

自動車の排出量推計のための時間帯別均衡配分による交通流推計*

Time-of-day User Equilibrium Assignment Model for Estimation of Vehicle Emissions

棚橋 巖**・衣笠幸夫***・國見 均****・藤田素弘*****・松本幸正*****・松井 寛*****

By Iwao TANAHASHI**, Yukio KINUGASA***, Hitoshi KUNIMI****, Motohiro FUJITA*****,

Yukimasa MATSUMOTO*****, Hiroshi MATSUI*****

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交通流計算を行う広域交通流モデルと、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排出ガス量の推計方法と、その排出量推計に必要な

な交通データについて基本構成を示し、その中で、都市域から日本全国を対象とする広域排出量推計について詳細を説明する。次に、この広域排出量推計に必要な交通データの算出を目的とする時間帯別均衡配分による交通流推計について述べ、最後にそれらの課題と今後についてまとめる。

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用いられる交通データについて基本構成を図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秒ごとの排出量を計算し、その累積結果より自動車排出量を推計する沿道排出量推計に分けられる。本報告では、広域排出量推計を対象とし、その推計方法について説明する。

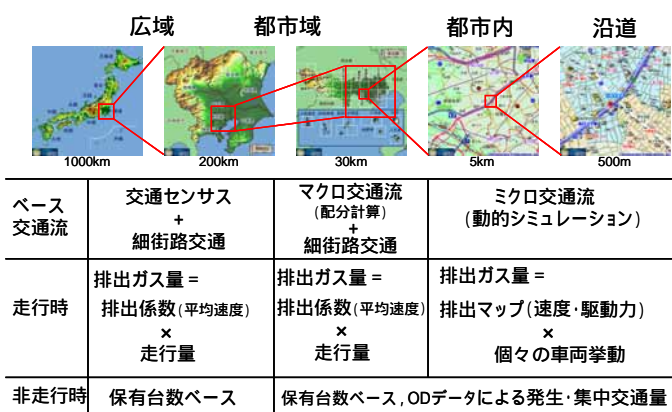


図1 自動車の排出量推計方法と交通データ

(1) 広域排出量推計

JCAP で実施している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

*キーワード：配分交通、交通流、地球環境問題

**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)

(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

****非会員、工博、(財)石油産業活性化センターJCAP推進部

*****正員、工博、名古屋工業大学都市循環システム工学専攻

*****正員、工博、名城大学理工学部建設システム工学科

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。

a) 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、単位距離当たりどれだけの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。

$$\begin{aligned} \text{排出ガス量} &= \text{ガス種類、地域メッシュ、時間帯 (g)} \\ &= \left(\text{排出係数} \text{ ガス種類、車種、年式、平均速度 (g/km)} \right. \\ &\quad \left. \times \text{走行量} \text{ 車種、年式、平均速度、地域メッシュ、時間帯 (km)} \right) \end{aligned}$$

排出ガスの種類は、CO、THC、NO_x、PM、CO₂ の 5 成分を対象とし、地域メッシュについては、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。

b) 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。

c) 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帯別交通量を、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。

3. 交通流推計

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。しかしながら、「道路交通センサス」では、混雑時の旅行速度は観測されているが、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、川崎市域など混雑・渋滞が激しい地域を対象に交通状況の再現、および将来の交通状況推計を目的に、利用者均衡配分手法を用いたマクロ交通流モデルを開発している。

(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モデル検討を行い、当初、動的シミュレーションの導入を試みた。しかしながら、道路ネットワークや信号データの整備が容易でないこと、さらに車両台数などの条件からシミュレーションにおける計算負荷が膨大になる等の理由から、その実現は困難と判断し、利用者均衡配分手法を用いたマクロ交通流モデル開発に取り組んだ。従来、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交通量配分では、走行速度の再現性は高いとは言えない。そこで、時間帯別均衡配分手法を導入することにより、混雑・渋滞時の交通状況の再現性向上を図ることとした。

マクロ交通流モデルのシステム構成を図 2 に示す。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 JCAROUTE⁴⁾ を用いた。この JCAROUTE の取り扱うモデルは、時間帯別自動車 OD 交通量 (台数) を既知とする需要固定型モデルで、BPR 関数型のリンクパフォーマンス関数を使用している。解法には Frank-Wolfe 法を使用し、均衡解となるリンク交通量や OD 間所要時間を推計する。

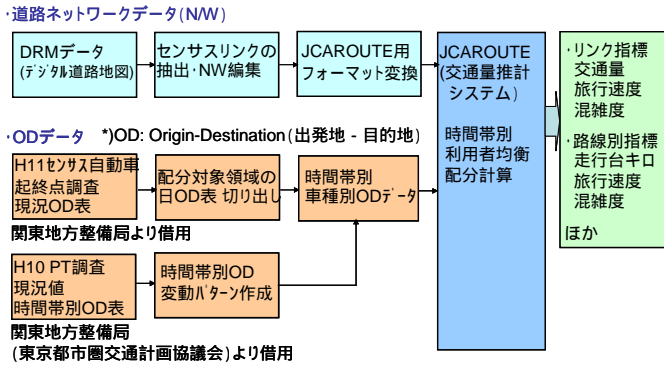


図2 マクロ交通流モデルの構成

このマクロ交通流モデルを用いて、東京都市圏を対象とする交通流推計を行うため、以下の入力データを整備した。

a) 道路ネットワークデータ

対象領域については、特に混雑・渋滞の激しい東京都心部および横浜、川崎市域を中心にその周辺領域を含む地域を選定し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3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 JCAROUTE のフォーマットに変換し編集した。

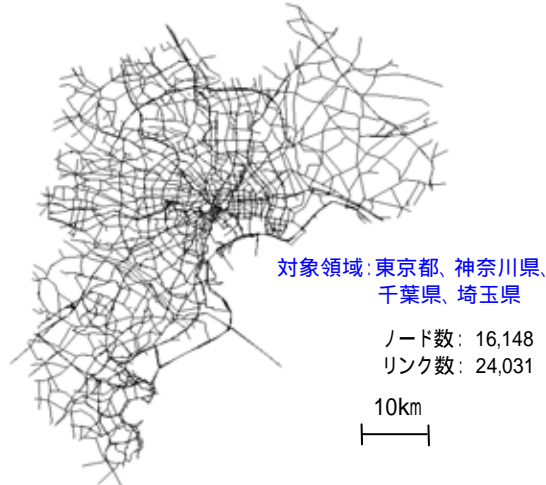


図3 配分計算に用いた道路ネットワーク

b) OD交通量データ

はじめに対象領域の日 OD 表を作成した。国土交通省関東地方整備局にて作成した平成 11 年度道路交通センサス現況 OD 表と 1 都 8 県の広域道路ネットワークを対象とした現況交通量配分結果より、今回 JCAP で交通流推計対象とする地域の内々及び、内外、外外 (通過) OD 交通量を算出した。

次に時間帯別OD交通量については、平成10年度の

パーソントリップ調査の自動車利用時間帯別OD表をもとに、対象領域の自動車OD交通量の時間変動パターンを作成し、これを上述の日OD交通量に乗ずることにより時間帯別OD交通量データを作成した。

なお、ゾーニングについては対象地域内側では B ゾーン単位とし、対象地域への交通の流入・通過の把握に関しては、対象区域境界の道路断面を外周ゾーンとした。設定したゾーンは、対象地域内々が227ゾーン、対象地域外周が104ゾーンの計331ゾーンである。

c) リンクコスト関数

ここでは、以下の式(1)で表されるBPR型リンクコスト関数を用いている。

$$T = T_0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{q}{c} \right)^\beta \right\} \quad (1)$$

T : リンク上の単位旅行時間 (分 / km)

T₀ : リンク上の自由旅行時間 (分 / km)

α, β : パラメータ値

q : リンク上の時間交通量 (pcu/時)

c : リンク上の時間交通容量 (pcu/時)

q/c : 混雑度

である。

このリンクコスト関数を精度良く設定するためには、沿道条件、市街化状況、道路を種別ごとに分割、車道幅員による補正など様々な条件を加味して交通量、交通容量を算出することが重要となる。まず時間交通量をベースにした時間リンクコスト関数に注目して、直線関数型回帰式によるリンクコスト関数についてパラメータ値を推定する。

平成11年度道路交通センサスの埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県 の 4 県データを用いて推定したリンクコスト関数のパラメータ値と重相関係数を表1に示す。

表1 リンクコスト関数のパラメータ値と重相関係数

		T ₀	α	β	R
全域	幹線道路2車線	2.0777	0.2474	2.6	0.7389
	幹線道路多車線	1.7312	0.4830	2.3	0.7002
	準幹線道路2車線	2.0486	0.3830	2.4	0.7686
	準幹線道路多車線	2.2032	0.3262	2.1	0.7080
市街化地域	幹線道路2車線	2.1141	0.4250	2.0	0.6848
	幹線道路多車線	1.8106	0.4422	2.2	0.6055
	準幹線道路2車線	2.4544	0.3117	2.0	0.7054
	準幹線道路多車線	2.1531	0.3851	2.3	0.7171
非市街化地域	幹線道路2車線	1.7777	0.1307	3.5	0.7037
	幹線道路多車線	1.5863	0.4325	2.5	0.8682
	準幹線道路2車線	1.7341	0.5118	2.7	0.7555
高速	都市間高速道路	0.6238	1.4849	4.8	0.8674
	都市高速道路	0.8713	0.5179	4.9	0.6845

(2) 交通量配分

以上の入力データを整備し、東京都市圏を対象とする交通量配分を行った。はじめに日交通量配分を行い、続いて時間帯別交通量配分を行った。

a) 日交通量

日交通量の配分結果について「平成 11 年度道路交通センサス」の 24 時間観測地点 117 箇所を選定し、日交通量の比較を行った(図 4)。相関係数 0.90、RMS 誤差 15,709 で、ほぼ良好な現況再現結果が得られた。

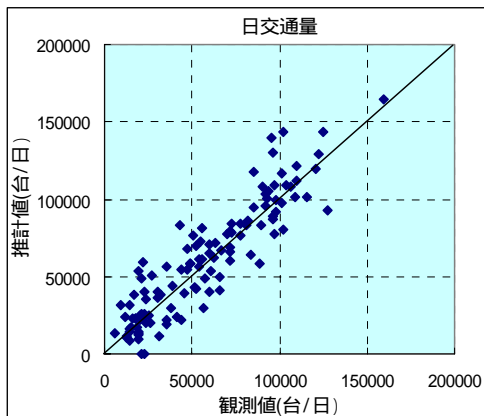


図 4 日交通量配分結果

b) 時間帯別交通量

時間帯別交通量の配分結果について「平成 11 年度道路交通センサス」の 12 時間観測地点および 24 時間観測地点の 428 箇所を選定し、朝ピーク時間帯の交通量の比較を行った(図 5)。この図から推計値は過大推計の傾向を示していることが分かる。そこで、PT の時間帯別 OD 表をもとに作成した時間変動パターンの各時間帯の OD 交通量が占める割合と、対象領域のセンサス交通量(観測値)が同時間帯に占める割合を比較した(表 2)。この表に示されるように、前者の時間帯別 OD 交通量の割合は後者に対して、朝ピーク時間帯で約 1.6 倍になっており、これが過大推計の主たる要因と考えられる。

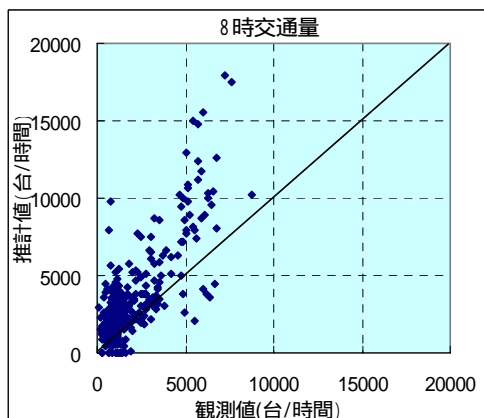


図 5 時間帯別配分結果(8時 - 9時)

表2 PT OD データを基にした時間変動パターンとセンサス観測値の各時間帯に占める割合の比較

時間帯	PTODの変動パターン(内々あり)	センサス観測値	時間帯に占める割合の比較 /
7	0.093	0.057	1.637
8	0.091	0.056	1.630
9	0.059	0.056	1.058
10	0.055	0.052	1.067
11	0.058	0.050	1.161
12	0.045	0.050	0.900
13	0.055	0.049	1.113
14	0.057	0.051	1.137
15	0.059	0.052	1.141
16	0.068	0.052	1.299
17	0.097	0.055	1.772
18	0.072	0.055	1.309
19	0.049	0.049	0.997
20	0.034	0.043	0.792
21	0.025	0.036	0.683
22	0.014	0.032	0.434
23	0.008	0.030	0.267
24	0.003	0.026	0.108
1	0.002	0.024	0.075
2	0.002	0.019	0.079
3	0.003	0.017	0.149
4	0.004	0.019	0.192
5	0.010	0.026	0.399
6	0.038	0.045	0.858

4. おわりに

自動車の排出量推計に用いる交通データを算出するため、利用者均衡配分手法を用いたマクロ交通流モデルを開発し、平成11年を対象年次とする東京都市圏の交通状況の再現を行った。日交通量配分では、ほぼ良好な結果が得られたが、時間帯別配分ではピーク時間帯で交通量が過大推計となり、再現精度に課題を残した。

時間帯別配分による交通状況の再現精度を向上するためには、時間帯別OD交通量の推計方法の再検討が必要である。今後、OD交通量調査のデータ入手が望まれるが、現実的な解決策として道路交通センサス等の観測交通量をもとにした時間帯別OD交通量の推計による時間変動パターンの修正を図り、交通流推計精度の向上を目指す。

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。

参考文献

- 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) (財)石油産業活性化センター：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，1999.
- 4) <http://www.jri.co.jp/si/solution/S-026.html>