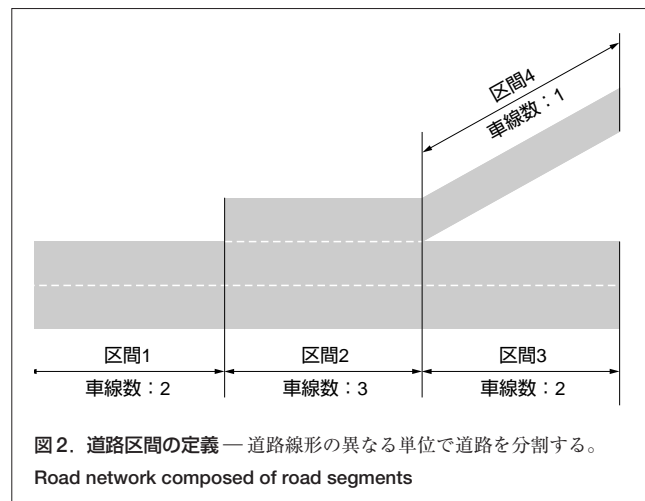
3.1 構成

交通流シミュレータを道路ネットワークに対応させるため、対象道路を道路線形が異なる単位で分割して表現した。例えば、2車線の道路が分岐する場合については、図2のように四つの区間に分割する。

更に、分割したそれぞれの道路区間の端点をノード、ノードとノードを接続する道路部をリンクと定義した。図2で示される道路については、ノードとリンクを組み合わせ、図3のように表すことができる。

このようにして、ノードとリンクを自由に定義し、任意の道路ネットワークを作成できるようにした。この機能により、シミュレーション対象道路ネットワークの作成及び変更が容易となる。

今回開発したシミュレータは、大別すると次の3機能から



構成され、図4に示すように互いに連携して動作する。

- (1) 道路ネットワーク作成機能
- (2) シミュレーション演算機能
- (3) シミュレーション表示機能

3.2 機能

今回開発したシミュレータの3機能について説明する。

- (1) 道路ネットワーク作成機能 この機能は、シミュレーション対象とする道路ネットワークを作成、編集、保存する機能である。

この機能では、道路ネットワークを視覚的に編集するためにGUI(グラフィカルユーザーインターフェース)を用

いている。ツールボックスからノードやリンクのアイコンを選択し、道路ネットワーク作成ウィンドウ上の任意の場所にマウスの操作でセットしていくことで、目的の道路ネットワークを作成する。

各リンクでは、車線数や区間長といった道路線形の情報をパラメータとして登録できる。一方、各ノードでは、接続するリンクについてそれぞれの車線のつながりを設定できる。

また、一度作成し保存した道路ネットワークデータを基に、路線の追加及び削除や、車線数などのパラメータの変更もできるようにした。

- (2) シミュレーション演算機能 この機能では、(1)で作成した道路ネットワークに対して、ミクロ交通流モデルを用いて、車両一台一台の挙動について演算を行う。

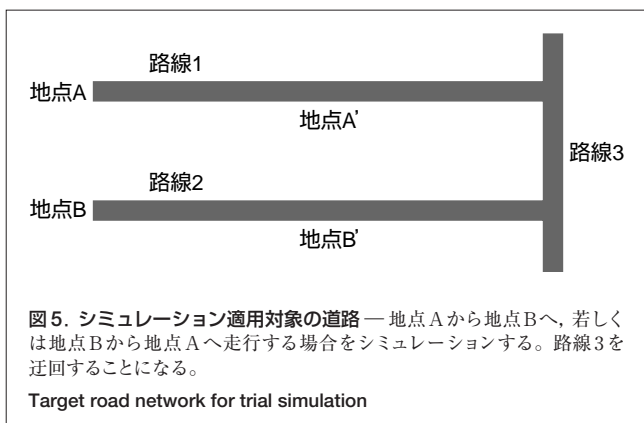
区間をまたぐデータについては、各ノードで設定されているリンク接続情報を基に、車両データを隣の区間に引き渡す。

- (3) シミュレーション表示機能 シミュレーション演算機能で得られた車両挙動を入力データとして受け取り、(1)で作成した道路ネットワーク上に車両を表示し走行させる。

表示対象エリアを拡大、縮小する機能を持ち、道路ネットワーク全体の交通状況を表示することが可能であるほか、路線の一部を拡大表示することも可能である。

4 シミュレーション例

分岐や合流がある道路ネットワークにこのシミュレータを適用させることで、様々な道路交通状況のシミュレーションができるようになる。例えば、ほかの路線で発生した事故の影響をみることや、新規のバイパス道路を建設した場合の道路交通状況の変化を見ることなどが挙げられる。ここでは、バイパス道路の建設を例に、このシミュレータの適用について説明する。

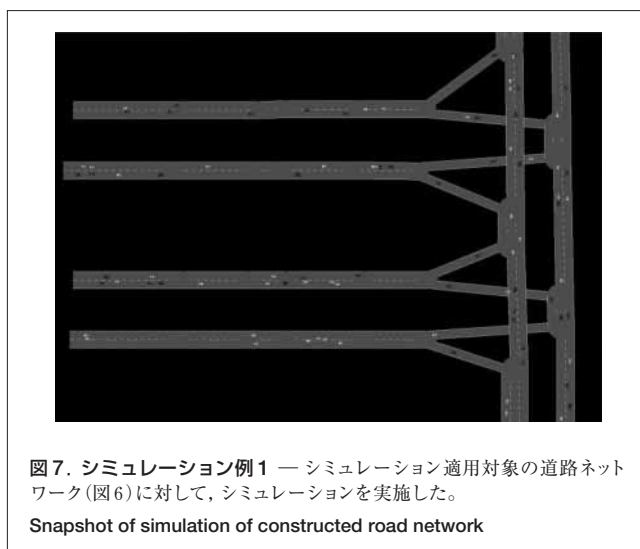
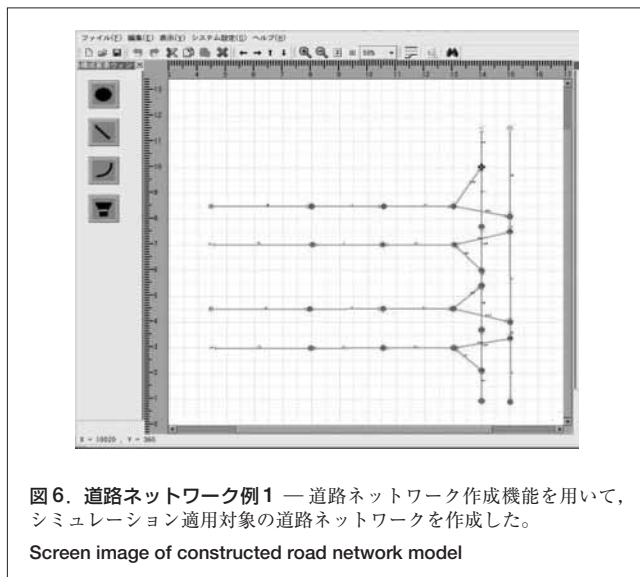


シミュレーション対象の道路を図5に示す。

この道路の場合、地点Aから地点B、若しくは地点Bから地点Aへ走行するには、路線3を通過する経路をとる必要があり、大きく迂回(うかい)しなければならない。また、路線3を通過する必要があることから、路線3のみを通過する車両と合流することとなり、路線3の交通量が増加し、渋滞が発生することが考えられる。

そこで、この道路の場合、地点A'から地点B'へバイパス道路を建設することで、道路交通状況を改善することが期待できる。具体的には、地点Aから地点B若しくは地点Bから地点Aへ走行する車両がバイパス道路を通ることで、走行距離・走行時間を短縮することが可能であり、また、それらの車両が路線3を通過する必要がなくなるため、路線3の交通量も改善し、渋滞が低減する。

これをシミュレーションで検証する場合、まず、バイパス



道路建設前のシミュレーションと、バイパス道路建設後のシミュレーションを実施することになる。

まず、バイパス道路建設前のシミュレーションを行う。図5に示す対象道路をモデル化して道路ネットワークを作成し、道路ネットワーク作成機能で道路ネットワークデータを作成した結果を図6に示す。これをシミュレーションした結果の画面例を図7に示す。

次に、地点A'と地点B'との間にバイパス道路を建設した後のシミュレーションを行う。このときの道路ネットワークデータを図8に示し、これをシミュレーションした結果の画面例を図9に示す。

このように、道路ネットワークの構造を変更する前後の道路交通状況をシミュレーションすることによって、バイパス道路

を導入した場合の交通状況の変化を確認することができた。

5 あとがき

当社が開発を行ってきたマイクロ交通流シミュレータに加え、道路ネットワークに対応したシミュレータを開発した。ここでは、このシミュレータの適用例として、バイパス道路導入前後における交通状況を示し、その影響について示した。

ポテンシャルを用いたマイクロ交通流モデルの利点は、次のとおりである。

- (1) 周囲の複数の車両が、自車両の挙動に与える影響を、容易に評価することができる。
- (2) 車両の大きさや、自車両との速度差などをポテンシャルに取り込むことにより、現実に近い交通流の再現が可能になる。
- (3) 故障車両や障害物についても、同じようなポテンシャルとして考慮することができ、拡張性が高い。
- (4) ポテンシャルに、ドライバーの意思を組み合わせることで、自然な車両の挙動を再現することができる。

このようなマイクロ交通流モデルを道路ネットワークに対応させて用いることにより、バイパス道路を導入した場合の交通状況の変化を事前検証できることを示した。

今後は、実交通流との比較によるモデルのチューニングを進めるとともに、GUIなどの操作性の向上とシミュレーション表示レベルの向上を目指し、開発を進める。

文 献

- (1) 平田洋介, ほか. 道路交通流シミュレータ. 東芝レビュー. 59, 4, 2004, p.32-35.
- (2) Hirata, Y., et al. "Microscopic Traffic Simulator Based on Lennard-Jones Like Potential". 11th World Congress on ITS. Nagoya, 2004, Paper-No.4085. (CD-ROM).

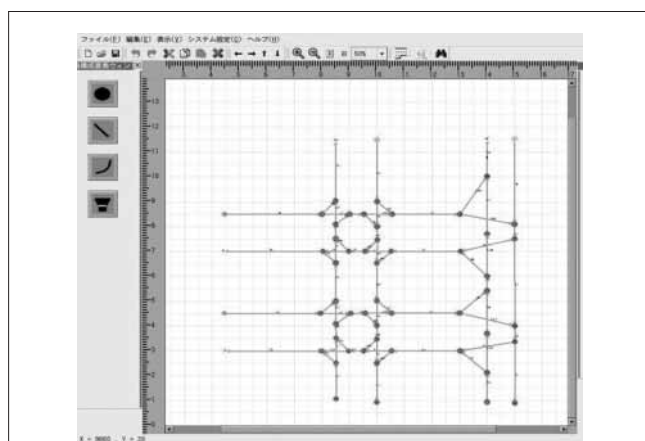


図8. 道路ネットワーク例2 — 道路ネットワーク作成機能を用いて、シミュレーション適用対象の道路ネットワーク(図6)にバイパス道路を追加した。

Screen image of bypassed road network model

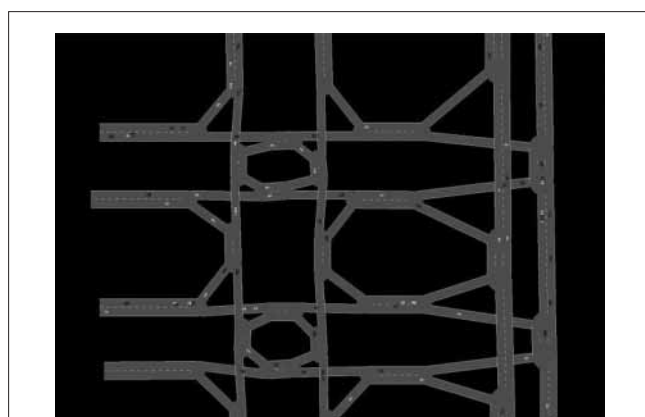


図9. シミュレーション例2 — シミュレーション適用対象の道路にバイパスを建設した場合のシミュレーション結果を示す。図7と比較すると、バイパス道路を建設したことにより、交通が分散したことが目視でも確認できる。

Snapshot of simulation of bypassed road network



上野 秀樹 UENO Hideki

社会システム社 社会システム事業部 官公システム技術部主務。
システムエンジニアとして道路交通システムの開発に従事。
交通工学研究会会員。
Infrastructure Systems Div.



平田 洋介 HIRATA Yosuke, D.Eng.

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター システム
解析技術開発部主査, 工博。分子動力学を中心としたマイクロ解析
技術の開発に従事。日本物理学会, 米国物理学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center



大場 義和 OHBA Yoshikazu, D.Eng.

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 社会
システム開発部主務, 工博。道路, 鉄道など交通インフラシステムの
研究・開発に従事。電気学会, 計測自動制御学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center