

排出量推計のためのマイクロ交通流シミュレーションモデルの開発

寺田 重雄^{*1,*2} 棚橋 巖^{*1,*2} 林 誠司^{*1,*3} 國見 均^{*1}

^{*1} (財) 石油産業活性化センター 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 4-3-9

^{*2} (株)豊田中央研究所 〒480-1192 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 41-1

^{*3} (財) 日本自動車研究所 〒305-0822 茨城県つくば市苜間 2530

E-mail: ^{*2} {terada, tanahasi}@mosk.tytlabs.co.jp,

^{*1} kunimi@jcap.pecj.or.jp, ^{*3} shayashi@jari.or.jp

あらまし JCAP(Japan Clean Air Program)において、沿道における自動車の排出ガスを詳細に推計する基礎となる交通流モデルを開発中である。排出量の推計は1台1台の自動車の速度と加速度を元に計算される。そのため、通常のリンク交通量とリンク平均速度を合わせるシミュレーションではなく、個別車両の速度と加速度まで含めた合わせ込みが必要である。マイクロシミュレーションモデルとしてParamicsを用い、上馬交差点周辺を対象としてモデル開発を行っているところで、モデルのコンセプトと、開発状況を報告する。

キーワード 交通流, ミクロモデル, シミュレーション, 排出量推計

The Development of Traffic Micro Simulation Model for Estimation of Automotive Emissions

Shigeo TERADA^{*1,*2} Iwao TANAHASHI^{*1,*2} Seiji HAYASHI^{*1,*3} and Hitoshi KUNIMI^{*1}

^{*1} Petroleum Energy Center 4-3-9 Toranmon, Minato-ku, Tokyo, 105-0001 Japan

^{*2} TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC. Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi, 480-1192 Japan

^{*3} Japan Automobile Research Institute 2530 Karima, Tsukuba, Ibaraki, 305-0822 Japan

E-mail: ^{*2} {terada, tanahasi}@mosk.tytlabs.co.jp,

^{*1} kunimi@jcap.pecj.or.jp, ^{*3} shayashi@jari.or.jp

Abstract In JCAP (Japan Clean Air Program), the traffic micro simulation model for estimating the amount of automotive emission on the street in detail is under development. The estimation is calculated based on the speed and acceleration of individual vehicle, every second. The micro simulation model Paramics is used, and not only link volume and link speed but also the distribution of speed and acceleration of individual vehicle is evaluated. In this paper, we report the concept of the model and the status of development.

Keyword Traffic flow, Micro-model, Simulation, Automotive Emission

1. はじめに

JCAP(Japan Clean Air Program)は、経済産業省の支援を受け、自動車業界(燃料を使う側)と石油業界(燃料を作る側)の共同研究として、(財)石油産業活性化センターが実施している大気環境改善のための国家プロジェクトである[1]。

このプログラムは、1997年度に開始、2001年度に終了したJCAP Iを引継ぎ、さらに発展させる形でJCAP IIとして2002年度から5年計画で開始された。

JCAP IIではゼロエミッション及び燃費向上を目指す自動車と燃料のあり方について調査研究を行って

おり、特に新たな課題である排気中の微小粒子の問題にも取り組んでいる。また同時に高精度な大気予測シミュレーションモデルの開発を行い、様々な大気環境改善施策の効果予測を行う計画である[2]。

この大気予測シミュレーションモデルの中で、自動車の挙動を基にした排出量推計を行うために、我々は交通流モデルの開発を進めている。この交通流モデルは、詳細な車両挙動モデルに基づいて自動車からの排出量を推計するために必要な交通データを出力する、ミクロな交通流計算を行う沿道交通流モデルと、東京都圏など広域な領域を対象とした交通データを出力

するためにマクロな交通流計算を行う広域交通流モデルから構成される。

本報告では、沿道交通流を対象として自動車から排出されるガス量を推計するために必要な交通データとして、個々の車両の速度と加速度を出力するための交通流マイクロシミュレーションモデルについて、そのコンセプトと開発状況について述べる。

2. 自動車排出量推計モデル

従来、自動車の排出量については環境省がまとめている自動車排出原単位を元に、km オーダのリンク単位で推計することが多く行われてきた。しかし同じリンクであっても、位置により交通状況が異なることは明らかであり、それに伴って排出ガスの量も異なると推測される。例えば、交差点近傍では自動車の発進・停止が多く、定速走行状態が多いリンク途中と比較して排出量は多いと推定される。このため近年、交通流のマイクロシミュレーションによりリンクよりもっと狭い領域において自動車排出量を推計しようという試みが行われている[3][4]。

JCAP では、自動車の排出ガスが大気環境に及ぼす影響を詳細に評価するため、1台1台の車両の挙動か

ら沿道（具体的には道路上のことを指す）における自動車からの排出ガス量を詳細に推計するモデルを開発中である[5]。排出ガス推計に用いるパラメータは速度と加速度で、推計処理の流れを図1に示す。

1台1台の車両を個別に扱う交通流マイクロシミュレーションを行い、その結果から1台ごとの車両について1秒ごとの速度と加速度を出力（図2）、排出係数マップ（図3）を用いて排出量を推計する（図4）。その結果を距離・時間で累積して道路上の排出ガス分布を推計する（図5）。ここで排出係数マップは車種、ガス種ごとに、シャシダイで計測したものをを用いる。

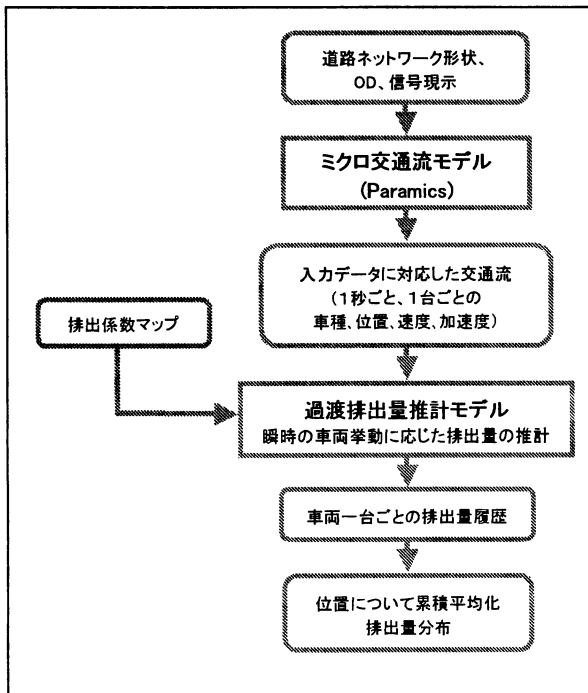


図1 排出量推計プロセス

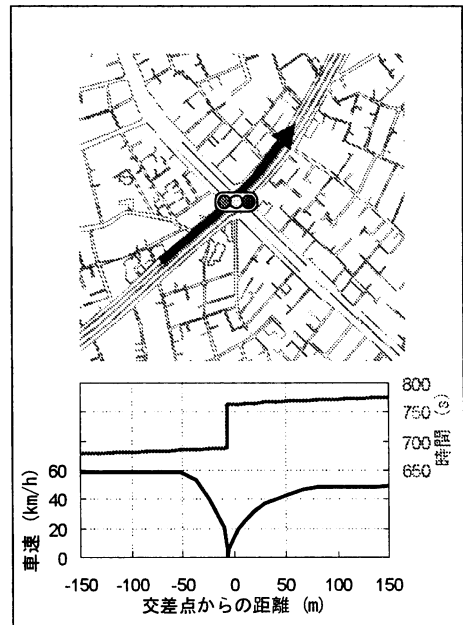


図2 車両データ

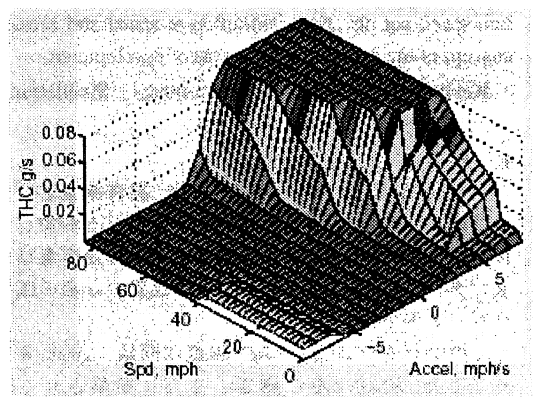


図3 排出係数マップの例

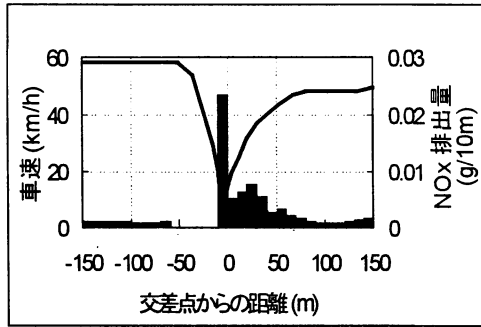


図4 個別車両の排出量分布

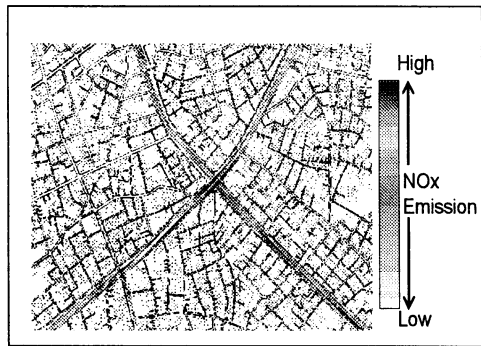


図5 道路上の排出量分布

3. 交通流シミュレーションモデル

個別の車両を取扱うミクロの交通流シミュレーションモデルは研究レベルのものから市販されているものまで様々なものが存在する[6][7]。沿道における排出

量推計に必要な交通流データを得るためには対象領域内を走行する車両1台ごとの属性(車種)と走行挙動(位置、速度、加速度)が必要である。これを得るためのミクロスケール交通流モデルとして JCAP II ではイギリスで開発された Paramics*を用いている。

Paramics は、イギリス運輸省の協力でエジンバラ大学の並列コンピュータセンターにおいて開発されたミクロシミュレーションモデルである。1台1台の車両を個別にシミュレートするマイクロモデルとしては比較的ユーザ数の多いマイクロモデルの1つと考えられる。特徴的なことはユーザがコーディングしたプログラムで Paramics のオリジナルの処理部分を置き換えることができることである。例えばミクロ交通流シミュレーションの根幹部分である、車両挙動や、車線変更のロジックを自由に変更することが可能である。これらを変更することによりユーザの考え通りに動く車両でシミュレーションできることになる。これは API**と呼ばれる。これを用いることにより、Paramics のデフォルトの結果出力の他に1秒ごとの車両位置、速度、加速度などをすべての車両について出力することが出来る。

* PARALLEL MICROscopic traffic Simulator

** Application Programming Interface

4. 上馬における計算例

Paramics の適用対象として JCAP I で沿道交通流モデルの対象とされた3地点から上馬を選び現況再現シミュレーションを実施した。以下、NW、ODなどの入力データとシミュレーション結果、及び課題について述べる。

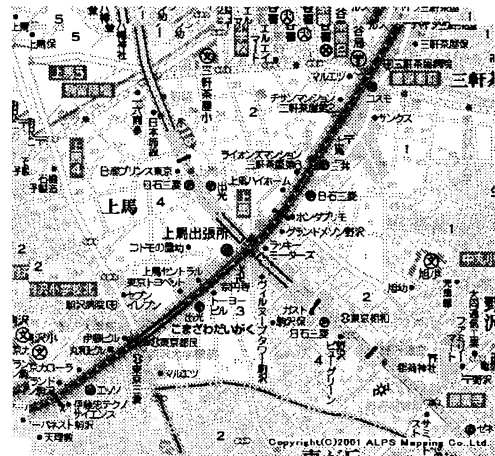
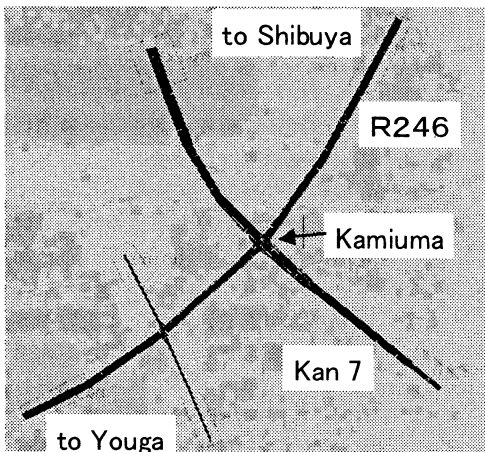


図6 上馬 NW

4.1 入力データ

(1) NW・信号データ

上馬のNWはR246(玉川通り)と環七の交差点である上馬交差点を中心としたそれぞれ約1.2kmの区間で、37ノード、76リンク、3信号交差点である(図6)。入力データは基本的にJCAPIのものを利用し[8]、ノード、リンク、リンクの接続状況、車線数、信号の有無、信号パラメータ、路線バスのバス停の位置、運行経路、運行台数、路上駐車などのデータはなるべくもとのデータに忠実に設定した。

(2) ODデータ

これもJCAPIのデータを用いたが、JCAPIではNWへの流入交通量と、交差点における右左折直進の分岐率で車両の発生・集中を表していた。ParamsicsではODデータとして入力する必要があるため、上記データから作成した。上馬の場合にはNWが小さく、すべて通過交通でNWの端以外での車両の発生・消滅がないため、流入交通量と交差点分岐率から一意に車種別のゾーン間のODデータを得ることができた。上馬のNWではNW端のノードが6個であったため、ゾーンの数は6個となりすべてNWの端に設定された。

(3) その他

路上駐車はR246(玉川通り)の上馬交差点近傍の流入出方向で5箇所(3車線の一番歩道より1車線)、環七の側道部分で2箇所(2車線の歩道より1車線)の計7箇所を設定した。

路線バスは8路線、1時間の運行本数は全部で46台、バス停は15箇所であった。これらについては路線ごとに所定のバス停を経由する固定の経路を設定し、運行本数から決められる時間間隔ごとに発生するように設定した。

Paramsicsではシミュレーションの交通状況データを得るために、感知器をリンクに設置する必要があり、NW内の28リンクに設置して交通流データを収集した。

4.2 シミュレーション結果

シミュレーションは1時間行い、交通量、速度について現況再現性を実測値と比較した。

交通量についてはODデータから計算されたリンク交通量を基準として28リンクで比較したところ、相関係数0.99、RMS誤差10%とほぼ十分な再現が得られた(図7)。速度については実測データのある19リンクについて比較したが、相関係数0.72、RMS誤差38%と相関が低い結果となった(図8)。主な原因としてはR246(玉川通り)の下り方向でシミュレーション結果と実測値との差が大きいために挙げられ、あわせこみが必要である。また、データの得られた時期の違

いもあるので、今後時間軸を合わせた検討が必要である。

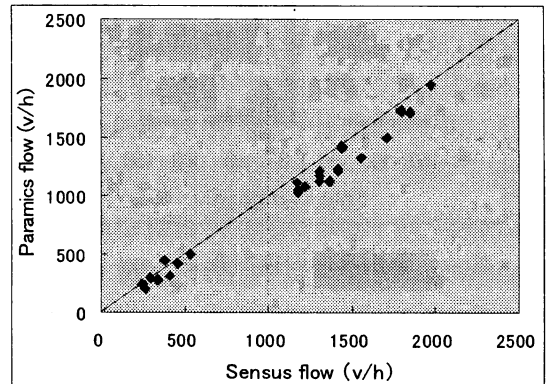


図7 再現性の評価、交通量

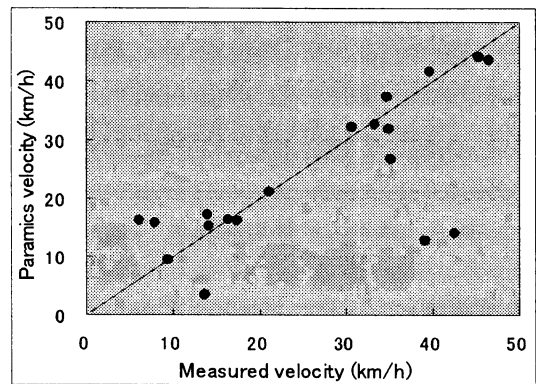


図8 再現性の評価、速度

排出量推計には上記のようなマクロ的な評価の他に、排出量推計に用いるパラメータ、すなわち速度と加速度に関する評価が重要である。一般的に言われているように交通現象には再現性がないことから、個別の一台一台の車両の速度と加速度をNW内のすべての車両についてあわせるという事は現実的ではない。そこで、NW内に存在する車両の速度分布、加速度分布をみた。

まず、R246(玉川通り)と環七において5人のドライバによる走行調査を行い、1秒ごとの速度、加速度を計測した。用いた車両は乗用車で、得られたデータを元に、速度、加速度の出現頻度分布を作成した。

シミュレーションにおいても同様に車両1台ごとに1秒ごとの速度と加速度を出力し、出現頻度分布を作成した。両者を重ねたのが図9、図10である。

速度分布については、まず停止している状態である速度 0 km/h の頻度が圧倒的に多く、これは実測もシミュレーションも同じ結果であった。走行している場合については、合っている部分も見られるが、実測値が低速域を除いて、速度が増加するにつれ漸減する傾向を示しているのに対して、シミュレーション結果では 50km/h を上限として数箇所のピークが見られた。これはシミュレーションにおけるリンクの設定最高速度の影響と推測された。

加速度分布については 0m/s^2 付近の出現頻度が圧倒的に多いのであるが、実測値がそれなりの広がりを持っているのに対して、シミュレーションの分布が狭いという結果が得られた。特に過大な加速度、減速度は見られなかったが、シミュレーションにおいて $2\text{m/s}^2 \sim 3\text{m/s}^2$ にピークが見られるのが特徴的であった。これについては、シミュレーションにおける車両の設定最高加速度に起因すると推測された。

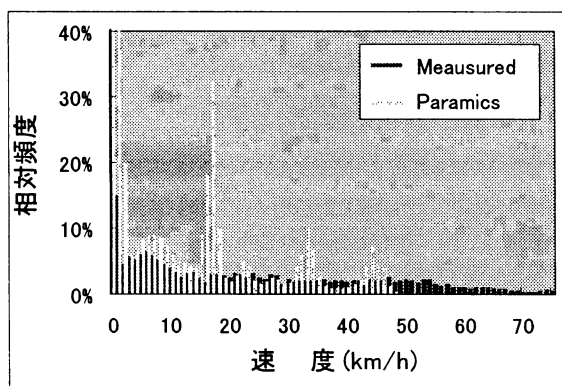


図 9 速度分布の比較

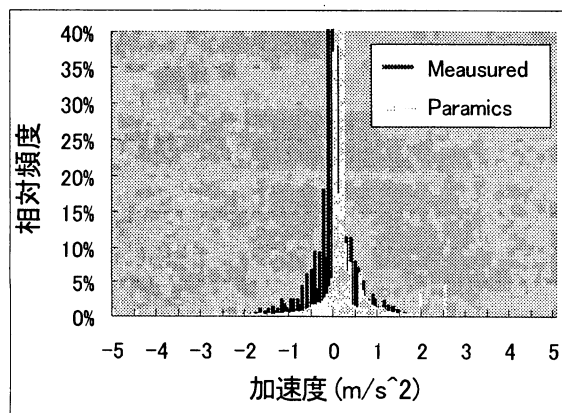


図 10 加速度分布の比較

5. 課題と今後

以上の結果について、リンク交通量、リンク平均速度といったマクロ的な評価尺度についてはミクロ交通流シミュレータの様々なパラメータを最適化することにより合わせられる見通しであるが、排出量推計に直接利用する速度、加速度については、それらの分布のあわせ込みが難しい課題である。速度と加速度の分布は Paramics の車両挙動モデルそのものに依存しているが、このモデルは明らかにされていない。反応時間や車間時間などミクロシミュレーション特有の多数のパラメータは変更可能ではある。しかしこのモデルは元々イギリスで開発されているため現地の車両挙動を反映していると考えられ、排出量推計を目的として日本において適用することが適当か否か、車両挙動モデルが明確でない状況では判断が難しい。

これまで個別の車両挙動から排出ガス量を推計するという観点から車両挙動モデルを検討した研究例はほとんど無いと考えられ、満たすべき要件についても後段の排出ガス推計の精度も絡んで明確ではない。これらを含めた検討が今後必要であると考えられるため、今後まず上馬交差点周辺の実走行データに基づいて車両挙動をモデル化し、Paramics のデフォルトのモデルを API により入替えて再現性を向上させ、その結果を元に排出量推計を行って、シミュレーションモデルの開発を進めていく予定である。

6. まとめ

JCAP II において、ミクロ交通流シミュレーションにより車両挙動パラメータを出力し、排出ガス推計に適用することを検討中である。必要なパラメータは車種、位置、速度、加速度などである。Paramics 及びその API を用いて、車両 1 台ごとの 1 秒ごとのそれぞれの値を出力、検討した。交通状況の再現という点では個別車両の位置、速度、加速度を再現するのはもとの交通状況の再現性から見ても困難であり、マクロ的なリンク交通量、リンク平均速度の他に、速度と加速度の分布をあわせるのが適当と考えられた。現在これを合わせるべく、車両挙動モデルを中心として検討中である。

本研究は、経済産業省の補助金等をもって(財)石油産業活性化センターの研究事業として行われたものである。本報告の内容は、JCAP II 大気企画 WG で検討・評価されたものであり、WG 委員各位に感謝の意を表します。

また、JCAP II 排出量グループメンバー始め関係者各位の多大な協力を得たことに謝意を表します。

文 献

- [1] <http://www.pecj.or.jp/jcap/index-jcap.asp>
- [2] 國見均, “JCAP IIにおける大気シミュレーションの全体概要,” 第44回大気環境学会年会, pp. —, Sept. 2003.
- [3] 小根山裕之, “交通シミュレーションによるNO_x排出量の評価,” 土木計画学ワンデーセミナーシリーズ 37, Dec. 2003
- [4] 福田大輔, “マイクロシミュレーションを活用したシステム開発,” 土木計画学ワンデーセミナーシリーズ 37, Dec. 2003
- [5] 林誠司, “自動車排出量予測の現状と将来,” 第44回大気環境学会年会, pp. —, Sept. 2003.
- [6] 社団法人交通工学研究会, “やさしい交通シミュレーション,” 丸善株式会社, 2000
- [7] 北村他編, Technical Information on simulation Models, International Symposium on Transport Simulation, 2002.08
- [8] JCAP 大気モデルワーキンググループ, JCAP 技術報告書 2-5-3, 大気モデル技術報告書(2), p.16-20, 2002.04