

交通現象を高精度で再現できる ミクロ交通流シミュレータ

Simulation of Traffic Flow on Hanshin Expressway Using Microscopic Traffic Simulator

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) 関連のシステムでは、その対象が広い範囲の道路ネットワークと多数の車両であり、新規システムの機能を検証するとき、実車両の走行試験を容易に実施できない。そのため、低コストで繰り返し試行できる、高機能な交通流シミュレータの実現が求められていた。

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し、道路ネットワークに対応できるミクロ交通流シミュレータを開発した。このシミュレータを阪神高速道路の合流部分に適用し、この部分で発生する渋滞の交通現象を高い精度で再現できた。

The targeted areas of Intelligent Transport Systems (ITS) have become increasingly broad in recent years, and evaluation of their functions in experiments using real vehicles is difficult. With this as a background, traffic flow simulators have become highly important and are used in many cases.

Toshiba has developed a microscopic traffic simulator corresponding to a road network based on molecular dynamics simulation, for use in the research and development of large traffic systems. The results of simulation of traffic congestion at a junction of an actual expressway using this simulator showed that the actual traffic behavior is reproduced with sufficient accuracy.

1 まえがき

交通管制システムやITS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している。このため、交通管制における施策の事前検証や、ITS関連の新規システムの機能検証時に、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、繰り返し試行を実施でき、施策や機能の検証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ミクロ交通流モデルを内蔵し、かつ道路ネットワークに対応できるミクロ交通流シミュレータを開発した^{(1), (2)}。

ここでは、当社が開発したミクロ交通流シミュレータの概要と、阪神高速道路に適用したシミュレーションの結果について述べる。

2 ミクロ交通流シミュレータの概要

2.1 交通流モデルの概要^{(1), (2), (3)}

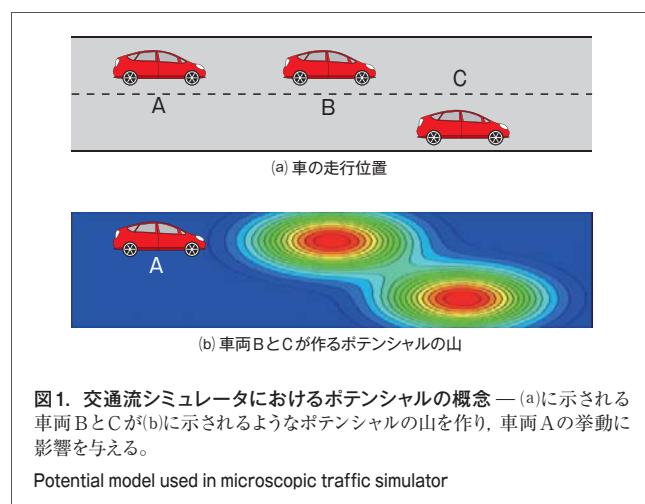
ドライバーは、周囲の車両の位置や速度を見ながら加減速や車線変更を繰り返し、目的地に向けて走行する。このような周囲の環境を交通流モデルに反映するために、分子動力学法で用いられ、影響度を表すポテンシャルという概念を導入している。

分子動力学法は、物理及び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。分子が他の分子の運動に及ぼす

影響度を数値化したポテンシャルは、分子間の距離が大きい場合に影響を及ぼさず、分子間の距離が小さい場合に反発力や引力を生じさせるものである。

交通流モデルを適用する場合の考え方を以下に述べる。

- (1) 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。
- (2) 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))。
- (3) 車両Aの速度が車両Bよりも大きいとき、時間とともに



車両Aは車両Bに接近する。

- (4) 車両Bに近づくとき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生ずる。

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て各車両の挙動を決定する。

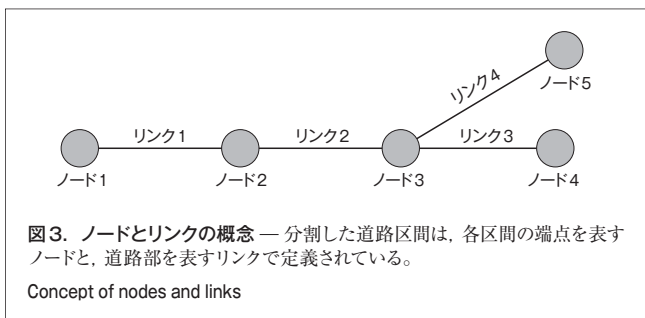
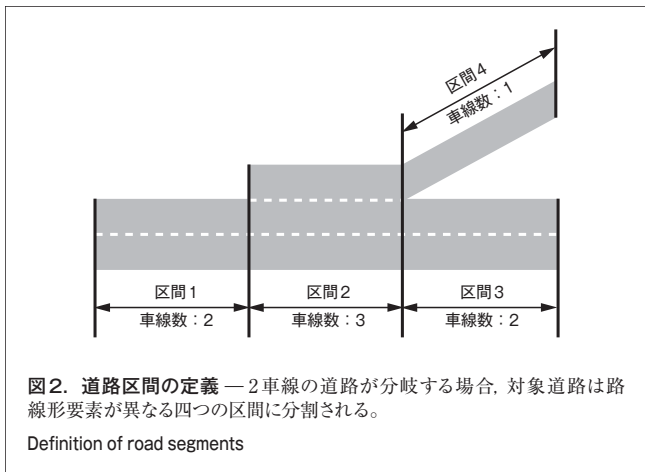
ポテンシャルモデルでは、周囲の複数の車両が作るポテンシャルを重ね合わせることで、直前車両だけでなく、数台先(後)の車両も考慮できる。ポテンシャルの計算には、車両の大きさや自車両の速度、また、自車両と前方あるいは後方を走行する車両との速度差などを考慮し、自然に近い交通流を再現できる。

2.2 道路ネットワークへの対応²⁾

ミクロ交通流モデルを道路ネットワークに対応させるため、対象道路を路線形要素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、対象道路は図2のように四つの区間に分割される。

更に、分割した道路区間は、各区間の端点を表すノードと、道路部を表すリンクで定義される。図2で示される道路は、ノードとリンクを組み合わせると図3のように表すことができる。

この手法を用い、上記のノードとリンクを自由に定義して、任意の道路ネットワークを作成し、シミュレーションを行う。



3 阪神高速道路への適用

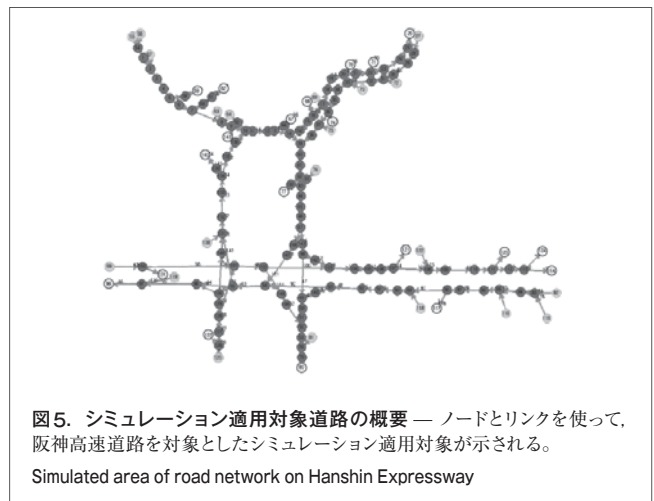
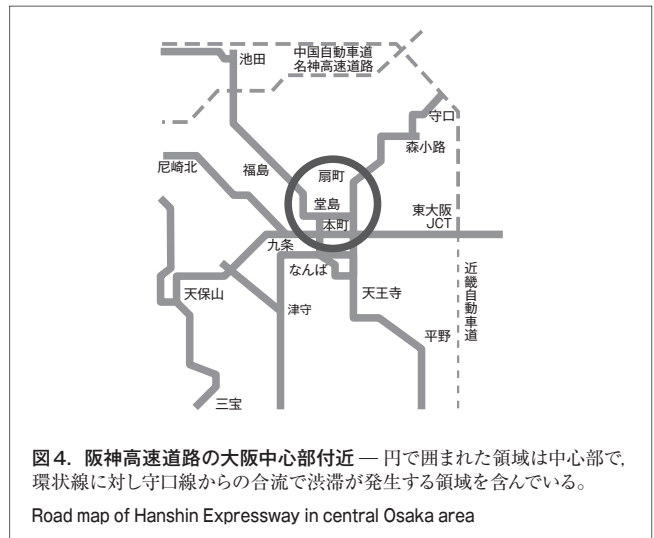
このシミュレータが、分岐や合流のある道路ネットワークに適用可能となることで、様々な道路交通状況のシミュレーションができるようになる。例えば、他の路線で発生した事故の影響を見ることや、新規のバイパス道路を建設した場合の道路交通状況の変化を見ることなどが挙げられる。

今回、阪神高速道の環状線と守口線の合流部で発生する交通渋滞にこのシミュレータを適用した。その詳細は次のとおりである

3.1 対象路線

シミュレーション対象となる阪神高速道路の大阪中心部付近の路線図を図4に示す。

阪神高速道路は全長約250 km、1日の通行台数が約90万台の関西圏の大動脈である。このため、しばしば渋滞が発生する。特に、図4中の円で囲まれた領域は中心部領域であり、環状線に対して守口線からの合流で渋滞が発生する領域を含む



んでいる。この交通現象を解析するために、ノードとリンクを使って図5の道路ネットワークを作成した。

3.2 モデルパラメータの調整

まず、シミュレーションモデルのパラメータについて、事前にセンサから得られる交通データ（測定値）について検証が必要である。環状線と守口線の合流付近の3か所の測定位置を図6に示す。

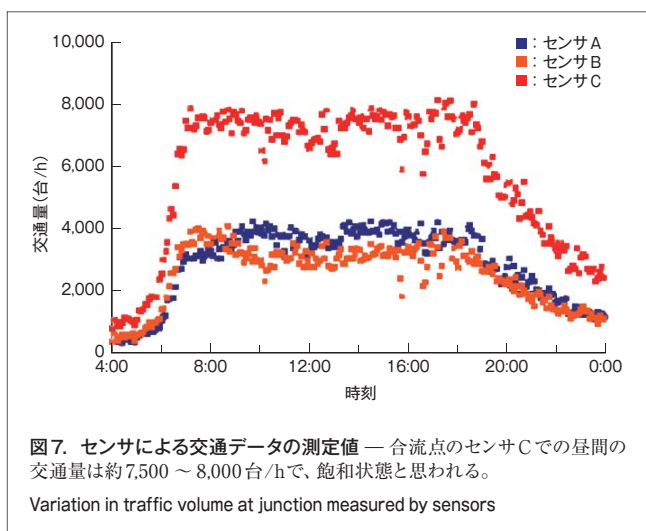
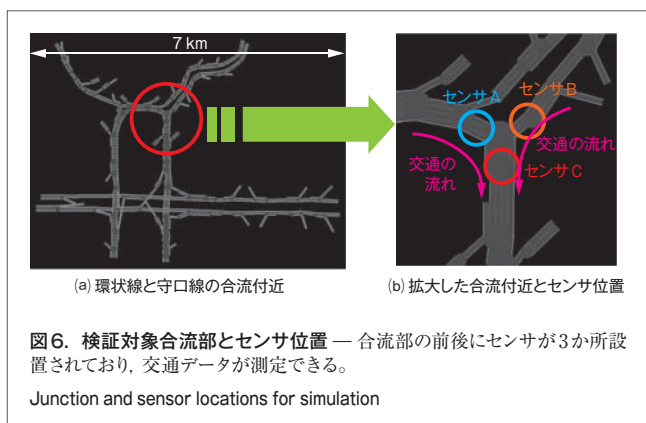
図6中のセンサA～Cにおけるある日の実交通データ（測定値）を図7に示す。合流点であるセンサCでの昼間の交通量は約7,500～8,000台/hで、飽和交通量と思われる。

シミュレーションモデルのパラメータ調整を行わずに、このシミュレータを適用すると十分な精度が得られないため、ここで得られた測定値を基にパラメータ調整を行った。

具体的には、センサBでの速度 x と車頭間距離 y の関係を図8に示し、低速域では次式の計算値をシミュレータに適用した。

$$y = 0.3333x + 5 \quad (1)$$

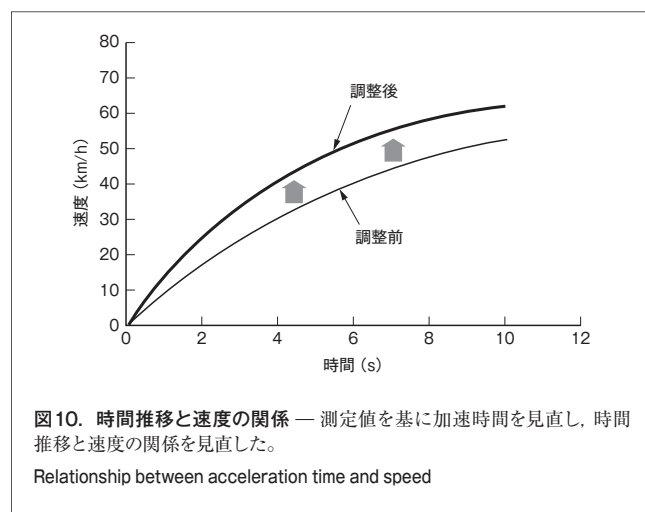
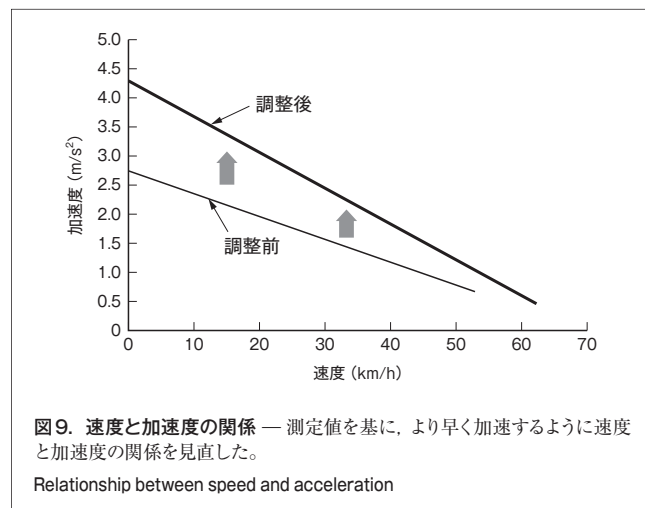
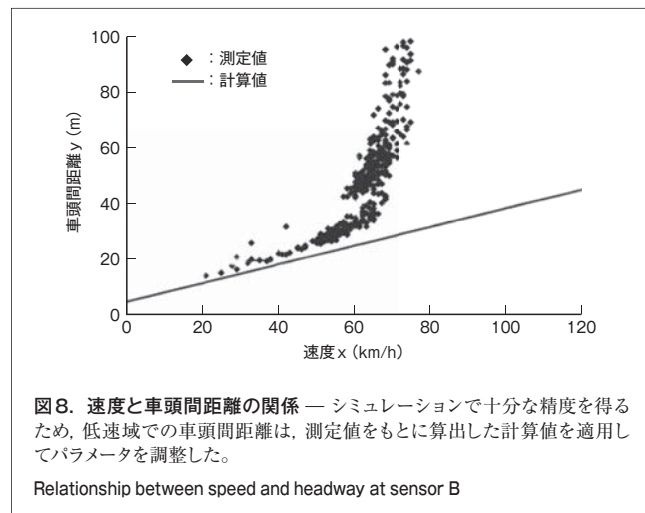
また、加速時間を短くするように、速度と加速度の関係、更に



時間推移と速度の関係を見直し改善を行った(図9, 図10)。

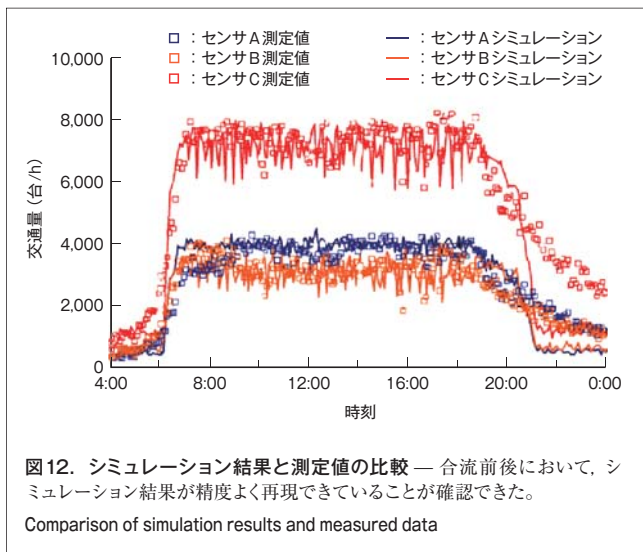
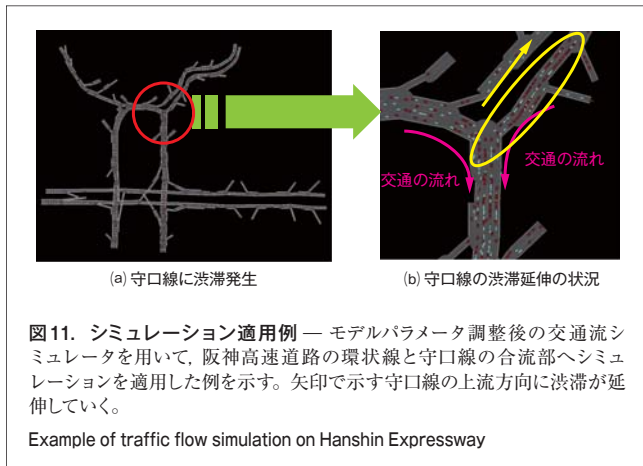
3.3 シミュレーション適用

図5で作成した道路ネットワークに、3.2節で実施したモデルパラメータ調整後のシミュレータを適用した。



シミュレーション画面例を図11に示す。図11において、薄青色及び赤色で示されている長方形が車両一台一台を模擬したものであり、守口線の上流方向に渋滞が発生しているようすがわかる。

また、合流前2か所と合流後のセンサ位置における実測値とシミュレーション演算結果をプロットしたものを図12に示す。これより、このシミュレータを用いた演算結果は、実際の交通現象を精度よく再現していることが確認できる。



4 あとがき

当社のマイクロ交通流シミュレータを用いて、阪神高速道路の環状線と守口線の合流部分へシミュレーションを適用した。その結果、モデルパラメータの調整を行うことにより、合流前後において交通現象を精度よく再現することを示すことができた。

今後は、更に複数のケースで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同時に、交通施策の事前検証や交通状況予測など実用に適した研究、開発を進めていく。

今回の検証にあたってご協力いただいた阪神高速道路(株)に感謝の意を表します。

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) 上野秀樹, ほか. 道路ネットワーク対応型交通流シミュレータ. 東芝レビュー. 61, 8, 2006, p.28-31.
- (3) Hirata, Y., et al. "Microscopic Traffic Simulator Based on Lennard-Jones Like Potential". Proc. of 11th World Congress on ITS, Aichi 2004, Japan. Nagoya, 2004-10, Committee of 11th World Congress on ITS, 2004, Paper-No.4085. (CD-ROM).
- (4) Hirata, Y., et al. "CONGESTED TRAFFIC ON WIDE-AREA HIGHWAY NETWORK REPRODUCED BY MICROSCOPIC SIMULATION BASED ON LENNARD-JONES LIKE POTENTIAL MODEL". Proc. of 15th World Congress on ITS, NY 2008, USA. New York, 2008-11, Paper-No.10292. (CD-ROM).



上野 秀樹 UENO Hideki, Ph.D.

社会システム社 社会システム事業部 道路システム技術部課長代理, 博士(工学)。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, Ph.D.

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グループ長, 博士(工学)。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。日本物理学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



大場 義和 OHBA Yoshikazu, Ph.D.

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査, 博士(工学)。道路、鉄道など交通インフラシステムの研究・開発に従事。電気学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center