

大気環境評価に用いる交通流モデル

棚橋 巖^{*1,*2} 寺田 重雄^{*1,*2} 平井 洋^{*1,*3} 國見 均^{*1}

あらまし JCAP(Japan Clean Air Program)は、自動車業界と石油業界の共同研究として実施している大気環境改善のためのプログラムである。JCAP において我々は自動車の排出ガス量の推計に必要な交通量、走行速度などの交通データを計算する交通流モデルを開発している。この交通流モデルは、沿道排出量推計に用いる詳細な車両挙動の計算を行うミクロ交通流モデルと、関東圏などの広域排出量推計に用いるリンクごとの交通量および走行速度を計算するマクロ交通流モデルで構成される。本報告では、沿道から日本全国までを対象として自動車の排出量推計に基づく大気環境評価に用いる交通流モデルについて述べる。

Traffic Simulation Models for Estimation of Atmospheric Environment

Iwao Tanahashi^{*1,*2} Shigeo Terada^{*1,*2} Hiroshi Hirai^{*1,*3} Hitoshi Kunimi^{*1}

Abstract In JCAP (Japan Clean Air Program), we have been developing traffic simulation models generating traffic data such as traffic volume and vehicle velocity, etc. necessary for estimating the amount of exhaust gas of vehicles. The traffic simulation models are composed of a microscopic model calculating vehicles' movements in detail and a macroscopic model calculating traffic volume and vehicle velocity of each link. This paper describes the traffic simulation models used for estimation of atmospheric environment for areas ranging from several streets to the whole country.

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プログラムである[1]。

このプログラムは、1997 年度から開始し、2001 年度に終了した第一期の JCAP に引き続き、さらに発展させる形で JCAP として 2002 年度から 5 年計画で開始した。JCAP では、ゼロエミッションおよび燃費向上を目指した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、自動車の挙動をもとにした排出ガス量の推計を行うために、我々は車両の走行データをシミュレーションにより出力する交通流モデルの開発を進めている。この交通流モデルは、東京都市圏など広範な領域を対象としたマクロな交通流計算を行う広域交通流モデル、ならびに詳細な車両挙動に基づいて自動車の排出量を推計するためにミクロな交通流計算を行う沿道交通流モデルから構成される。

本報告では、はじめに大気環境評価に用いる自動車の排出ガス量を推計する方法と、排出量推計に必要な交通データについて基本的な考え方を示す。そして、都市域から日本全国を対象とする広域排出量推計に必要な交通データを出力する広域交通流モデル、ならびに幹線道路や交差点近傍などを対象とする沿道排出量推計に必要な交通データを出力する沿道交通流モデルについて、それらの構成と特徴を述べる。

*1 (財)石油産業活性化センター
Petroleum Energy Center

*2 (株)豊田中央研究所
Toyota Central R&D Labs., Inc.

*3 (財)日本自動車研究所
Japan Automobile Research Institute

2. 自動車の排出量推計

JCAP で取り組んでいる自動車の排出量推計の方法と、排出量推計に必要な交通データについて基本的な考え方を図1に示す。

排出量推計は、都市域から日本全国までの広範な領域を対象としてリンクごとの交通量と車両走行速度をもとに排出量を推計する広域排出量推計と、幹線道路や交差点近傍を対象領域として車両の速度、加速度などの詳細な情報をもとに個々の車両の1秒ごとの排出量を推計する沿道排出量推計に分けられる。以下、これらの排出量推計方法について述べる。

2.1. 広域排出量推計

自動車の排出量推計では、排出ガスの発生過程より通常走行時のテールパイプからの排出ガスをはじめ、蒸発ガスと始動排出ガスについても推計対象としているが、ここでは通常走行時の排出ガス推計について記述する。その他の排出ガス推計の詳細については参考文献[3]を参照していただきたい。

2.1.1. 通常走行排出ガス推定式

通常走行時の自動車のテールパイプからの排出ガスの総量は、単位距離当りどれだけ排出ガスを出すかを定める排出係数(g/km)と、自動車全体がどれだけ走行しているかを定める走行量(km)

の積により求める。但し、排出係数は平均速度、車種、年式その他の因子により異なるので、これに対応して走行量も同様な因子(平均速度、車種、年式)についての分類を行い排出係数に乗じる必要がある。

次の式に排出係数、走行量を当てはめ排出ガスをガス種類、地域メッシュ、時間帯別に推定可能な構成とした。

排出ガス量 ガス種類、地域メッシュ、時間帯 (g)

$$= \left(\text{排出係数}_{\text{ガス種類, 車種, 年式, 平均速度}} \right) \times \text{走行量}_{\text{車種, 年式, 平均速度, 地域メッシュ, 時間帯}} \quad (\text{g/km})$$

\times 走行量 車種、年式、平均速度、地域メッシュ、時間帯 (km)

なお、排出ガスの種類は、CO、THC、NO_x、PM、CO₂の5成分、地域メッシュは関東圏では1kmグリッド、関東圏以外は10kmグリッドで分割し全国域を対象としている。また時間帯は、1時間ごとの排出量を推計可能な構成とした。

2.1.2. 排出係数

公表されている排出係数で最も信頼性の高いと思われる速度、車種、年式別に分類された環境省の自動車排出原単位を使用した。また、排出係数は積算走行距離、温度、燃料組成などにより変化するため、それらの影響を考慮した補正を行っている。

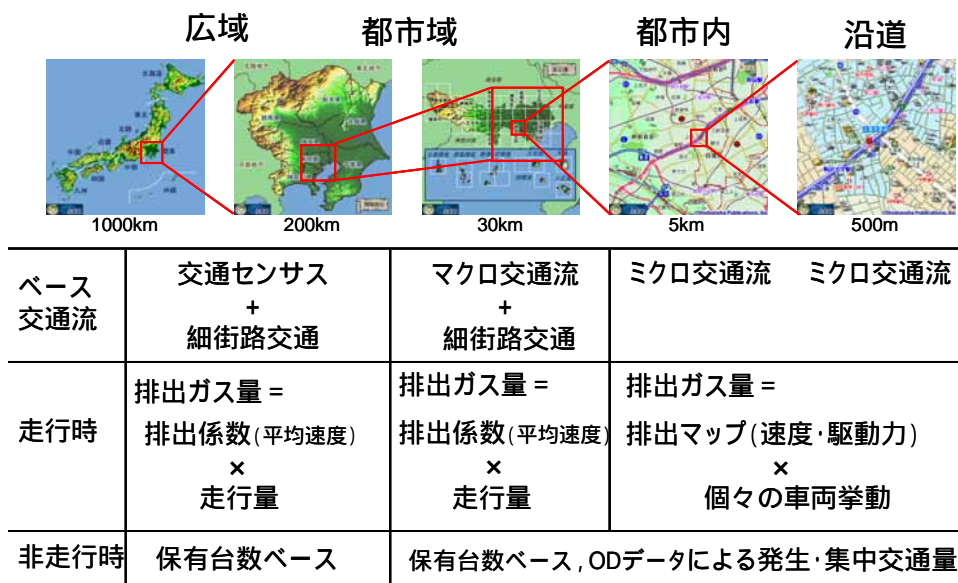


図1 排出量推計方法と交通データ

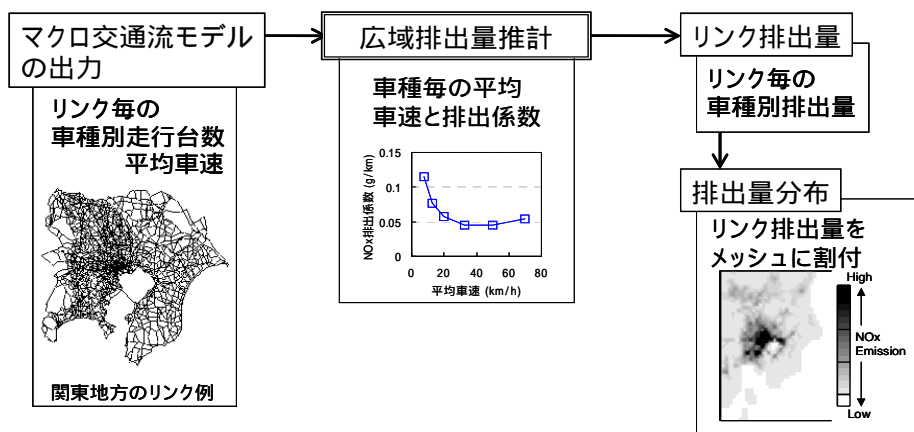


図2 広域排出量推計プロセス

2.1.3. 走行量

排出量を地域メッシュ別に出力するためには、走行量を地域メッシュ別に求める必要がある。

また、排出係数が速度、車種、年式別になっているため、これに乗じる走行量も速度、車種、年式別に分類した。国土交通省の「道路交通センサス」には、全国の都道府県道以上のすべての道路について、約3万箇所の調査区間において交通量の調査を行った結果が記載されている。この各調査区間の車種別時間別交通量を「国土数値情報の「高速道路位置情報」「一般道路位置情報」「行政界情報」から求められる道路の座標位置から地域メッシュに割り付けた。

なお、関東圏の走行量データについては「道路交通センサス」に代えてマクロ交通流モデルの出力をもとに広域排出量推計を行うことができる。その排出量推計処理の流れを図2に示す。

2.2. 沿道排出量推計

これまで述べたように広域排出量推計では自動車排出原単位をもとに、kmオーダのリンク単位で推計する。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。

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を詳細に推計す

るモデルを開発している[4]。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3に示す。

沿道排出量推計では、1台1台の車両を個別に扱うミクロ交通流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し、排出係数マップ（図4）を用いて排出量を推計する。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、シヤングダイで計測したものをを用いる。

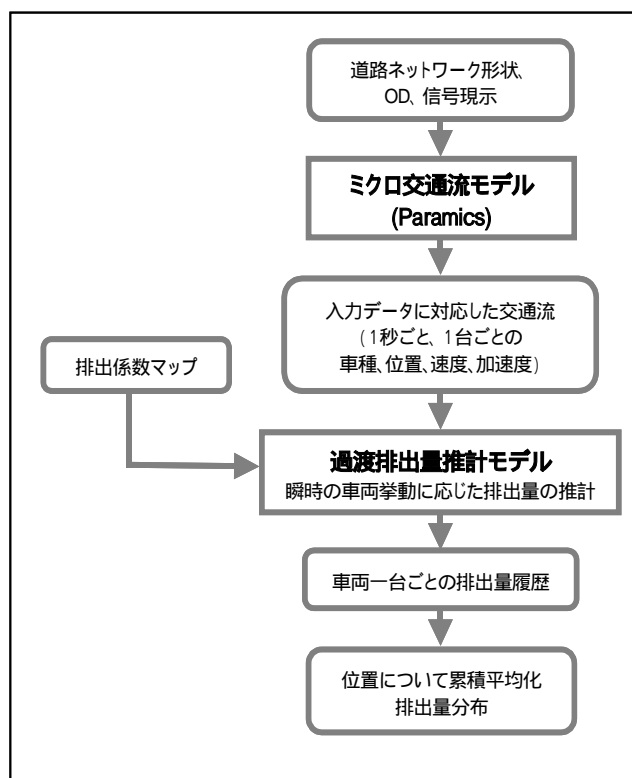


図3 沿道排出量推計プロセス

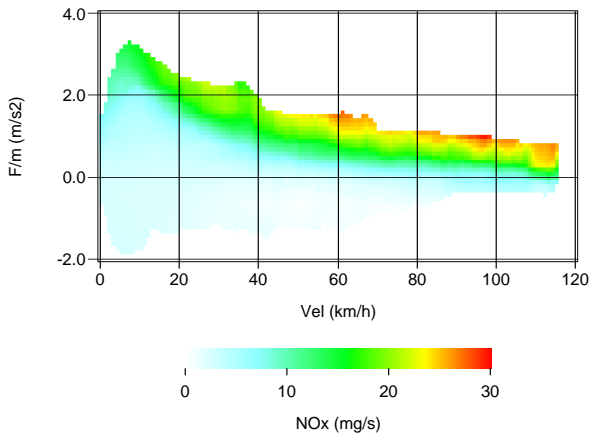


図4 排出係数マップの一例
(速度・駆動力に対する排出量を表す)

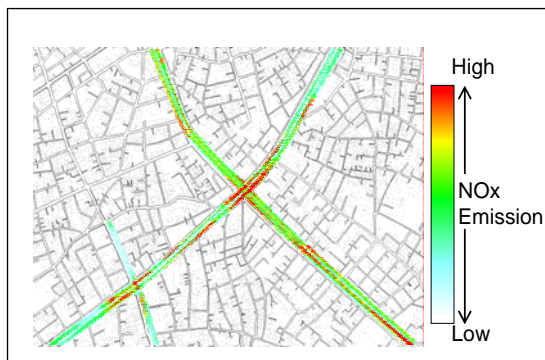


図5 道路上の排出量分布

3. 自動車の排出量推計に用いる交通流モデル

3.1. 広域交通流モデル

都市域から日本全国までを対象とする広域排出量推計に用いる交通量データは基本的に国土交通省の「道路交通センサス」を用いる。具体的には、平成11年度の「道路交通センサス」(1時間値)を国土交通省より借用し、時間帯別車種別交通量をもとにして排出量推計を行った。「道路交通センサス」では、混雑時の旅行速度が観測されているが、排出量推計には24時間それぞれの時間帯における走行速度データが必要である。そこで、「道路交通センサス」箇所別基本表より地域別に道路種類別に時間交通量、時間交通容量、交差点密度等を変数に組み込んだリンクコスト関数を作成し、時間帯別交通量をもとに、このリンクコスト関数を用いて時間帯別の走行速度を推計した。

さらに、東京都心部や横浜、川崎市域など交通渋滞が激しい地域を対象に交通状況の再現性を向

上することを目的に、交通量配分手法を用いたマクロ交通流モデルを開発している。

3.1.1. マクロ交通流モデル

マクロ交通流モデルの開発では、交通状況の再現、特に渋滞時の走行速度の再現性向上を目的に検討を行い、当初、動的シミュレーションの導入を試みたが、道路ネットワーク規模および車両台数などの条件から計算負荷が膨大になるため、その実現は困難と判断し、交通量配分手法を用いた交通流モデルを開発している。従来、交通量配分手法は、道路計画などを目的とした日交通量推計に適用されてきたため、走行速度の再現性は高いとは言えない。これに対して、我々は、時間帯別交通量配分手法を導入することにより、渋滞時の交通状況の再現性向上を図った。この交通量配分計算には市販ソフトウェアの交通量推計システム JCROUTE [5]を用いた。この JCROUTE は、名城大学松井教授の指導のもとに開発された配分計算用ソフトウェアで、以下の特徴を有している。

- ・時間帯別均衡配分モデルを適用し、渋滞時のリンク残留交通量を次の時間帯に加えることにより、従来の日交通量配分では計算できない渋滞時の交通状況の再現性を向上させている。
- ・都市間高速および都市内高速など料金体系が異なる高速道路の利用を考慮する必要があるため、高速道路転換率モデルを適用することにより高速道路利用の確率的な要素を組み込むことが可能である。

3.1.2 道路ネットワークとODデータ

東京都心部および横浜、川崎市域を主体にその周辺領域を含む領域を交通量配分の対象とした。対象領域の道路ネットワークを図6に示す。道路ネットワークの規模はノード数16,148、リンク数24,031である。この東京都市圏(東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県)の道路ネットワークデータはDRM(デジタル道路地図)をもとにセンサスリンクを抽出し配分計算用に編集した。

また、ODデータは国土交通省関東地方整備局より借用した「H11センサス自動車起終点調査」現況OD表をもとに、対象領域の日OD表を作成した。

さらに、東京都市圏交通計画協議会より「平成10年度パーソントリップ調査」現況値の自動車利用時間帯別OD表を借用し、これをもとに時間帯別車両発生パターンを作成し、上述の日OD表に乗ずることにより時間帯別ODデータを作成した。

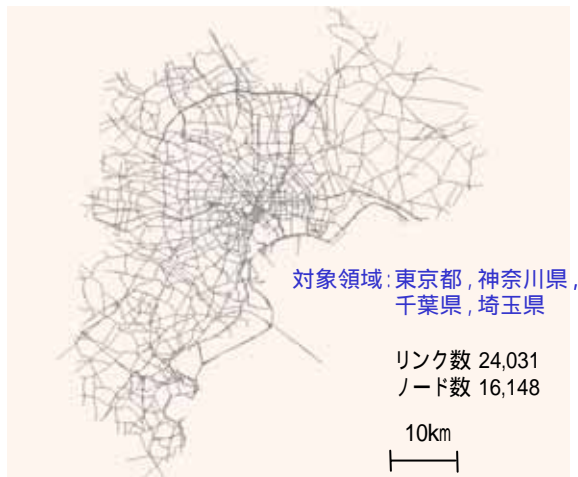


図6 配分計算に用いた道路ネットワーク

3.1.3. 配分計算

開発したマクロ交通流モデルを用いて出力した日交通量の配分結果について、「H11 道路交通センサス」の24時間観測地点114箇所について日交通量の比較を行った。相関係数は0.91、%RMS誤差は26.1%の結果が得られており(図7)、開発したマクロ交通流モデルの基本機能を確認した後、時間帯別の配分計算を行っている。

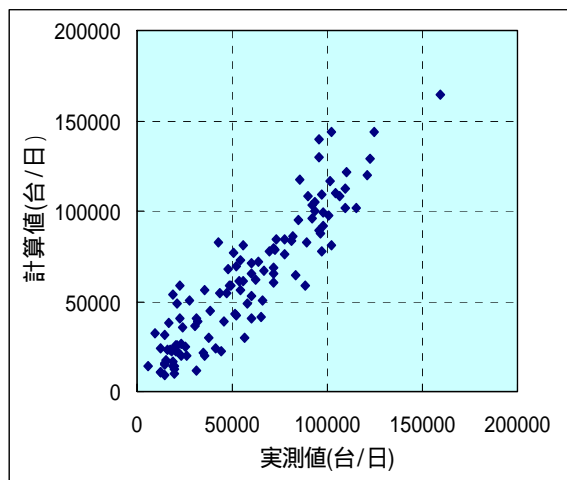


図7 日交通量配分結果

3.1.4. 細街路交通

広域排出量推計に用いられる「道路交通センサス」およびマクロ交通流モデルの出力は、いずれも幹線道路交通を対象としている。これに対し、自動車の排出量推計においては細街路の交通を考慮する必要がある。そこで、「自動車輸送統計年報」の走行量(ユーザに対するアンケート調査をもとにまとめられ、細街路交通量も含む)と「道路交通センサス」走行量の差を細街路交通量として求め、これを「自動車輸送統計年報」の走行量で除した値を細街路補正係数とした。この値と「道路交通センサス」の走行量から地域メッシュ毎の細街路走行量を求めた。さらに、東京都区部については細街路交通の実態を把握し排出量推計に反映させるために、東京都区部より抽出した細街路について交通調査とその特性分析を行い、沿道人口や道路条件および近傍の幹線道路の交通量などとの相関をもとにした細街路交通量の推計モデルを構築している[6]。

3.2. 沿道交通流モデル

3.2.1. ミクロ交通流モデル

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 ではイギリスで開発された Paramics*を用いている。Paramicsの概要を以下に記述するが、選定理由等の詳細については文献[7]を参照していただきたい。

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ミクロモデルとしては比較的ユーザ数の多いミクロモデルの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**と呼ばれている。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

3.2.2. 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を選び，現況再現シミュレーションを実施した。

3.2.3. 計算結果

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。交通量については実測データをもとにし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。また，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結果，相関係数 0.90，%RMS 誤差 30%以下という結果が得られている[7]。

4. まとめ

JCAP において，沿道から都市域，さらに日本全国を対象とする自動車の排出ガス量推計に必要な交通データを出力する交通流モデルを開発した。広域排出量推計には時間帯別均衡配分手法を用いたマクロ交通流モデルを適用し，沿道排出量推計にはミクロ交通シミュレータ Paramics をベースに開発したミクロ交通流モデルを適用する。今後，開発した交通流モデルを自動車の排出量推計に活用し大気環境評価に役立てる。

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 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 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/japanese/jcap/jcap2/index_jcap2.html
- [2] 國見均：“JCAP 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講演要旨集，pp.528，2003.
- [3] JCAP 技術報告書 1-5-2，大気モデル(2)「自動車排出ガス推計モデルの開発」，(財)石油産業活性化センター，1999.
- [4] 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”，情報処理学会研究報告，2004-ITS-16，pp.135-140，2004.
- [5] <http://www.jri.co.jp/si/solution/S-026.html>
- [6] 棚橋巖，他：“細街路交通を考慮した自動車の排出量推計手法”，情報処理学会研究報告，2004-ITS-16，pp.129-133，2004.
- [7] 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”，情報処理学会研究報告，2005-ITS-20，(投稿中)，2005.