

## 細街路交通を考慮した自動車の排出量推計手法

棚橋 巖<sup>\*1,\*2</sup> 寺田 重雄<sup>\*1,\*2</sup> 鹿島 茂<sup>\*3</sup> 國見 均<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> (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

<sup>\*2</sup> (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

<sup>\*3</sup> 中央大学理工学部 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

E-mail: <sup>\*2</sup> tanahasi@mosk.tytlabs.co.jp, <sup>\*2</sup> terada@mosk.tytlabs.co.jp,

<sup>\*3</sup> kashima@civil.chuo-u.ac.jp, <sup>\*1</sup> kunimi@jcap.pecj.or.jp

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。この中で、我々は大気環境評価に用いる自動車の排出量推計モデルを開発している。都市全域などの広域交通流を対象に排出量推計を行うには、幹線道路交通に加えて細街路交通を反映した交通量の把握が必要である。本報告では、東京都区部を対象に細街路の交通調査データを基にして細街路交通の特性分析を行い、沿道の人口や道路条件および近傍の幹線道路の交通量などから細街路の交通量を推計するモデルの構築と、このモデルを用いた自動車の排出量推計手法について述べる。

キーワード 自動車排出量, 細街路交通, 交通量推計, 重回帰分析

## An Estimation Method of Vehicle Emissions Considering Narrow Street Traffic

Iwao TANAHASHI<sup>\*1,\*2</sup> Shigeo TERADA<sup>\*1,\*2</sup> Shigeru KASHIMA<sup>\*3</sup> and Hitoshi KUNIMI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Petroleum Energy Center 4-3-9 Toranomom, Minato-ku, Tokyo, 105-0001 Japan

<sup>\*2</sup> Toyota Central R&D Labs., Inc. Nagakute-chou, Aichi-gun, Aichi, 480-1192 Japan

<sup>\*3</sup> Faculty of Science and Engineering, Chuo University 1-13-27 Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8551 Japan

E-mail: <sup>\*2</sup> tanahasi@mosk.tytlabs.co.jp, <sup>\*2</sup> terada@mosk.tytlabs.co.jp,

<sup>\*3</sup> kashima@civil.chuo-u.ac.jp, <sup>\*1</sup> kunimi@jcap.pecj.or.jp

**Abstract** This paper describes an estimation method of vehicle emissions in which narrow street traffic was taken into consideration, and a model to estimate narrow street traffic. In order to estimate narrow street traffic, we performed characteristic analysis of narrow street traffic based on observed traffic data of narrow streets in Metro Tokyo areas, and we evaluated a model that estimates narrow street traffic volume using parameters such as the road conditions, population along the route, and nearby trunk road traffic. We conclude that it is available to apply this model to estimate narrow street traffic.

**Keyword** Vehicle emission, Narrow street traffic, Traffic volume estimation, Multiple regression

### 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<sup>1)</sup>。

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 Iに引き続き、さらに発展させる形でJCAP IIとして2002年度から5年計画で開始した。

JCAP II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

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。

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量推計を行うために、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、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と、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から構成され

る。

本報告では、広域交通流を対象に自動車の排出量推計に必要な交通データとして幹線道路交通に加えて細街路交通を考慮した排出量推計手法について述べる。交通調査の観点から道路を2種類に分類すると、道路交通センサスの調査対象となる幹線道路とそれ以外の道路に分類され、我々は後者を細街路として扱う。これまで細街路交通の実態については東京都や区が実施した交通調査結果などが報告されているが、それらは環境影響評価などを目的とし、対象地域や調査時期が限定され都区部全域にわたる定期的な調査は行われていないため細街路交通の実態については、その全容を把握できていない。しかしながら、都市全域の自動車の排出量を推計するためには、全交通量の3割以上と推測される細街路交通の影響を考慮する必要がある。そこで、JCAP I では「自動車輸送統計年報」の走行量と「道路交通センサス」走行量の差から細街路交通量の推計を行った。しかし、これらは道路条件や沿道施設などに起因する細街路交通の地域特性を反映できないため、JCAP II では東京都区部を対象に細街路交通の調査データを整理・分析し、最も影響を与える要因を説明変数として細街路交通を推計するモデルを構築し、排出量推計に必要な細街路交通量を推測することを検討中である。

本報告では、はじめに JCAP で実施している広域交通流を対象にした自動車の排出量を推計する手法を示し、その中で JCAP I で実施した広域排出量推計における細街路交通の補正方法について述べ、つづいて JCAP II で取り組んでいる細街路交通の実態調査に基づく交通量推計について説明し、最後にこれらの課題と今後についてまとめる。

## 2. 自動車排出量推計モデル<sup>2)</sup>

JCAP I で実施した広域交通流を対象にした排出量推計手法を以下に述べる。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。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<sup>2)</sup>を参照していただきたい。

### 2.1. 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量をガス種類、地域メッシュ、時間帯別に推定可能な構成とした。

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

なお、排出ガスの種類は、CO、THC、NO<sub>x</sub>、PM、CO<sub>2</sub>の5成分、対象領域は関東圏 東西約 215km、南北約 261km の範囲 (図1) とし、この範囲を分割し1つのメッシュの大きさを東西 5.66km×南北 5.55km としている。また時間帯は、1時間毎の排出量を推計可能な構成とした。

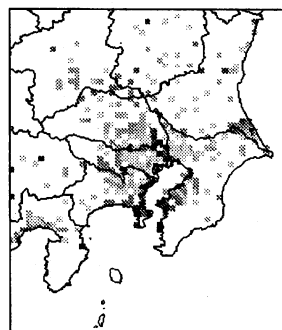


図1 排出量推計対象領域

### 2.2. 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庁のデータ<sup>3)</sup>を使用した。

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が、JCAP I ではその影響の考慮は見送った。

### 2.3. 走行量

排出量を地域メッシュ別に出すためには、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。

#### 2.3.1. 走行量の地域メッシュへの割付

「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<sup>4)</sup>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。

### 2.3.2. 細街路走行量の補正

JCAP I では、自動車の排出量推計における細街路交通量の補正を以下のような方法を用いて行った。

「道路交通センサス」からは詳細な交通量が求められるが、調査対象は都道府県道以上の道路の交通量であり、細街路は含まれていない。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。

この補正方法に対し、JCAP II で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基にした細街路交通量の推計モデルを構築し、細街路交通を考慮した排出量推計手法を開発している。以下、これらについて述べる。

## 3. 細街路交通量の推計

### 3.1. 細街路交通量の推計手法

これまでに行われた細街路の交通量推計に関する研究を分類すると、道路の性質に着目した方法と利用者の行動に着目した方法に分けられる（表1）。前者には竹内ら<sup>4)</sup>の細街路の交通量を各リンクの特性で回帰するモデルによる推計法があり、後者には山中ら<sup>5)</sup>の幹線道路の交通需要推計法と同様の段階推計型の方法による推計法がある。しかし、どちらの方法も比較的狭い地域を対象とした研究であり、東京圏のような広範な領域にそのまま適用できるかは疑問が残る。また、前者では幹線道路との関係を表現しておらず、後者では通過交通量のOD分布を特定できないため推計精度が悪化するなどの問題がある。

表1 既存の細街路交通推計法

着目点	道路特性 (竹内らの方法)	利用者行動 (山中らの方法)
特徴	細街路の交通量を各リンクの特性で回帰するモデル	利用者行動をシミュレートして交通量を段階的に推計するモデル
問題点	幹線道路との関係を表現できない。汎用性に問題がある。	通過交通量のOD分布を特定出来ないため推計精度が悪化する。

そこで、我々は東京都区部を対象として細街路の交通特性を分析し、影響を与える要因を説明変数として細街路の交通量を推計するモデルの構築を目的に調査・研究を行った。

### 3.2. 推計モデルの仮定

細街路の場合、幹線道路と異なり交通量はその道路

の容量によって決定されるとは言えない。そこで本研究では、細街路の交通量は次式で表されると定義する。

$$\text{細街路交通量} = \text{発生} \cdot \text{集中交通量} + \text{集散交通量} + \text{通過交通量}$$

発生・集中交通は細街路リンクkの沿道の施設から発生する交通および沿道の施設に集中する交通である。集散交通は細街路リンクk以外の沿道の施設から発生して近傍の幹線道路に流出するための通行、あるいは地区内の目的地などに行くためにリンクkを通行する交通である。そして、通過交通は細街路リンクの沿道の施設や地区内の施設に関係しないにも関わらず細街路リンクkを通行する交通である。

上述の発生・集中交通量は基本的に沿道人口と沿道土地利用に依存すると仮定した。西ら<sup>6)</sup>は総走行距離が大きい程、細街路の走行距離が減少している事を示している。つまり細街路は日常生活の中での短い移動で使われる割合が大きいと考えられる。そこで、対象とする全ての地域で居住者が及ぼす影響を表わすために沿道人口には常住人口つまり夜間人口を用いる。一方、千代田区や中央区等の業務集積地区では1日の内の昼間(7:00~19:00)時間で考えた時、業務交通として頻繁に自動車を利用されるため細街路利用が増え、住居地区とは異なる特性を示すと考えられる。このような特性は沿道の土地利用に起因していると考えられるので宅地面積における商業用地の構成比率を説明指標として用いる。

集散交通量は細街路の走行しやすさに比例すると仮定する。そこで、はじめに調査地点における走行のしやすさを幅員で表す。次に調査地点の道路は構造的に接続している他の細街路の走行しやすさからも影響を受けるため、これを接続道路幅員で表す。さらに細街路の多くは直接接続していなくても幹線道路から大きな影響を受けると考えられる。そこで、細街路利用者の経路選択特性を考えると利用者は移動の中で幹線道路を主体的に使い、幹線道路から細街路まで必ずしも最短経路を選択しているわけではない。細街路利用者は距離だけではなく走行しやすさも考慮して経路を選択していると考えられるため、細街路を走行する交通は屈折回数が最小になるような経路を選択すると仮定する。幹線道路から受ける影響を、この経路選択の下で細街路の調査地点まで流入して来る交通量という指標で表す。

通過交通量は幹線道路のサービス水準が細街路のサービス水準を下回った際に発生すると考える。幹線道路

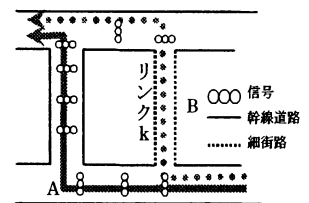


図2 通過交通ダミーの概念図

表 2 細街路の交通量を説明する要因

分類	符号	変数	説明指標	定義
発生集中交通量	+	X1	沿道人口(人)	沿道の建物敷地面積(m <sup>2</sup> )×夜間人口密度(人/m <sup>2</sup> )
	+	X2	夜間人口密度(人/m <sup>2</sup> )	平成7年度国勢調査より各区における夜間人口(人)を区面積(m <sup>2</sup> )で割ったもの
	+	X3	沿道の建物敷地面積(m <sup>2</sup> )	細街路の調査地点におけるリンクに接している建物の敷地面積。ただし敷地面積が1000(m <sup>2</sup> )を超える大規模施設の場合はリンクの沿道に建物の入口がある場合のみカウント
	+	X4	昼間活動人口密度(人/m <sup>2</sup> )	{昼間人口(人)-夜間人口(人)}/区面積(m <sup>2</sup> )
	+	X6	夜間人口(人)	平成7年度国勢調査より各区における夜間人口(人)
	+	X5	昼間人口(人)	夜間人口(常住人口)に他地域からの通勤・通学者を加え、他地域への通勤・通学者を差し引いたもの
	+	X7	昼間人口密度(人/m <sup>2</sup> )	平成7年度国勢調査より各区における昼間人口(人)を区面積(m <sup>2</sup> )で割ったもの
	+	X8	昼間人口指数	昼間人口/夜間人口×100
	+	X9	商業用地構成比率(%)	区単位での宅地面積における商業用地面積の割合
	-	X10	住宅用地面積比率(%)	区単位での宅地面積における住宅用地面積の割合
	-	X11	住居地域ダミー	都市計画法に定められた用途地域の内、第1種、第2種低層住居専用地域、第1種、第2種中高層住居専用地域、第1種、第2種住居地域内に調査地点がある場合を1、それ以外を0とする変数
	+	X12	商業地域ダミー	都市計画法に定められた用途地域の内、近隣商業地域、商業地域内に調査地点がある場合を1、それ以外を0とする変数
	-	X13	工業地域ダミー	都市計画法に定められた用途地域の内、準工業地域、工業地域に調査地点がある場合を1、それ以外の場合は0とする変数
集散交通量	+	X14	道路幅員(m)	調査地点における細街路の車道と歩道を合わせた総幅員(数値地図から計測)
	+	X15	接続道路幅員(m)	調査地点における細街路の延長上の両端で交差する道路の幅員(m)。ただし当該道路よりも幅員が大きい場合はその幅員。幅員が小さい場合は交差する全ての道路の幅員を合計したもの(数値地図から計測)
	+	X16	重み付幹線道路交通量(台/12h)	調査地点の道路を囲む2000(m)以内の幹線道路(最大で4本)の交通量を距離の大小順に1~4の重みを付けてその和をとったもの
	-	X17	幹線道路からの距離(m)	幹線道路から細街路の調査地点までの経路上における最小屈折回数での最短経路距離(m)(数値地図から計測)
	+	X18	幹線道路交通量(台/12h)	平成11年度の道路交通センサスによって調査されている12時間交通量
	-	X19	屈折回数(回)	(調査地点から最も近い幹線道路1本を対象として)幹線道路から細街路の調査地点までの経路間で、交差点によって右左折した回数と90度近く屈折した道路を通行した回数(数値地図から読み取り)
通過交通量	+	X20	見通し長(m)	細街路の交通量調査地点から見通しのとれる最大直線道路の長さ(数値地図から計測)
	+	X21	通過交通ダミー	平行する主要道路を単路で結ぶ細街路でかつその細街路と平行な主要道路よりも信号設置数が少ない道路に1、それ以外の道路では0をとる変数
	-	X22	混雑時平均旅行速度(km/h)	(調査地点から最も近い幹線道路1本を対象として)幹線道路の調査区間の延長を、信号や渋滞等による停止時間を含めた調査時間の所要時間で割ったもの
	-	X23	車線数(本)	(調査地点から最も近い幹線道路1本を対象として)幹線道路の往復合計の車線数
	+	X24	混雑度	(調査地点から最も近い幹線道路1本を対象として)幹線道路の調査区間区間の交通容量に対する交通量の比、混雑度=交通量(台/12h)/交通容量(台/12h)
	+	X25	交差点数(個)	(調査地点から最も近い幹線道路1本を対象として)幹線道路上における信号機のある交差点数と無い交差点数の合計

資料：平成9年東京都統計年鑑、平成7年度国勢調査、東京都都市計画図(用途地域編)、平成11年度道路交通センサス、ゼンリンZmap-Town2

のサービス水準低下は幹線道路の混雑に加え、図2の経路Aのように幹線道路に多数の信号がある時にも生ずる。この時、細街路リンクkを走行する経路Bを選択する通過交通量が発生する。

3分類した各交通量を説明するために本研究で検討した要因を表2に示す。

### 3.3.分析データ

対象地域は東京23区内、分析対象とした道路は79道路であり内訳を表3に示す。目的変数として用いる細街路の交通量は小型車の12時間交通量であり、東京都環境局が公開している環境影響評価書から抽出した。

ただし、交通量データは1987年から2001年までと観測年次が混在している。分析対象の細街路には図3に示すように交通量30台から10,000台まで広い範囲を含んでいる。

### 3.4.分析結果

細街路の交通量推計モデルの分析結果を表4に示す。説明変数には各分類交通量を少なくとも1つ含むよう、また説明変数間の相関が高くないように留意し以下の指標を選択した。

X1:沿道人口(人), X9:商業用地構成比率(%),

表3 分析対象  
地区内訳

対象地区	データ数
北区	21
荒川区	20
墨田区	18
港区	9
千代田区	4
中央区	3
渋谷区	3
品川区	1
合計	79

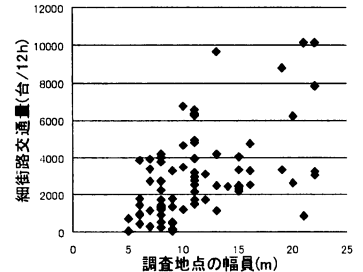


図3 細街路交通量と幅員の関係

X15:接続道路幅員(m), X16:重み付幹線道路交通量(台/12h), X20:見通し長(m), X21:通過交通ダミー  
これらの説明変数を用いて細街路の交通量を回帰した。パラメータの推定方法は最小二乗法を用いた。その結果、推計モデルの修正済み決定係数は、0.814(モデル1), 0.803(モデル2), 0.802(モデル3)と高い値を示しており良好な結果が得られた。しかしながら、モデル1で用いた説明変数の中で沿道の土地利用を表すX9が符号条件を満たしていない。つまり、業務集積地区の細街路交通の特性を商業用地面積の構成

比では表現できない結果となった。一方、 $X_9$ を除いたモデル2では、分類の異なる $X_{16}$ のt値が低くなった事から $X_9$ と $X_{16}$ が多重共線性を引き起こしていた事が明らかになった。この $X_{16}$ は幹線道路から調査地点の細街路まで進入して来る交通量を経路選択の仮定に基づいて考えたものだが、進入してくる量が幹線道路交通量に依存し調査地点の交通集中力を考慮していないためにt値が低くなったと考えられる。また、 $X_9$ と $X_{16}$ を除いたモデル3では、細街路交通量の3分類を示す指標が少なくとも1つは含まれておりt値も有意である。

表4 推計モデルの分析結果

		モデル1	モデル2	モデル3
発生集中 交通量	X1	31.08 (4.54)	39.39 (6.52)	40.54 (6.79)
	X9	-35.87 (-2.35)	— (—)	— (—)
集散 交通量	X15	69.65 (5.11)	51.12 (4.46)	55.61 (5.14)
	X16	4.60E-3 (2.21)	2.16E-3 (1.16)	— (—)
通過 交通量	X20	2.29 (6.27)	2.27 (6.04)	2.28 (6.05)
	X21	2894.32 (4.34)	3233.97 (4.81)	3305.93 (4.93)
定数項		-1068.30 (-2.91)	-1146.19 (-3.04)	-978.25 (-2.80)
修正済み 決定係数		0.814	0.803	0.802
標準誤差		1000.37	1030.90	1033.29

注) ( ) 内: t 値

### 3.5.課題

今回の推計モデルではモデル1から3のいずれも修正済み決定係数は0.8以上と良好な結果が得られており、選定した説明変数を用いて細街路交通量の推計が可能な目処をつけることができた。しかしながら、いずれのモデルにおいても土地利用に起因する業務集積地区での業務車利用を示す事は出来ていない。今後、業務集積地区での業務車利用を表す説明指標の選定、あるいは新たな説明指標の導入を図る必要がある。

また、今回の分析では使用した交通量データの年次とその説明変数に用いた各種のデータの年次が必ずしも一致していないものを用いている。特に、交通量データについては調査年次が混在しておりデータの年次の整合が望まれるが現実的には困難である。そこで、同一地区の交通量の年次変化などを追跡し、その影響度を検討したい。

### 4.まとめ

都市全域などの広域交通流を対象とする自動車の排出量推計に必要な細街路交通量を推計するモデルについて検討した。細街路交通量を発生・集中交通量、集散交通量、および通過交通量から構成されると定義し、東京都区部の細街路の交通調査データを用いて特性分析を行い、沿道人口、商業用地構成比率、接続道路幅員、重み付幹線道路交通量、見通し長、および通過交通ダミーの各説明変数の影響を評価した。その結果、これらの説明変数を用いて細街路交通量の推計が可能なことを確認した。

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] JCAP II パンフレット(財)石油産業活性化センター), <http://www.pecj.or.jp/>
- [2] 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, 1999.10
- [3] 環境庁大気保全局「実走行モードにおける自動車排出ガスの原単位について」
- [4] 竹内伝史, 石黒毅治, 「住区内街路における交通量の推計方法について」, 国際交通安全学会誌 Vol.15, No.1, pp.55-67, 1979
- [5] 山中英生, 「地区内交通計画における交通量予測」, 土木学会関西支部講習会テキスト「地区交通計画」, pp.27-34, 1989
- [6] 西隆太, 鹿島茂: 細街路の交通量推計法の開発, 中央大学大学院修士論文, 2002