

自動車排出量推計のためのミクロ交通流シミュレーションモデルの開発*

Development of Microscopic Traffic Simulation Model for Estimation of Vehicle Emission*

寺田重雄**・棚橋巖**・林誠司***・吉川康雄****・國見均*****

By Shigeo TERADA**・Iwao TANAHASHI**・Seiji HAYASHI***・

Yasuo YOSHIKAWA****・Hitoshi KUNIMI*****

1. はじめに

JCAP(Japan Clean Air Program)は、経済産業省の支援を受け、自動車業界と石油業界の共同研究として、(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プログラムで、1997年度から2001年度までJCAPとして実施され、2002年度からはJCAPとして推進中である¹⁾。

現在JCAPでは自動車技術と燃料技術の組合せによるゼロエミッション、微小粒子に関する調査研究を行うとともに、大気予測シミュレーションモデルの開発により、様々な大気環境改善施策の効果予測を行っている。

大気環境に影響を及ぼすものとしては、自動車起源のものとそれ以外のものと大きく分けられる。自動車起源のものは道路上において自動車が走行することにより排出されるが、この排出量は交通状況に大きく依存すると考えられる。我々はこの排出量推計を行う基礎となる交通流データを精度よく出力するモデルの開発を行ってきた^{2),3)}

交通状況をマクロ的に捉えて交通量と速度から排出量を推計する方法は従来からとられている方法で、JCAPにおいても東京都市圏など広域の排出量推計ではこの方法を用いている。しかしこの方法では交差点近傍と交差点と交差点の間の区域、あるいは

後背地などとの濃度差を見ることはできない。そこで我々は自動車の挙動を基にした排出量推計方法を検討・開発した。ここで用いる交通流モデルを沿道交通流モデルと呼び、このモデルは個別の車両挙動を再現することにより、自動車からの排出ガスを詳細に推計するためのデータを出力するものである。以下、このモデルについて報告する。

2. 沿道交通流モデル

(1) モデル構成

JCAPでは大気環境を評価するためのモデルとして、日本列島全体から都市圏レベルまでを扱う広域モデルと、都市内の数km四方程度の広さから数交差点程度までを扱う沿道モデルを開発した。広域モデルが広い範囲の濃度分布を扱うのに対して、沿道モデルは交差点及び道路近傍の排ガス濃度をミクロに比較するためのモデルである。沿道モデルは交通状況の再現を行う交通流モデルと、それに基づいて車両ごとの排出ガスを推計する過渡排出量推計モデルと、道路上に排出されたガスが風などにより移動・拡散する様子を計算する気流拡散モデルの3つのモデルからなる(表1)。

これらのモデルの概要を記述するとともに、下流側の実施内容に基づいて最上流である交通流モデルに要求される機能・要件を明らかにする。

(2) 過渡排出量推計モデル

沿道における詳細なガス濃度分布を得るために、排出量推計モデルでは車両1台ごとにその挙動に基づいて排出量を推計する方法をとり、そのためのパラメータとして速度と駆動力を用いることとした。

シャシダイナモ上で所定の走行パターンを走行すると同時に排出されるガスを計測し、車両諸元及び速度、加速度と排出ガスとの関係から図1に示す

*キーワード：地域環境問題、ネットワーク交通流、交通流

**非会員、(財)石油産業活性化センターJCAP推進部

(東京都港区虎ノ門4-3-9、

TEL03-5402-8505、FAX03-5402-8520)

(株)豊田中央研究所からの特別調査研究員

***非会員、(財)石油産業活性化センターJCAP推進部

(財)日本自動車研究所からの特別調査研究員

****非会員、工博、(財)石油産業活性化センターJCAP推進部

日産自動車(株)からの特別調査研究員

*****非会員、工博、(財)石油産業活性化センターJCAP推進部

表1 沿道モデルの構成

モデル	入力	出力	概要
交通流 (Paramics)	道路ネットワーク、 車両OD、 各種パラメータ	個別車両の1秒ごとの車種、位置、速度、加速度	車両を1台ずつ扱う 追従モデル
過渡排出量推計	交通流モデルの出力 排出係数マップ	道路上の排出量分布	車種・規制年度ごとに異なる 排出係数マップを用いる
気流拡散 (STAR-CD)	推計モデルの出力 境界における気流分布、 濃度データ	沿道における気流、濃度場	1時間平均値を求める

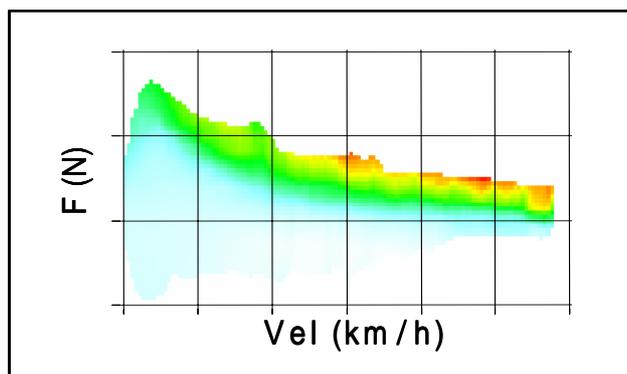


図1 排出ガスの計測値 (マップ)

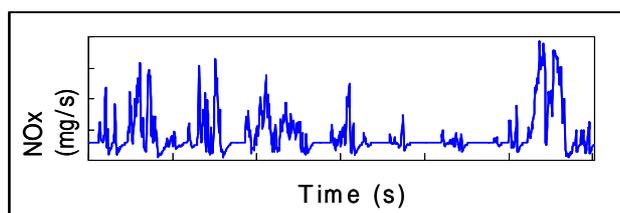


図2 排出ガスの推計例

排出ガスマップを作成する。図の横軸は速度、縦軸は駆動力で、図中の濃淡は排出ガス量である。このマップと沿道交通流モデルから出力される車両挙動データから、図2に示す詳細な排出量推計値を得る。

(3) 気流モデル

道路上に排出されたガスは車両の走行及び風により拡散される。そのため前記の路上における排出ガス推計値と、対象エリアの境界における気流・ガス濃度を入力して、沿道におけるガス濃度を計算した。用いたモデルはSTAR-CD⁴⁾(CFDモデル、Computational Fluid Dynamics)で、1時間のデータを入力して、1時間平均の計算結果を得る。

(4) 機能要件

以上のように沿道における自動車排出ガスの濃

度を推計するプロセスにおいて、最上流に位置する交通流モデルには様々な機能が要求されることになる。主な点として、1台1台の車両を扱える、複数の車種を区別して扱える、加速・減速という車両挙動が現実を模擬したものである、加減速などの車両挙動が日本人ドライバーの特性を再現している、などがあり、さらに基本的に、交通信号、路上駐車、バスレーンなどの交通規制を表現できる、道路、交差点を問わず、位置、速度、加速度などの車両データを1秒ごとに出力可能といった点が上げられる。

3. 沿道交通流モデルの開発

(1) モデル開発

以上のような機能を満たすため、ミクロ交通流シミュレータのParamics (PARAllel MICROscopic traffic Simulator)をベースとしたモデルを構築した。Paramicsはイギリス運輸省の協力でエジンバラ大学で開発されたモデルであり、追従モデルに基づくミクロ交通流シミュレータとして、前記の機能をほぼ満足している。しかしイギリスで開発されたモデルなのでイギリス人のドライバー特性を反映していると考えられた。そこでこれをAPI(Application Programming Interface)により日本人ドライバーのモデルに置換え⁵⁾、さらに必要に応じて車両位置の出力ルーチンなどを作成・使用した。

(2) 対象エリアとシミュレーション

Paramicsの適用対象として、JCAPで詳細な観測が行われ、自動車排出ガス測定局が設置されている東京都世田谷区上馬交差点近傍を選び、現況再現シミュレーションを実施した。気流計算が1時間単位で24時間計算をするため、交通流も24時間分のデー

夕を1時間単位で再現、出力した。

a)対象道路網・信号データ

上馬で対象とする道路網（ネットワーク以下NW）は上馬交差点を中心とした国道246号線（玉川通り）と環状七号線のそれぞれ2km弱の区間で、61ノード、128リンク、14信号交差点である（図3の黒線）。NWデータはデジタル・ロード・マップを基本として、現地調査も行って作成した。信号データは警視庁殿より入手した。

b)ODデータ

交差点における交通量調査データに基づいて、車種別、1時間ごとのODデータを作成した。この値は実交通量で、需要交通量ではないため、得られた値に係数をかけるなどしてシミュレーション結果の交通状況が実測値と合うように調整した。

c)その他

NW内を走行する路線バスは7系統あり、1日で893本のバスが運行されている。これらはすべて固定経路車両として設定した。また路上駐車は調査データに基づき、リンク単位で第1車線を進入禁止として設定した。

Paramicsではシミュレーションの交通流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るため、NW内のすべてのリンクに感知器を設置してデータを収集した。シミュレーションの刻み時間は0.1秒とし、1秒ごとの出力に対応した。



図3 上馬の道路網ネットワーク

4.再現性評価

(1)評価指標の検討

交通流シミュレーションにより得られた結果の妥当性を評価するためには通常、交通量と平均速度が用いられてきた。これらは交通状況を代表する指標であり、必要な尺度ではあるが、今回検討しているミクロな排出量推計が個々の車両挙動に基づいていることから、他の指標が必要と考えられ、走行モードについて検討した。

自動車が走行するときの状態を停止、加速、定常走行、減速の4つの状態に分け、それぞれを走行モードと呼ぶ⁶⁾（図4）。それぞれのモードが出現する割合がシミュレーションと実測とで合っていれば、車両挙動も含めた交通状況の再現性は高いと考えられる。ここでそれぞれのモードを判定する閾値は図4に示す値を用いた。

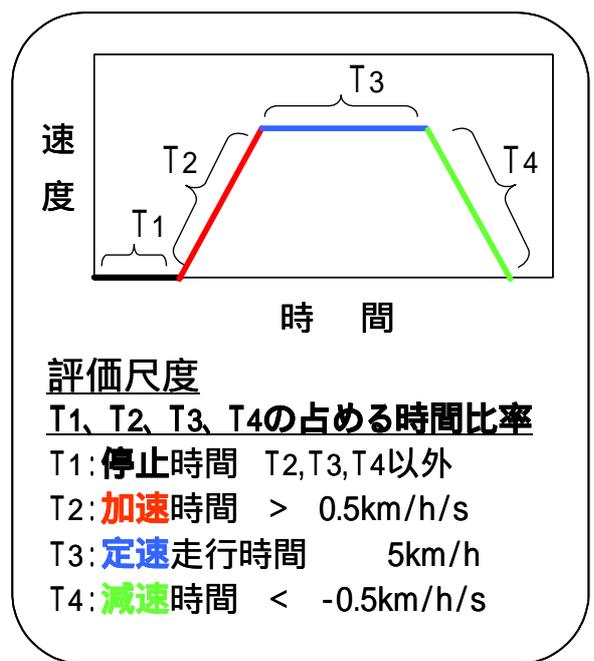


図4 走行モードと閾値

(2)評価 - 1

24時間のシミュレーションを1時間単位で行い、交通量、速度について現況再現性を実測値と比較した。図5には13時台の速度の再現結果を一例として示すが、各種のパラメータを合せ込むことにより、相関係数0.95、%RMS誤差29%が得られた。その他の時間帯についても交通量は概ね相関係数0.99、%RMS誤差10%以下、速度は、相関係数0.90以上、RMS誤差30%以下という結果が得られた。

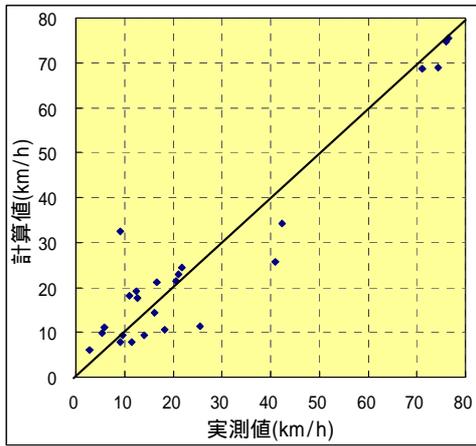


図5 速度の再現結果の一例（上馬、13時）

(3) 評価 2

前記のシミュレーション結果について1台1台の車両ごとの走行モード別の時間割合を集計し、実測データと比較した。実測データは対象道路網の国道246号線（玉川通り）と環状七号線において実施した5人のドライバによる走行調査結果である。

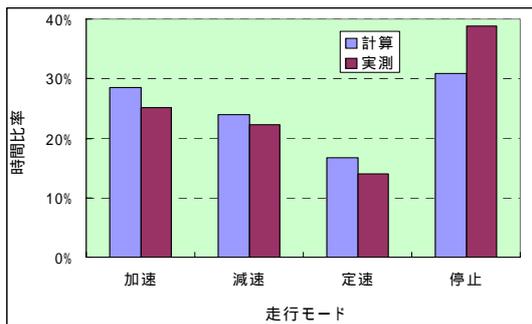


図6 走行モード別時間割合の比較（全車平均）

図6では全車平均の走行モード別時間比率がシミュレーションと実測とで同じ順位であり、その値も近いことがわかる。図7は1台1台の車両ごとに走行モード別の時間割合を示したもので、シミュレーション結果と実測値の分布が重なっていてシミュレーションの結果が妥当であることが伺えた。

5. まとめ

JCAP において、道路上における詳細な自動車排出ガスの推計に必要な要件を検討し、それを満たすミクロ交通流シミュレータを開発した。これを用いて上馬周辺の道路網を対象として交通状況の再現を行うとともに、再現性の評価尺度を検討した。従来のリンク交通量と平均速度に加えて、加速、減速、定速走行、停止という走行モード別の出現時間比率を検討し、評価尺度として用いることが妥当であることを見出した。またその交通状況の再現結果を用いて排出量推計と気流計算を行い、沿道におけるガス濃度の推計を行った。

本研究は（財）石油産業活性化センターの実施しているJCAP（自動車と燃料技術による大気改善のためのプログラム）の一環として行われたものである。

本報告の内容は、JCAP 大気企画WGで検討・評価されたものであり、WG委員及び大気研究グループメンバーに謝意を表します。

参考文献

- 1) http://www.pecj.or.jp/japanese/jcap/jcap2/index_jcap2.html
- 2) 棚橋巖, 他, "大気環境評価に用いる交通流モデル", 情処研報, V.2005, No.21, pp.45-50
- 3) 寺田重雄, 他, "排出量推計のためのミクロ交通流シミュレーションモデルの開発-2", 情処研報, V.2005, No.21, pp.51-57
- 4) http://www.cdaj.co.jp/product/star_cd/index.html
- 5) 鈴木宏典, 他, "道路環境シミュレーションのための車両追従モデルの構築", 自動車研究, V.26, pp.231, 2004
- 6) 足立義雄, 他, "一般国道における自動車の走行特性", 土木技術資料22-3, 1980

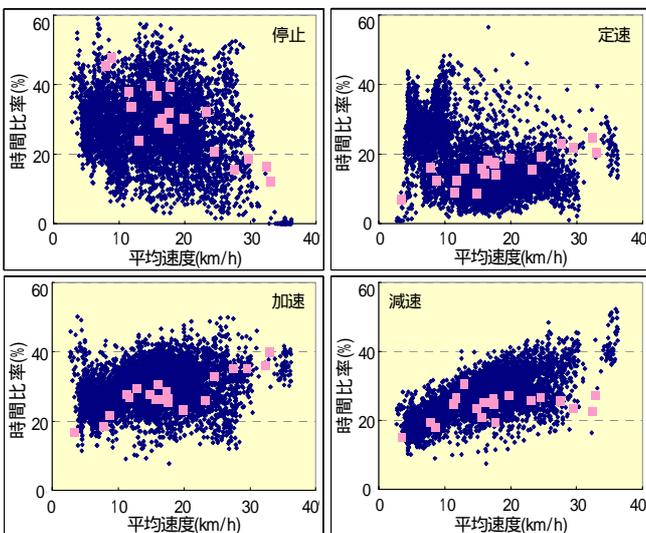


図7 走行モード別時間割合の比較（個別車両）
（シミュレーション：●、実測：■）