

走行動態記録に基づく自動車からの 環境負荷量推計モデルの開発

横田 久司 鹿島 茂* 國領 和夫** 田原 茂樹***

(*中央大学理工学部、**(株)現代企画社、***現廃棄物対策部)

要 旨

自動車からの環境負荷量 (NO_x、CO、燃費等) の推計方法として、平均車速を指標とする従来の方法と比較して、時間分解能および空間分解能の高い排出量推計モデルを開発した。モデル作成の概要を以下に示す。

- ① 走行の単位として、時間的移動を表す一つのアイドリング区間および空間的移動を表す一つの走行区間 (発進から停止まで) の一対をトリップセグメントとして定義した。
- ② シャシーダイナモメータによる自動車排出ガス測定結果を用いて、トリップセグメント単位でアイドリング、加速、定速、減速のモード別に走行特性値 (速度、加速度等)、環境負荷量 (EI) を求めた。これらの値について回帰分析を行い、車両毎に環境負荷量を回帰式で表した。

$$EI = C \times f \text{ (走行特性値)} \quad C: \text{回帰係数}$$

- ③ 車両固有の係数を車両の諸元値で一般化し、車速データから環境負荷量を推計する汎用モデルを作成した。

$$EI = \alpha \text{ (車両諸元値)} \beta \times f \text{ (走行特性値)}$$

α, β : 回帰係数、車両諸元値: 車両重量、総排気量

このモデルの特徴は、走行距離では数メートルから数百メートル、走行時間では数秒から数百秒の広い範囲で環境負荷量を推計できること、デジタルタコメータ等の走行動態記録から自動車排出ガスの環境負荷量を、シャシーダイナモメータを用いずに、間接的な手法で推計できることである。特に、加速度等の走行特性に基づく推計方法であるため、運転者の運転方法の違いを明確に反映できるモデルになっている。

キーワード: トリップセグメント、環境負荷量、推計モデル、自動車排出ガス、走行動態

Development of an estimation model of environmental impact from automobiles based on actual driving condition record.

YOKOTA Hisashi, KASHIMA Shigeru*, KOKURYO Kazuo**,

TAHARA Shigeki***

*Faculty of Science and Engineering, Chuo University

**Gendaikikakusha Co., LTD.

***Environmental Protection Bureau of Tokyo Metropolitan Government

Summary

We developed an estimation model for the environmental impact from automobiles that has high resolution in terms of time and space. The scheme of model framing is shown below.

- (1) As a unit of running, the pair of the idling section showing time transfer and the running sec-

tion (section from start to a stop) showing spatial transfer was defined as a trip segment.

- (2) In each mode (idling, acceleration, cruising, and deceleration) in a trip segment unit, running characteristic values (velocity, acceleration, etc.) and the amount of environmental impacts (EI) was calculated. Regression analysis was applied to these values and EI was expressed with the following formula for each vehicle.

$$EI = C \times f(\text{running characteristic values}) \quad C: \text{parameter peculiar to vehicles}$$

- (3) The parameter C was generalized with the item value of vehicles, and a general-purpose model that estimates EI from vehicle speed data was created.

$$EI = \alpha (\text{item value of vehicles})^\beta \times f(\text{running characteristic values})$$

α, β : regression coefficient, item value of vehicles : weight of vehicle, displacement

The defining feature of this model is its ability to estimate the amount of environmental impact from an automobile by indirect technique using the running recording of a digital tachometer, etc., without using a chassis dynamometer. Because the estimation method is based on running characteristics such as acceleration, the model can clearly reflect the difference in each driver's operating method.

Key Words : trip segment, environmental impact, estimation model, automotive exhaust, actual driving condition

1 はじめに

地域における自動車からの排出ガス排出量を推定する場合、従来から、次のようないわゆる「平均車速モデル」が使われている。すなわち、各都市における走行調査から代表的な実走行モードを複数個抽出し、シャーシダイナモメータ（以下、「C/D」という。）において試験車による排出ガス測定を行って排出原単位を得る。この結果を平均車速を変数とする関数形で表したものを排出係数（通常、g/kmまたは、g/トン・kmが使用されている。）とし、これに活動量として走行量（台・km）を乗じて排出量を推計する方法¹⁾である。ここで用いられている代表走行モードについては、我が国では芳住ら²⁾が最初に提案した平均車速別の東京都実走行パターンがあり、以降、同様な手法で他の自治体等により独自の走行モードが作成されている。

平均車速モデルにより得られた排出係数に走行量を乗じて得られる排出量は、都道府県レベル以上のエリアの総排出量あるいは国レベルの温室効果ガスインベントリーとしてのマクロ的な排出量推計には現在でも十分精度の高い方法として有用であると考えられる。

これに対し、近年、交差点等の狭い地域をHot Spotとよび、これらの地域の大气汚染の改善が進まないところから、局地的な地域における道路環境対策を進めるために、より推計精度の高い、時間分解能の

高い排出量手法が検討されている^{3)~8)}。これは、平均車速モデルでは長距離における平均的な排出量として算出されるが、車速変化の大きいHot Spotにおける推計値としては正しいものを得ることができないためである。

排出量推計モデルは他方面でも必要とされている。現在、東京都等いくつかの自治体は、大規模な事業所に対し、低公害車の導入実績や走行距離、燃料消費量を記載した「自動車管理計画」の提出を義務づけている。この制度では、届け出た計画書に基づいて必要な措置を行うこととしているが、事業者が行う措置の中心は最新規制車への代替や低公害車の導入にあるため、台数としては多数を占める使用過程車についての取り組みに欠けるところがある。そして、この使用過程車については、指導が及ばないことも課題としてあげられている。特に、この計画書の中で事業所ごとの排出量を算出する場合には、平均車速モデルが使われることが多い。この方法では、排出量の感度は鈍く、走り方の差や事業者の工夫が反映される余地がないため、事業者が排出量を減らすというモチベーションを高めることができない。これらの問題点を解決するには、事業者自らが簡便に排出量を管理でき、しかも走り方などを反映した排出量を監視することができるツールが必要である。

本研究では、平均車速モデルに比較して時間分解能及び空間分解能の高い排出量推計モデルの構築をめざした。これには、自動車の運転方法や道路条件、交通条件を反映できるモデルを作成することが必要である。

具体的には、次のことを目標に研究を行った。

① C/Dによる実車の測定を必要としないモデル

走行時の速度データの処理を行うだけで環境負荷量の推計が可能なモデル構築、近年開発が進んでいる車載型の排出ガス計測機器も必要としない方法を目指す。

② 自主管理に使用できるモデル

自動車ユーザーが簡易に排出量の監視ができるツールとしての「大気汚染メータ」の開発を目指す。

なお、推計の対象にNOx、CO等の汚染物質排出量の他に燃料消費量も含めることとし、本論文ではこれらを一括して環境負荷量と呼ぶ。

2 トリップセグメントモデルの構築

(1) モデルの概要

本研究では、走行の単位としてトリップセグメントという概念を定義し、トリップセグメントに基づく排出量推計モデルの構築とその実証について報告する⁹⁾。トリップセグメントとは、時間的移動を表す一つのアイドリング区間及び空間的移動を表す一つの走行区間（発進から停止まで）の一对の組を表す。従来は走行部分のみを対象として、ショートトリップとして呼ばれる場合もあったが、本研究では、改めて一对の組を「トリップセグメント」と呼ぶこととする（図1）。

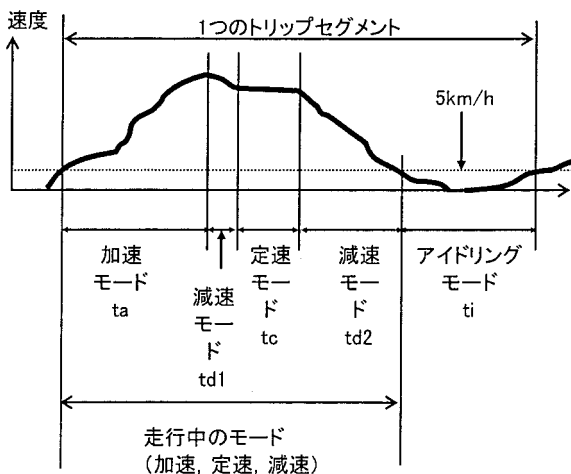


図1 トリップセグメントとその走行モードの分類

トリップセグメントを、横田ら⁹⁾のモード区分の定義（表1）を使用して、アイドリング、加速、低速、減速の走行モードに区分した。

表1 走行モードの定義

モード	定義
アイドリング	[速度 ≤ 5 km/h]
加速	[速度 > 5km/h] かつ [加速度 > +0.5km/h/s]
定速	[速度 > 5km/h] かつ [加速度 ≤ 0.5km/h/s]
減速	[速度 > 5km/h] かつ [加速度 < -0.5km/h/s]

上記の区分により、走行モード内での平均加速度等の走行特性を算出し、対応する環境負荷量との関係を解析した。これらの結果から、トリップセグメントの走行特性を考慮した環境負荷量推計式を提案する。以下、この方法をトリップセグメントモデルとよぶ。

(2) 走行データのトリップセグメント単位への区分

図1に示した方法で、トリップセグメントの抽出とその走行モードへの区分を行った。速度5 km/h以下では、エンジンの出力が実質的にゼロに近いため、アイドリングとした。実際のトリップセグメントには、走行中の3つのモードは複数個含まれている場合が多い。

(3) 推計式に用いる変数の選択

各モードの環境負荷量を表す説明変数は、変数間の相関解析等を行い、適切と考えられるものを選択した。最終的に用いた変数の定義は以下のとおりである。

① t_i : i トリップセグメント内で各モードが占める合計時間

② a_i : i トリップセグメント内の平均加速度

③ v_i : i トリップセグメント内の平均速度

(4) 実走行データによる環境負荷量との関係解析

前項で選択した変数と環境負荷量の回帰分析を行った。モデルの推計には、2002年6月9～20日にかけて実施した、7トン車による実走行調査のNOx排出量データを用いた。実走行実験の概要は表2のとおりである。

表2 実走行調査の概要

データ名	物流事業者実走行調査
計測機器	簡易型NOx計 (HIT-700:(株)堀場製作所)
計測日時	2002年6月9日~20日
計測場所	所沢集積所から都内各地域
使用車種	7tクラスのディーゼル車
被験者数	1名(特定ドライバー)
トリップ数	168
トリップ セグメント数	2,856
計測スパン	0.5秒間隔
計測項目	速度, 加速度, 燃料消費量, NOx排出量

トリップ数は168であり、これを2,856のトリップセグメントに分割した。その結果、当てはまりの良かった(決定係数がより大きいこと)回帰式は、各モードについて以下のとおりであった。

アイドリングモード $q_1 = c_1 t$ (1)

加速モード $q_2 = c_2 a v t$ (2)

定速モード $q_3 = c_3 v t$ (3)

減速モード $q_4 = c_4 v t$ (4)

ただし、 q_j : jモードの排出量 (g)、 a : 加速度 (km/h/s)、 v : 速度 (km/h)、 t : モード合計時間 (s)、 c_j : 回帰係数

(5) トリップセグメント単位での排出量推計式

トリップセグメント合計でのNOx排出量推計値($\sum q_i$)を算出し、トリップセグメント単位での実測値の比較をした(図2)。この推計式の重決定係数は、0.88という高い値が得られた。

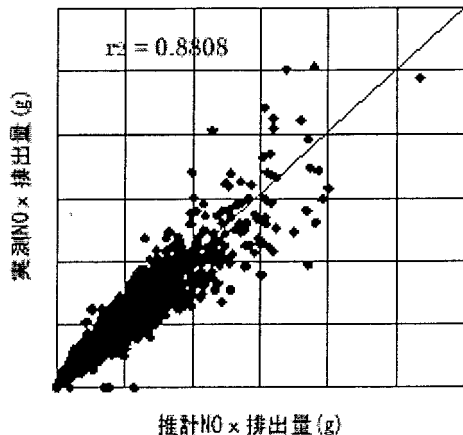


図2 トリップセグメント単位での実測値と推計値の比較

3 C/Dデータによるトリップセグメントモデルの汎用化

前章では、1台の試験車による走行データをトリップセグメント単位に分割し、その単位ごとにNOx排出量を精度良く推計できることを示した。続いて、多数の車両へのトリップセグメントモデルの適用可能性について検討した結果について述べる。

(1) 実走行モードデータの概要

このモデル開発では、東京都環境科学研究所が保有している大型C/Dにおける東京都実走行パターンによる自動車排出ガス測定結果ファイルを使用した。実験結果は、車両毎に1秒間隔で車速及び排出ガスの排出量が保存されている。通常、排出ガスとしてNOx、CO、THC、CO₂等が測定されているが、PMについては、連続測定が可能な分析計は装備されていない。

なお、東京都実走行パターンの平均車速は4.6~53.3km/hの範囲にあり、それぞれのパターンに対するトリップセグメント数は1~22であった(表3)。また、No.11、12の高速道路走行を除く1セグメント当たりの走行距離は4~5,100m、走行時間は3~391秒である。

本稿では、排出寄与の大きい大型ディーゼル車を対象とし、短期規制(平成6年規制)適合車19台、長期規制(平成10、11年規制)適合車14台の実走行モードによるデータファイルを使用した。また、通常の実験時の等価慣性重量は、1/2積載で行われている。車両諸元を表4に示す。

(2) 車両毎の基本モデルの作成

各車両について、実走行パターン毎に以下の処理を行った。まず、車速を表1にしたがい、1秒単位で4モードに区分する。区分したトリップセグメント毎に、2(3)で示した走行特性値 t_i 、 a_i 、 v_i から式(1)~(4)の指標を計算した。同様に、環境負荷量についてもモード別の集計値を求めた。

各車両別に回帰分析を行ったが、ここでは、短期規制適合車S-5によるNOx排出量の例を図3に示した。決定係数は0.94~1と非常に高い値が得られている。基本モデルでは、各モードの回帰式(1)~(4)の勾配 c_i が車両毎に異なることを確認した。

表3 東京都実走行パターンの概要

パターン 番号	試験 時間 (sec)	平均 車速 (km/h)	走行 距離 (km)	トリップ セグメント の数 (/test)
No. 1	1,018	4.6	1.3	17
No. 2	878	8.4	2.1	15
No. 3	1,203	11.7	3.9	22
No. 4	1,504	14.7	6.2	21
No. 5	1,178	17.9	5.9	17
No. 6	1,178	20.5	6.7	13
No. 7	1,301	23.7	8.6	16
No. 8	1,178	28.5	9.3	10
No. 9	1,081	34.7	10.4	9
No. 10	1,178	44.2	14.5	6
NO.11	779	19.9	4.3	11
NO.12	927	53.3	13.7	1
Sum				158

表4 解析対象車両の諸元

No.	車両 ID	車両 型式	総排 気量 (Litres)	等価慣性 重量 (kg)	車両 総重量 (kg)
S-1	MWG	KC-WGEAT	4.0	3,220	4,275
S-2	TFB5	KC-FB5BEAT	4.1	5,085	6,515
S-3	MCA	KC-FE537BKAI	4.2	3,760	4,815
S-4	NMK	KC-MK211KH	6.9	6,220	7,975
S-5	HJC	KC-FD2JJBA改	8.0	7,975	7,975
S-6	MFK	KC-FK629KY	8.2	8,030	10,585
S-7	IFRR	KC-FRR33K4	8.2	5,990	7,990
S-8	HMU	KC-HT2MLCA	9.9	11,540	13,630
S-9	MFU	KC-FU517TX	11.9	15,380	19,930
S-10	M6D	KC-FS410TZ	12.0	21,125	24,910
S-11	ICY	KC-CYL50V2W	12.1	17,900	25,000
S-12	NPF	KC-CD45AVN	12.5	15,330	19,980
S-13	NCD	KC-CD45CWH	12.5	17,740	24,940
S-14	HFV	KC-FW1KVCA	12.9	15,180	19,980
S-15	TFR	KC-FR1KZDA	12.9	17,990	24,990
S-16	MSF	KC-FS519VZ	17.7	17,850	24,950
S-17	AWX	KC-CG53AWX	18.0	15,030	19,930
S-18	DRA	KC-RA531RBM	18.0	14,150	15,580
S-19	HFC	KC-FW3FZDA	19.7	18,080	24,930
L-1	KKF	KK-FE51CBT	4.2	3,210	4,265
L-2	KAK	KK-AKR66LAV	4.3	4,400	5,455
L-3	KKN	KK-NKR71EA	4.6	3,370	4,425
L-4	KKX	KK-XZU411M	4.9	4,670	5,725
L-5	KFE	KK-FE53EEV	5.2	4,930	6,485
L-6	FEB	KK-FE70EB	5.2	3,690	4,745
L-7	KFJ	KK-FC3JJEAA	6.6	6,345	7,970
L-8	KKM	KK-MK25A	6.9	5,990	7,990
L-9	KFE	KK-FRD35L4	7.2	6,540	7,990
L-10	KFD	KK-FD1JLDA	8.0	6,515	7,990
L-11	KLF	KL-FU54JUJ	12.9	18,090	24,990
L-12	KLF	KL-FW1KXHA	12.9	18,130	24,930
L-13	KLC	KL-CD48ZVH	13.1	17,680	24,930
L-14	KCY	KL-CYL51V3W	14.3	17,940	24,990

注) 車両S1-S19は、短期規制適合車、車両(L1-L14)は長期規制適合車

(3) 車両諸元値と基本モデル回帰係数の関係分析

基本モデルの回帰係数 c_i を車両の諸元値で表すことを検討した。指標として、アイドリング及び減速モードの場合には、車両のエンジン負荷状態にかかわらず排出量が決定される要素が大きいことから総排気量を選択した。

加速及び定速モードの場合には、エンジン負荷状態が排出量を変化させる要素が大きいため、等価慣性重量を選択した。これは、モデルの実用化に当たって、積載重量を含めた走行時の車両の実重量を指標とするためでもある。また、車両総重量の大きい車両の方がエンジンの余裕駆動力が大きく、そのため車両総重量の大きいほど仕事量当たりの排出量、燃費率が少なくなっている¹¹⁾ため、回帰式はべき乗式を使用した。

モード毎に車両諸元値と回帰係数 c_i の回帰分析を行った結果を図4に示す。図には、短期規制適合車19台について、NOx排出量の例を示した。図中の記号は、車両IDを示す。この結果、決定係数は減速モードを除いて、NOx排出量では0.80（アイドリングモード）～0.97（加速モード）と高くなっている。減速モードについては、0.39と低く、減速時の燃料カットの状況等が影響しているものと考えられる。しかし、減速モードの寄与率は相対的に小さいため、実用的には推計値に大きな影響はないと予想される。

この結果、以下のように各モードの回帰係数推計式

を表すことができる。

$$\text{アイドリングモード } c_1 = \alpha_1 V^{\beta_1} \quad (5)$$

$$\text{加速モード } c_2 = \alpha_2 W^{\beta_2} \quad (6)$$

$$\text{定速モード } c_3 = \alpha_3 W^{\beta_3} \quad (7)$$

$$\text{減速モード } c_4 = \alpha_4 V^{\beta_4} \quad (8)$$

ただし、V：総排気量 (cc)、W：等価慣性重量 (kg)、 α_i 、 β_i ：回帰係数

なお、車両 (S-3) について、積載量を空積、1/2積載、2/2積載、3/2積載に変化させたときのデータについても、ほぼ回帰曲線上に乗って変化しており、指標として等価慣性重量を選択することの妥当性を確認している。

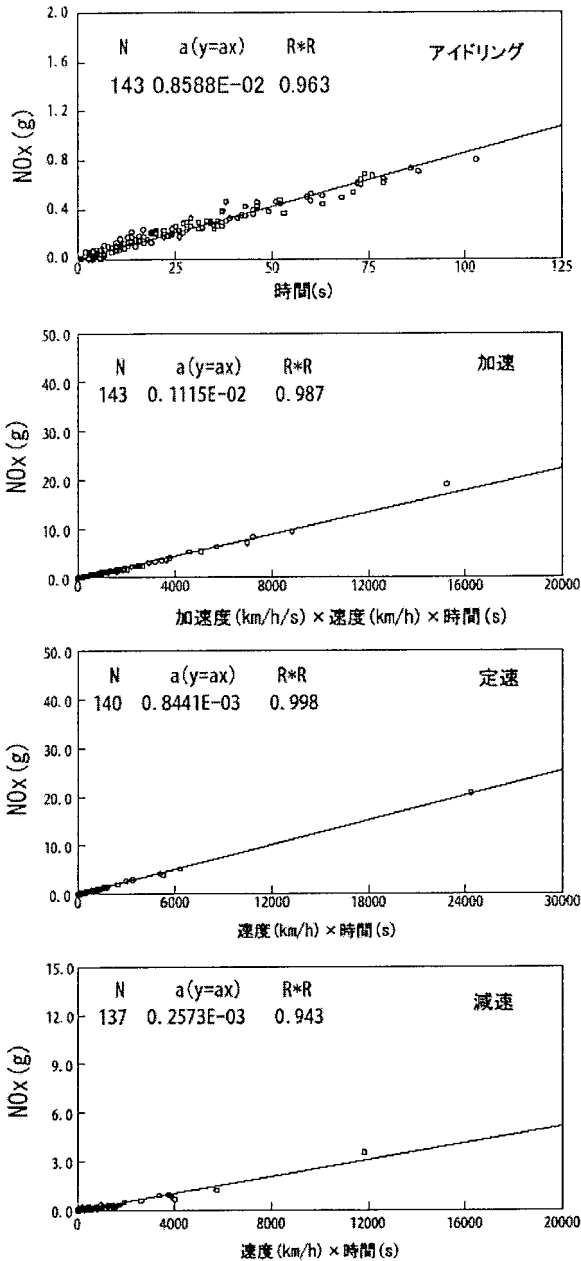
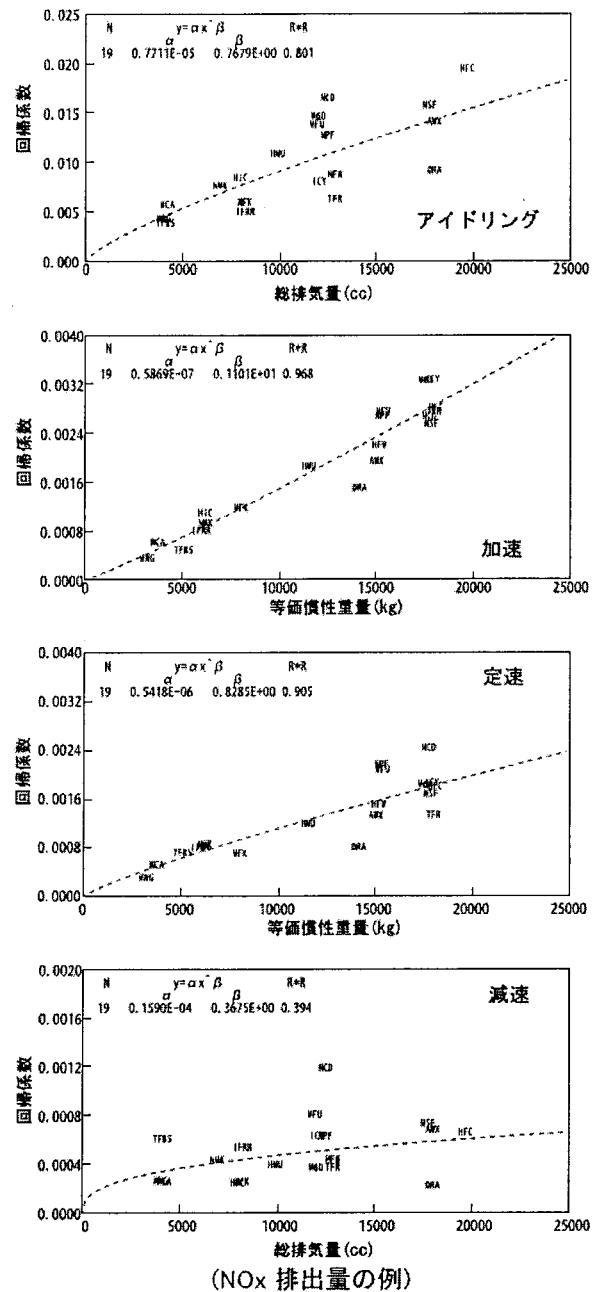


図3 短期規制適合車S-5によるNOx排出量の回帰分析



(NOx 排出量の例)

図4 車両諸元値と回帰係数の回帰分析

(4) 汎用モデル式の作成

(1)~(4)式と(5)~(8)式を合成し、下記の汎用モデルを得た。なお、汎用化に当たって、C/Dでの実験時の車両重量 (1/2 積載の等価慣性重量) を車両実重量に置き換えている。

アイドリングモード $E_1 = \alpha_1 V^{\beta_1} t$ (9)

加速モード $E_2 = \alpha_2 W^{\beta_2} a v t$ (10)

定速モード $E_3 = \alpha_3 W^{\beta_3} v t$ (11)

減速モード $E_4 = \alpha_4 V^{\beta_4} v t$ (12)

トリップセグメント合計 $E_{1s} = \sum E_i$ (13)

ただし、 E_i : 各モードのトリップセグメントの環境

負荷量 (g)、 E_{ts} : トリップセグメント合計環境負荷量 (g)、 α_i 、 β_i : 回帰係数、 V : 総排気量 (cc)、 W : 車両実重量 (kg)

規制年次及び排出ガス別に、汎用モデルの回帰式を一覧表にして表5に示した。長期規制適合車のNOx以外の項目については別途報告予定である。なお、この設定係数については、最終的な確定値をホームページ等により公開する予定である。

4 汎用モデルの検証

前項において作成した汎用モデルについて、実走行

(短期規制車用)

表5 汎用モデルの回帰係数

項目	モード							
	アイドリング		加速		定速		減速	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Fuel consumption	5.4770E-05	9.3662E-01	9.8658E-06	9.4101E-01	1.1159E-04	6.4549E-01	1.0418E-03	3.1553E-01
NOx	7.7112E-06	7.6794E-01	5.8685E-08	1.1012E+00	5.4177E-07	8.2851E-01	1.5898E-05	3.6748E-01
CO ₂	1.6018E-04	9.4291E-01	3.0423E-05	9.4291E-01	3.3724E-04	6.4920E-01	2.6197E-03	3.3745E-01
CO	8.3512E-05	4.3564E-01	1.6557E-07	8.6559E-01	4.7856E-05	2.3202E-01	1.1527E-03	-1.7548E-01

(長期規制車用)

項目	モード							
	アイドリング		加速		定速		減速	
	α	β	α	β	α	β	α	β
NOx	5.9984E-07	1.0434E+00	5.1222E-08	1.1246E+00	9.2893E-08	1.0270E+00	4.8274E-07	7.5717E-01

調査による検証結果を示す。なお、C/Dにおける短期規制適合車両の全データについての実測結果と比較し、良好な相関を確認している¹²⁾が本稿では省略する。

車載型計測装置を搭載した積載量2トン車（車両型式KC-NKR66EAV、排気量4,334cc）による実走行調査¹³⁾、同4トン車（車両型式KC-FRR33D3、排気量8,220cc）による実走行調査¹⁴⁾の2台の実走行調査のデータを用いて汎用モデルの検証を行った。これらはモデル作成に用いていない独立したデータである。

2トン車は、車載型計測装置OBS-1000（MEXA-1170HNDIR、MEXA-720NOx（NOx、A/F分析計）を装備、㈱堀場製作所）を搭載している。試験車両の走行は、東京都内の一般道、高速道路、茨城県つくば市の一般道の3コースで行った。4トン車の走行は、川崎市池上新町交差点周辺で行った。

実証結果は東京、及び川崎の燃料消費量とつくばのNOx排出量に関して、トリップセグメント合計値の比較を図5に示した。いずれのコースにおいても、実測値と推計値の相関は非常に高い値が得られているが、つくばコースの場合には推計値がやや高めている。これは、車載型NOx計の感度変化が影響している可能性もある。モード別に見ると、減速モードの相関係数が0.81から0.85程度に低い場合があり、前述した減速時の燃料カットの影響等がでていると考

えられた。今後は、車載型計測装置を装着した多数の車両による走行データによって検証を行い、モデルの有効範囲を拡げることが必要である。

5 まとめ

自動車からの環境負荷量を推計するため、走行の1単位としてのトリップセグメントを定義し、東京都が保有するC/Dデータを基礎データとしてモデル開発を行った。従来の平均車速を指標とする方法に比較して、時間分解能及び空間分解能の高い排出量推計モデルを開発することができた。

トリップセグメントモデルの特徴及び課題は以下のとおりである。

(1) 特徴

- ・デジタルタコメータ等の走行動態記録から自動車からの環境負荷量を、シャシーダイナモメータを用いずに、間接的な手法で推計できること
- ・トリップセグメント単位のモデルであるため、走行距離では数メートルから数百メートル、走行時間では数秒から数百秒の広い範囲で環境負荷量を推計できること
- ・運転者の運転方法の違いを明確に反映できるモデルになっていること
- ・加速度等の走行特性に基づく推計方法であるため、交差点周辺等の加減速度の大きい局地的な地域にお

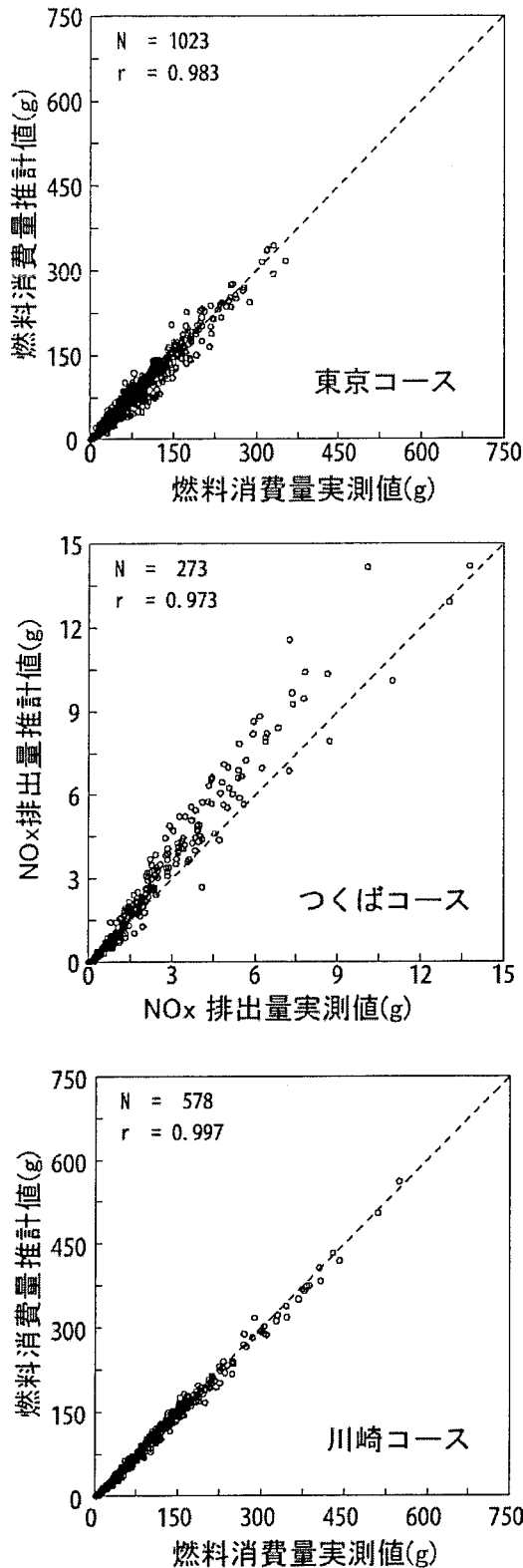


図5 汎用モデルの実証結果（東京、つくば、川崎における実走行調査）

いて精度の高い推計が可能であること

(2) 課題

- ・車載型計測機器を搭載した車両による実走行データに基づき、多数の車両による検証を行う必要がある。

- ・東京都実走行パターンに基づくモデルであるため、都内と異なる地域における走行特性をもつ場合（平均車速が高い地域等）には適用性が未知であること
- ・PMについては、C/Dにおける連続分析計が実用化されていないため、汎用モデル開発が出来なかったこと

トリップセグメントモデルは、事業者自らが管理を簡便にでき、しかも走り方などを反映した排出量を監視することができるツールとして活用が可能である。今後は、トリップセグメントモデルとGPSを用いた運行管理システムとの一体化や、乗用車を含む多様な車種へのトリップセグメントモデルの応用実証について検討を進める予定である。さらに、本モデルを用いた環境負荷の低減に係わる行政施策への支援・活用策についても検討を行っていく予定である。

本研究は、環境省平成13～15年度環境技術開発等推進費（実用化研究課題）「車載型機器による実走行時自動車排ガス計測・管理システムの実証」（研究課題代表者：独立行政法人国立環境研究所森口祐一）において実施したものである。

引用文献

- 1) (財)計量計画研究所（平成13年度東京都環境局委託）、東京都内自動車走行量及び自動車排出ガス量算出調査報告書（2001）
- 2) 芳住邦雄・井上浩一・阿部幸・渡辺武春・飯田靖雄・鈴木正次・梅原秀夫・石黒辰吉・中村健・田中豊・小林義胤・池田健二：東京都内走行パターンの解析（自動車排出ガスに関する調査研究、東京都公害研究所、東京）、pp.1-27. (1977)
- 3) 矢島岳幸・古屋秀樹：車両挙動を考慮した自動車排出ガス総量の算出手法に関する研究、第27回土木学会関東支部技術研究発表会講演要旨集第4部門、pp.662-663. (2001)
- 4) 林誠司・平井洋：JCAPIⅡ排出量推計モデルの開発、自動車研究、25、495-498. (2003)
- 5) 平島浩一郎・古屋秀樹・川嶋弘尚：道路勾配を考慮した自動車排出ガス量算出手法と車両巡回計画問題、土木計画学研究・講演集、No.24(2)、221-224. (2001)
- 6) 古屋秀樹・金山直司・岡本直久・石田東生：交差

- 点における排出ガス量推計のための車両挙動特性分析、土木計画学研究・論文集、No.19 (1)、831-838. (2002)
- 7) 金山直司・古屋秀樹・岡本直久・石田東生：交差点における自動車排出ガス量推計手法の開発、土木計画学研究・講演集、No.24 (2)、225-228. (2001)
- 8) ONEYAMA, H., T. OGUCHI and M. KUWARA : Estimation Model of Vehicle Emission Considering Variation of Running Speed, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.Vol.4, No.5, 105-118. (2001)
- 9) 鹿島茂・横田久司・国領和夫：自動車の走行モードを明示的に考慮した排出量推計モデルの開発 — トリップセグメントモデルの提案 — (大気環境学会誌投稿中) .
- 10) 横田久司・中村健・福岡三郎・舟島正直：車載計測システムによるディーゼル・トラックからのNOx排出特性の把握 (幹線道路走行時)、大気汚染学会誌、24 (4)、276-286. (1989)
- 11) 横田久司・福岡三郎・竹永裕二・坂西丕昌：平成元年規制適合大型ディーゼル車の汚染物質排出実態について、東京都環境科学研究所年報1995、168-175. (1995)
- 12) 横田久司、鹿島茂、国領和夫、田原茂樹：走行動態記録に基づく自動車からの環境負荷量推計モデルの開発 (トリップセグメントモデルの汎用化)、(大気環境学会誌投稿中) .
- 13) 「車載型機器による実走行時自動車排ガス計測・管理システムの実証」(環境省平成13~15年度環境技術開発等推進費 (実用化研究課題) 研究課題代表者：独立行政法人国立環境研究所森口祐一) (2001~2003) .
- 14) 川崎市：自動車交通対策検討調査報告書 (平成14年3月) . (2002)