

&lt;報 文&gt;

# 自動車の NOx 排出モデルおよび排出量予測\*

藤 掛 敏 夫\*\*・ 鈴 木 正 明\*\*

## キーワード

①自動車 ②NOx ③N<sub>2</sub>O ④排出係数 ⑤排出量予測

## 要 旨

車両の走行を入力とし NOx 排出濃度を出力とする自動車の NOx 排出モデルを作成し、排出量の予測を試みた。併せて、モデル化して扱う利点を生かし、NOx 排出モデルに N<sub>2</sub>O に関する排出モデルを付加することで、N<sub>2</sub>O の排出濃度予測も可能になることを示した。これらの予測結果をシャシダイナモメータを使用した走行試験結果と比較したところ、実測排出特性を近似できた。加えて、本手法の出力として得られる NOx 時刻歴排出濃度に関して、交差点近傍での NOx 高濃度排出地域の範囲推定、沿道拡散予測への入力等、2, 3 の使用例を示した。

## 1. はじめに

本報告は自動車から排出される NOx および N<sub>2</sub>O について、自動車の走行に応じた排出係数の一推定方法を提案している。NOx 排出係数は NOx 排出量の推定に使用され、たとえば、市街地域での自動車からの NOx 排出量は、10・15モードあるいは M15モード等の排出係数を用いて算出されている。しかし、走行に対応した排出量が推定できれば、モードから外れた走行はもちろん、交差点近傍など、局所的な地域での排出量推定も可能になる。

任意走行に適用し得る手法として足立<sup>1)</sup>らは、走行時間内の平均走行速度、加減速の時間率等を勘案した排出量の推定手法を提案しているが、NOx 排出量を時間の関数(時刻歴)として求める、という概念は存在しない。したがって、得られる推定値は、その活用範囲が限定されること、短時間に異なる加速度、減速度での走行を繰り返

す交差点付近への適用は推定誤差が増加すること等、推定手法に起因する制約を受ける。

そこで、本研究は NOx 発生要素、NOx 処理要素などから構成される自動車の NOx 排出モデルを作成<sup>2,3)</sup>し、NOx 排出量に比例する CVS (定容量採取装置)濃度の時刻歴推定結果から NOx 排出係数を算定した。ついで、NOx 排出モデルに N<sub>2</sub>O 発生モデルを付加することで、NOx 排出濃度予測と同様に N<sub>2</sub>O の排出濃度予測が可能になることを示した。また、時刻歴濃度予測結果に関する 2, 3 の活用例を付録に示した。

## 2. 走行試験

自動車の走行を入力、NOx 排出濃度を出力と見なせば、システム的な観点から自動車の NOx 排出特性が扱える。そこで、シャシダイナモメータを用いた停止時から 60km/h 程度までの発進走行試験(以後、走行試験)を行い、そのときの NOx

\* Model of Motor Vehicle NOx Emission and the Application of the Model to NOx Emission Estimation

\*\*Toshio FUJIKAKE, Masaaki SUZUKI (神奈川県環境科学センター) Kanagawa Environmental Research Center

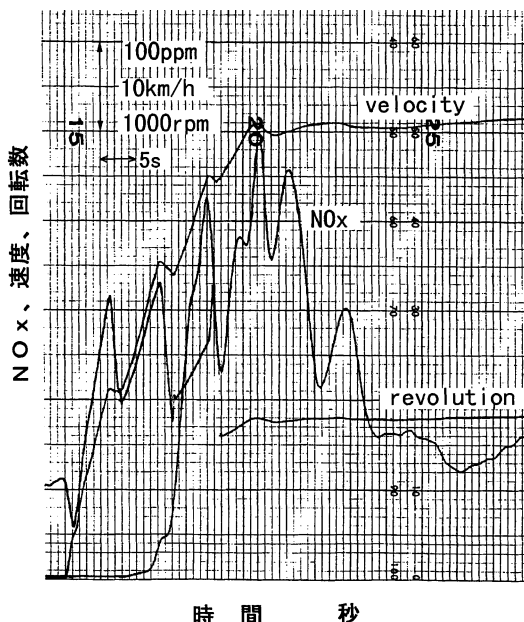


図1 停止時からの走行試験

排出濃度特性の考察から、NOx 排出モデルの構築を試みることにした。なお、60km/h という速度はモデル構築のための特別な値ではない。

図1に走行試験結果の一例を示す。試験に用いた車は2000cc、車両重量1370kg、4速の手動変速、EGR装着のガソリン車である。図1から、NOxのCVS濃度(CVSでサンプリングされた排ガスを化学発光法で分析した濃度、以後単に排出濃度)はエンジン回転数にほぼ対応した変化を示すこと、定速走行ではNOx排出濃度が減少すること等が示されている。また、加速時のエンジン回転数は直線的な変化をすること、エンジン回転数の立ち上がりに対するNOx排出濃度の立ち上が

りは緩やかであること等も示されている。以上の事柄を勘案して、NOx 排出モデルを構築する。

### 3. NOx 排出モデル

#### 3.1 NOx 排出モデルの構築

図2にNOx 排出モデルを示す。モデルはNOx 発生系、NOx 処理系、CVS装置および分析系から構成されている。CVS装置および分析系(以後、CVS分析系と記述)は自動車には含まれないが、われわれが観測できるNOx 排出濃度の時刻歴はCVS分析系を通過し、ペン書きレコーダに記録された時刻歴なので、CVS分析系を加えた。各要素は一次遅れ系とし、NOx 発生系への入力変数は各ギア位置のエンジン回転数、NOx 処理系への入力変数はNOx 発生系の出力とした。したがって、テールパイプからのNOx 排出濃度は、NOx 発生系の出力からNOx 処理系の出力を差し引いた特性で与えられる。

アイドリング時のNOx 排出濃度は加速走行時より十分小さく一定値と見なせるので、当面0とおけば、テールパイプからのNOx 排出濃度は式(1)で与えられる。

$$NOx_i(s) = G_1(s)\{1 - G_2(s) \exp(-T_L s)\} R_i(s) \tag{1}$$

$R_i(s)$ は入力のラプラス変換を示し、式(2)で与えられる。

$$R_i(s) = R_{ki}/s^2 - R_{hi}/s^2 \exp(-\tau_i s) + R_{di}/s \tag{2}$$

式(1)をラプラス逆変換して式(3)を得る。

$$NOx_i(t) = N1_i(t) - N2_i(t) \tag{3}$$

ここで、

$$N1_i(t) = R_{ki} A_i [1/\alpha_i^2 \{ \exp(-\alpha_i t) + \alpha_i t - 1 \} - u(t - \tau_i) / \alpha_i^2 \{ \exp(-\alpha_i (t - \tau_i))$$

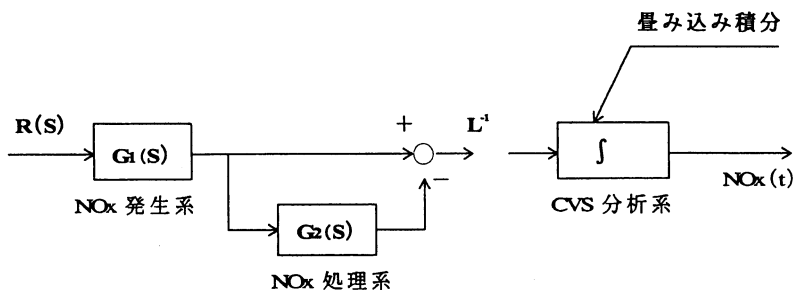


図2 自動車のNOx 排出モデル、 $G_1(s)$  ; NOx 発生系の伝達関数、 $G_2(s)$  ; NOx 処理系の伝達関数、 $R(s)$  ; 入力のラプラス変換、 $L^{-1}$  ; ラプラス逆変換

$$+ a_1(t - \tau_i) - 1] + R_{di} A_i / \alpha_1 \quad (4)$$

$$N2_i(t) = R_{ki} A_i B / (\alpha_1^2 \alpha_2^2) u(\eta_1) \left\{ \alpha_1^2 \exp(-a_2 \eta_1) - \alpha_2^2 \exp(-a_1 \eta_1) \right\} / (\alpha_1 - \alpha_2) + a_1 a_2 \eta_1 - \alpha_1 - \alpha_2 - R_{ki} A_i B / (\alpha_1^2 \alpha_2^2) u(\eta_2) \left\{ \alpha_1^2 \exp(-a_2 \eta_2) - \alpha_2^2 \exp(-a_1 \eta_2) \right\} / (\alpha_1 - \alpha_2) + a_1 a_2 \eta_2 - \alpha_1 - \alpha_2 + R_{di} A_i B u(\eta_1) \{ 1 / \alpha_1 a_2 + (a_2 \exp(-a_1 \eta_1) - a_1 \exp(-a_2 \eta_1)) / (\alpha_1 a_2 (\alpha_1 - \alpha_2)) \} \quad (5)$$

$$a_1 = 1/T_1, \quad a_2 = 1/T_2, \quad 0 \leq t \leq t_i, \quad \tau_i \leq t_i, \quad \eta_1 = t - T_L, \quad \eta_2 = t - T_L - \tau_i$$

$G_1(S)$ ; NOx 発生系の伝達関数,  $G_2(S)$ ; NOx 処理系の伝達関数,  $t_i$ ; 各ギア位置での走行時間 (下付添え字  $i$  はギア位置),  $\tau_i$ ; 各ギア位置での加速時間,  $R_{ki}$ ; エンジン回転数を一次関数で近似したときの直線の傾き,  $R_{di}$  = (加速開始時のエンジン回転数) - (アイドリング時のエンジン回転数),  $A_i$ ; NOx 発生系の係数,  $B$ ; NOx 処理系の係数,  $u(t)$ ; 単位ステップ関数,  $T_1$ ; NOx 発生系の時定数,  $T_2$ ; NOx 処理系の時定数,  $T_L$ ; NOx 処理系が作用するまでの無駄時間を示す。

ギアシフト間の NOx 排出濃度応答は式(6)で与えられる。

$$NOx_s(t) = NOx_i(t_i) \exp(-a_1 t) \quad (6)$$

$$t_i \leq t$$

自動車のテールパイプから排出される NOx の濃度は式(7)で与えられる。

$$NOx_e(t) = \sum_{i=1}^k \{ [u(t) - u(t - t_i)] NOx_i(t) + u(t - t_i) NOx_i(t - t_i) \} \quad (7)$$

ただし, ギアシフト間の NOx 排出濃度は式(6)を用いる。CVS 分析系を通過した NOx 排出濃度は式(8)で与えられる

$$NOx(t) = 1/Tc \int_0^t \exp\{-s(t - \theta)\} NOx_e(\theta) d\theta \quad (8)$$

$$\zeta = 1/Tc, \quad Tc; \text{CVS 分析系の時定数}$$

アイドリング時の NOx 排出濃度を  $N_0$  とすれば, 式(8)に  $N_0$  を加えて, 式(9)を得る。

$$N(t) = NOx(t) + N_0 \quad (9)$$

本モデルは発生した NOx から処理した分を差し引く構成であり, 使用する燃料, 排ガス処理装置の種類は限定していない。したがって, それぞ

れの車両ごとに時定数, 係数等 (以後, パラメータ) の値を定めれば, 使用する燃料, 排ガス処理装置の種類にかかわらず, 適用可能と考えられる。もちろん, パラメータの値は各車両固有の値なので, 同一燃料, 同一排ガス処理装置の車両であっても, 個々の車両ごとに定める必要がある。

### 3.2 パラメータ値の決定方法

図 1 に示される走行試験から構築されたモデルで使用するパラメータ値の決定手順を以下に示す。決定するパラメータ値は, 各要素の係数 (NOx 発生系の係数 (ギア位置ごと) および処理系の係数), 各要素の時定数, 加速開始から処理系が作用するまでの無駄時間である。なお, 発生系および処理系の係数は入出力間のゲイン調整の意味合いしか持ち合わせていない。

1. 走行試験結果から, 各ギア位置での加速時間, 加速開始エンジン回転数, 加速終了エンジン回転数, ギアシフトに要する時間, 定速走行区間のエンジン回転数および走行時間, アイドリング時のエンジン回転数および NOx 排出濃度等を読みとり, 入力数値として使用する。
2. 自動車の諸元表<sup>4)</sup>から試験車両の変速比および最終減速比を求め, これらの定数を式(9)に代入する。
3. 排出濃度を近似するように式(9)中のパラメータの値を設定し, 式(9)による近似結果を目視で判定する。近似の程度が悪ければ, 新たなパラメータの値を設定, 再計算し, 良好な近似が得られるまで, 同様な操作を繰り返す。

## 4. モデルの検証

### 4.1 モデルの検証 I

3.2 の手順で決定したパラメータの値を用いて, 同一車両ではあるが, パラメータ値の設定に使用した走行試験とは別の走行の条件を与え, NOx の排出予測を行った結果を図 3 に示す。比較的良い時刻歴近似結果が得られている。また, 10 モード走行時の予測排出係数と実測排出係数を比較したところ, 予測 2.7g/km, 実測値 2.5~2.9g/km (複数回の走行結果) と良い近似が得られた。もちろん, 計算に用いたパラメータ値は先の走行試験で得られた値を用いている。

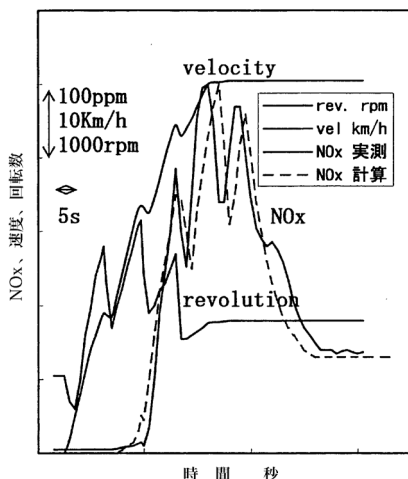


図3 走行試験の近似結果

なお、10モードは速度で表現されているので、走行速度、タイヤ動半径、ギア比および最終減速比から算出したエンジン回転数を、入力値として用いた。また、ギアシフトに要する時間は1～1.5秒に設定した。走行速度からのエンジン回転数の算出方法およびギアシフトに要する時間は、次節の10・15モードおよびM15モードにも使用した。

#### 4.2 モデルの検証Ⅱ

前述したように本モデルは発生したNOxから処理した分を差し引く構成であり、使用する燃料、排ガス処理装置の種類は限定していない。したがって、本モデルはそれぞれの車両ごとにパラメータの値を定めれば、車種、排ガス処理装置の種類にかかわらず、適用可能と考えられる。そこで、モデルの検証および適用範囲の確認のため、数種の燃料、異なる排ガス処理装置を装着した車両に本モデルを適用し、NOx排出係数を求めることにした。表1に車両、表2に10モード、M15モードおよび10・15モード走行時の予測値と実測値の結果を示す。

各車両とも、パラメータの値は3.2の方法で決定した。なお、一部の三元触媒装置を有する車両では、ほぼ同一条件の走行試験でもNOx排出濃度は大きく異なる場合があった。そのような車両については、低濃度排出時と高濃度排出時の2とおりのパラメータ値を求め、低排出係数～高排出係数の範囲で示した。

表2に示されるように、ディーゼル車両につ

表1 試験車両の概要

	燃料	車両重量 kg	排気量 CC	変速機 (手動)
A	ガソリン (EGR)	1370	1998	4
B	ガソリン (TWC)	1450	1990	5
C	ガソリン (TWC)	1420	1990	5
D	ガソリン (TWC)	1230	1592	5
E	ディーゼル (IDI)	1440	1950	4
F	LPG (TWC)	1650	1990	4

注) EGR; 排ガス循環装置, TWC; 三元触媒装置, IDI; 副室式燃焼

いては良い近似結果が得られている。三元触媒装置を装着したガソリン車ではEGR装着車ほどの良好な近似結果は得られていない。しかし、実測NOx排出係数はおおむね低排出係数～高排出係数の範囲に含まれていること、低排出係数と高排出係数の平均値は実測NOx排出係数を近似していること等、実務的には十分な予測値が得られている。表2で、低排出係数と高排出係数の平均値を車両の排出係数とみなし、EGR車およびディーゼル車等の排出係数も含めた実測値と予測値の相関を図4(a), (b)に示す。10モード、10・15モードのいずれも、単回帰直線の傾き、相関係数とも1に近い値をとっている。

なお、ここでは10あるいは10・15モード等の排出係数が当センターに蓄積されており、これらのモード排出係数の予測、検証を行ったが、他の走行条件を与えれば、与えられた条件での排出係数の推定が行える。

本予測手法の利点は、個々の車両ごとにパラメータの値を設定する必要があるものの、設定された車両については、車両の走行に応じたNOx排出濃度が推定できることにある。実測に基づく決定方法では個々の車両ごとに排出係数を求める必要があることに加え、同一車両であっても走行条件が変わるたびに再度測定しなければならない(たとえば、10モードから10・15モードに変更した場合など)。

#### 5. モデルの拡張

近年、温暖化ガスとして注目されているN<sub>2</sub>Oは、三元触媒装置の中で、NOxから生成されることが知られている。したがって、NOxを入力とし、N<sub>2</sub>Oを出力とするモデルを本モデルに付加

表 2 実測値と予測値の比較

車名	Fuel	STD		ADT	10 MODE g/km (GAS, LPG) 車	10・15 MODE g/km
					M15 MODE g/km (DIE) 車	
A	GAS (EGR)	1.9g/50s		2.3g/50s	2.7	3.2
		2.2g/50s		2.5g/50s	2.5~2.9	2.8~3.2
B	GAS (TWC)	Low		High		
		0.041g/50s	0.10g/50s	0.10g/50s	0.036~0.078	0.033~0.084
C	GAS (TWC)	0.047g/50s		0.11g/50s	0.039~0.043	0.038~0.039
		0.081g/50s	0.33g/50s	0.27g/50s	0.25~0.97	0.21~0.82
D	GAS (TWC)	0.099g/50s		0.25g/50s	0.28	0.48
		0.018g/50s	0.039g/50s	0.016g/50s	0.030~0.057	0.029~0.053
E	DIE (IDI)	0.015g/50s		0.019g/50s	0.032~0.043	0.043~0.047
		0.81g/60s		0.83g/60s	1.6	1.3
F	LPG (TWC)	0.92g/60s		0.92g/60s	1.5	1.3
		0.031g/50s		0.031g/50s	0.076	0.069
		0.033g/50s		0.035g/50s	0.074~0.089	0.13~0.16

注) 上段予測値, 下段実測値, STD はパラメータ設定に使用した走行試験の近似結果, Low, High は低, 高排出時のパラメータ設定に使用した走行試験の近似結果, ADT は加速走行試験, GAS, DIE, LPG はガソリン, 軽油, 液化プロパンガス, EGR, IDI, TWC は排ガス循環装置, 副室式燃焼, 三元触媒装置を示す

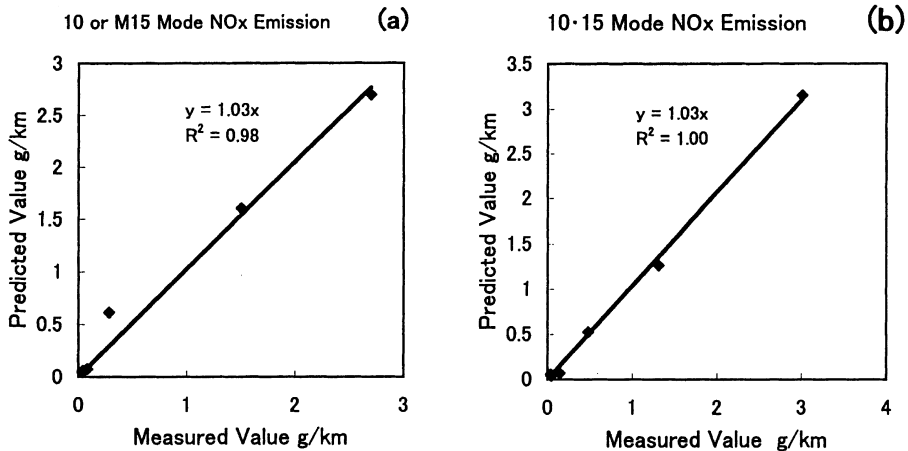


図 4 NOx 排出係数の実測値と予測値の比較, (a) ; 10及び M15モード, (b) ; 10・15モード

すれば, 車両の走行に応じた N<sub>2</sub>O 排出濃度予測が可能になると考えられる。

図 5 に N<sub>2</sub>O 排出モデルを示す。N<sub>2</sub>O の生成は三元触媒装置の温度に依存することが知られており, ここでは三元触媒装置内の排ガス温度はエンジン回転数を入力とする一次遅れ系の応答で, 三元触媒装置の温度は装置内の排ガス温度を入力とする 1 次遅れ系の応答で近似できるとした。N<sub>2</sub>O 発生系, 分析系もそれぞれ一次遅れ系で近似した。N<sub>2</sub>O 発生系への入力は CVS 分析系を通過する前の NOx 排出濃度とした。

三元触媒装置内の排ガス温度はエンジン回転数を入力として, 式(10)で与えられる。

$$C(t) = L^{-1}[G_p(s)R(s)] \tag{10}$$

ここで,  $G_p(s)$  は排ガス温度に関する伝達関数で,  $D_c$  を排ガス最高温度,  $T_p$  を時定数として, 次式で与えられる。

$$G_p(s) = (D_c/T_p) / (s + 1/T_p) \tag{11}$$

三元触媒装置の温度は  $T_T$  を温度応答に関する時定数,  $C_0$  を初期温度として, 式(12)で与えられる。

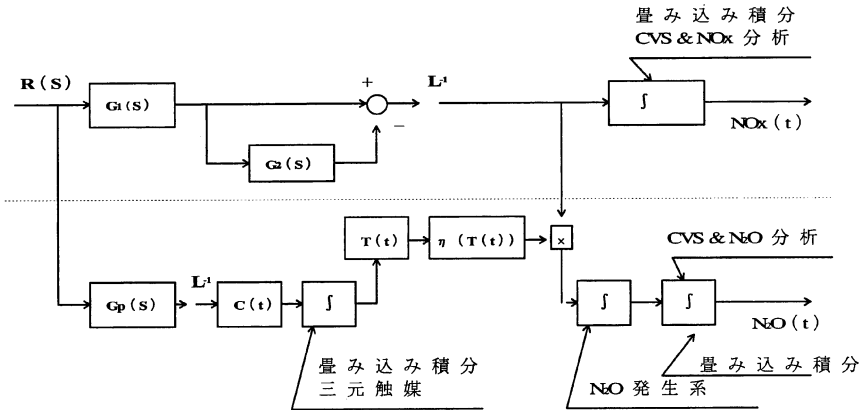


図5 自動車のN<sub>2</sub>O 排出モデル(破線の下側半図), G<sub>1</sub>(S);NO<sub>x</sub> 発生系の伝達関数, G<sub>2</sub>(S); NO<sub>x</sub> 処理系の伝達関数, G<sub>p</sub>(S);三元触媒内の排ガス温度に関する伝達関数, C(t);三元触媒内の排ガス温度, T(t);三元触媒の温度, η(T(t));N<sub>2</sub>O 発生モデルへの入力量を決定する係数(温度の関数), L<sup>-1</sup>;ラプラス逆変換

$$T(t) = \int_0^t C(\tau) g_T(t-\tau) d\tau + C_0 \quad (12)$$

$$g_T(t) = (1/T_T) \exp(-t/T_T)$$

このとき, N<sub>2</sub>O の排出は式(13)で与えられる。

$$N_2O(t) = \int_0^t \left\{ \int_0^{\tau_2} NOx(\tau_1) \eta(\tau_1) g_{n2}(\tau_2 - \tau_1) d\tau_1 \right\} g_{an}(t - \tau_2) d\tau_2 \quad (13)$$

$g_{n2}(t)$ ,  $g_{an}(t)$ ,  $\eta(T(t))$  はそれぞれ, N<sub>2</sub>O 発生系, 分析系および生成効率(三元触媒装置の温度の関数)で, 次式で与えることにする。

$$g_{n2}(t) = 1/T_{n2} \exp(-t/T_{n2}),$$

$$g_{an}(t) = 1/T_{an} \exp(-t/T_{an})$$

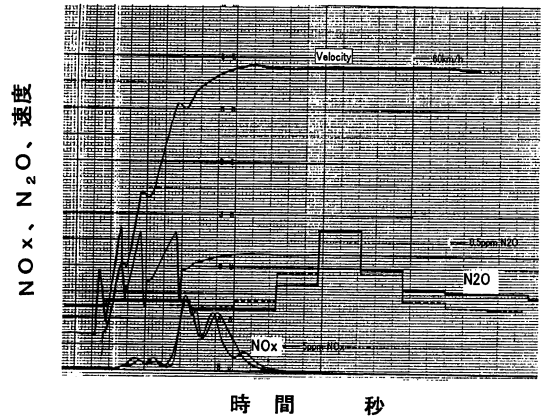


図6 発進時のN<sub>2</sub>O 排出濃度, —;実測, .....;予測

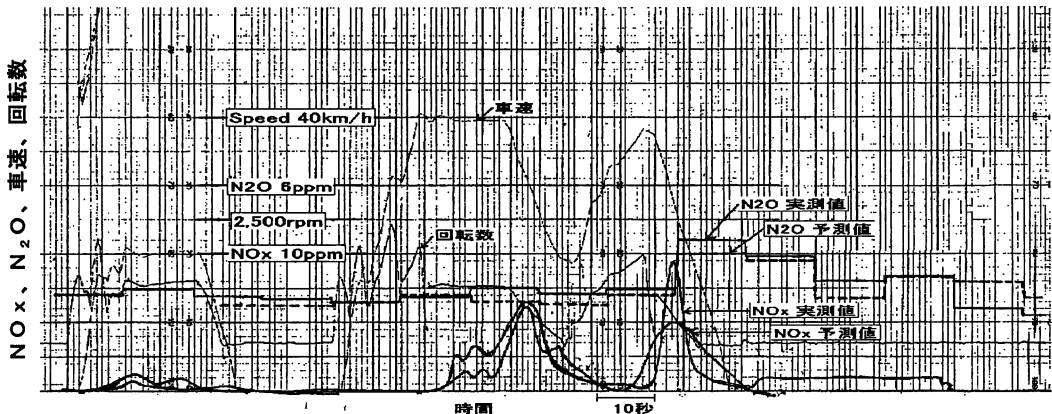


図7 10モード走行時のNO<sub>x</sub> およびN<sub>2</sub>O 排出特性近似結果 —;実測, .....;予測

$$\eta(T(t)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp(-T(t)-m)^2/2\sigma^2)$$

ここで、 $T_{n2}$  は N<sub>2</sub>O 発生系の時定数、 $T_{an}$  は分析系の時定数、 $m$  は最大生成効率を与える温度、 $\sigma$  は生成効率の分散を示す。

N<sub>2</sub>O 排出モデルのパラメータ値の設定も NOx 排出モデルのパラメータ値の設定と同じ方法を用いた。試験に用いた車両は三元触媒装置を装着した1600cc のガソリン車である。

図 6 に走行時の予測結果を示す。もちろん、パラメータ値の設定に用いた走行試験とは別の走行試験に適用した結果である。良好な近似結果が得られている。

図 7 に10モード走行時の予測結果と実測結果を示す。この場合も良好な近似が得られている。N<sub>2</sub>O に関する今回の検証は本車両1台のみなので、今後検証を進める必要があると考えている。

### 6. ま と め

自動車の NOx 排出モデルを作成し、個々の車両ごとにパラメータの値を定めれば、走行に応じた NOx 排出濃度時刻歴が推定できることを示した。また、NOx 排出モデルに N<sub>2</sub>O 排出モデルを付加することで N<sub>2</sub>O の排出特性も推定可能であることを示した。本研究の結果、明らかとなったことは以下のとおりである。

1. 自動車の NOx 排出濃度時刻歴を近似するモデルは、NOx 発生要素と NOx 処理要素から構成でき、各要素は一次遅れ系で扱えること。
2. NOx 発生要素への入力エンジンの回転数を用い得ること。

エンジン回転数はアクセル開度で決定されるので、入力変数としてはアクセル開度が適切と考えられる。しかし、アクセル開度の計測よりエンジン回転数の計測のほうが容易で実務的だと思う。

3. N<sub>2</sub>O 排出特性を近似するモデルは、エンジン回転数を入力とした三元触媒装置の触媒温度に関する要素及び NOx を入力とする N<sub>2</sub>O 発生要素から構成でき、各要素は一次遅れ系で扱えること。

### — 参 考 文 献 —

- 1) 足立, 森, 藤城, 田原, 吉川: 道路走行時における自動車の排出ガス量に関する研究, 土木研究所報告, No. 164, vol. 3, 1984. 11
- 2) 藤掛, 鈴木: 第36回大気環境学会講演要旨集, 1995. 11
- 3) 藤掛, 鈴木: 第38回大気環境学会講演要旨集, 1997. 9
- 4) 自動車諸元表: (社)自動車技術会, 1988年版, 1994年版



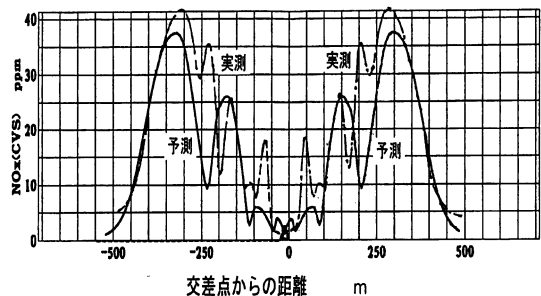
### 7. 付 録

本モデルは自動車の走行に応じた NOx 排出濃度を時刻歴として推定する。「はじめに」でも述べたように、時刻歴として NOx 排出濃度が得られるので、単に NOx 排出係数が求められるだけでなく、その他の事項への適用が幾つか考えられる。以下、適用例を示す。

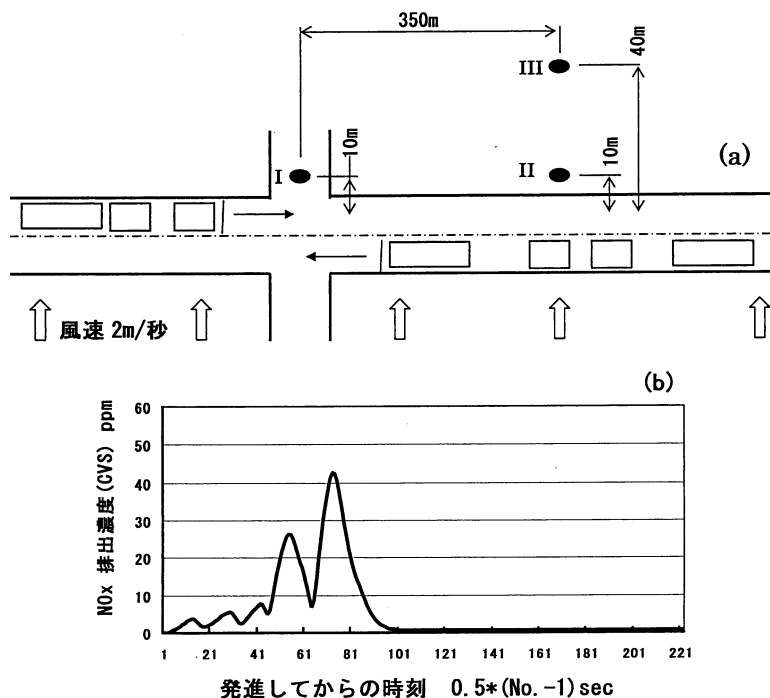
#### 7.1 交差点近傍の高濃度汚染地域の範囲推定への使用例

自動車の走行速度および経過時間から、自動車が発進した場所からの位置と排出濃度の関係として表現できる。このことを、交差点からの発進に適用すれば、交差点近傍の高濃度汚染地域の範囲推定に使用できる。

付図 1 に2車線 (片側1車線) 道路, 交差点での発進時における NOx 排出濃度を発進位置の関数として示す。図中波線が実測, 実線が予測結果を示す。実測を近似する結果が得られている。図では、発進後250~300m 付近が高濃度地域となっている。後続車の追い越しがないとすれば、この値が交差点からの高濃度地域の範囲と推定される。もちろん、加速条件が異なれば異なる範囲になる。



付図 1 NOx 排出濃度 (CVS 濃度, 交差点からの距離による表示)



付図2 (a) ; 交差点及び濃度時刻歴予測地点, (b) ; 基準として使用した発生源強度 (沿道拡散計算には1~20の強度を使用)

## 7.2 道路沿道におけるNO<sub>x</sub>拡散計算の発生源強度としての使用例

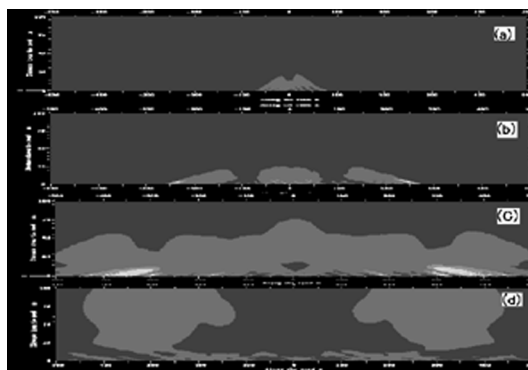
走行に応じたNO<sub>x</sub>排出濃度が数値ではあるが、時間の経過とともに得られるので、定速走行はもちろん、発生源強度の非定常性を考慮したNO<sub>x</sub>道路沿道拡散計算の入力に使用できると考えている。以下に一計算例を示す。

なお、本項は本モデルで得られるNO<sub>x</sub>排出濃度が道路沿道拡散予測計算の入力として使用可能なことを示すのが目的なので、NO<sub>x</sub>濃度の絶対値は示していない。

計算例(1)交差点近傍における沿道のNO<sub>x</sub>濃度分布

想定した交差点および基準とした発生源強度を付図2(a), (b)に示す。

- ①上下合わせて2車線
- ②計算に使用した車両数は上下線それぞれ、待ち車両20台、後続車両30台
- ③各車の発生源強度は付図2(b)を基準として、1~20倍の値に設定。ちなみに、20倍と

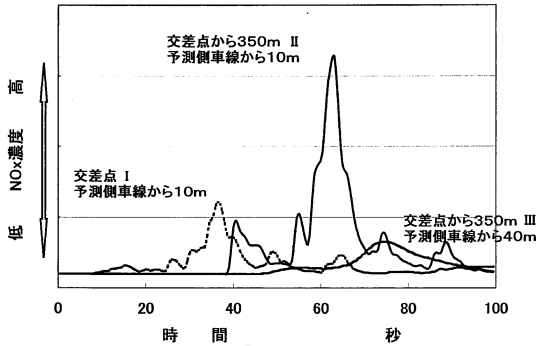


付図3 交差点近傍のNO<sub>x</sub>濃度分布, 各図中央が交差点, 縦方向は道路からの距離, 横方向は車両の走行方向 (上り, 下りの2方向), (a), (b), (c), (d)は先頭車両発進後20, 40, 60及び100秒後の拡散状況を示す

いう値はディーゼル大型車をイメージした値である。

- ④各車の初期配置は車間距離1m~5mの範囲に設定
- ⑤各車前車の発進に続いて発進, 発進の遅れ時間は1秒~3秒の範囲に設定





付図4 道路沿道任意地点でのNOx濃度の時刻歴, 任意地点として交差点および交差点から350mの地点を設定し, 予測側車線からは10mおよび40mを設定した

- ⑥風向は計算対象道路に直角, 風速は2.0m/s
- ⑦道路周辺に構築物はない
- ⑧交差点で停止している先頭車両は自由走行 (交差点の先に車両はない)
- ⑨拡散はパフモデルを基本に以下の修正を行った
  - ・初期拡散幅は計算に使用する時間刻み間の車両走行距離
  - ・拡散幅は時間の関数 (拡散幅 $\propto t^{0.96}(1.0 - \exp(-0.1 * t))^{0.96}$ )
  - ・車両進行方向の拡散 (X方向) は計算時刻の拡散幅を細分化し, その値を分散値とするガウス分布の重ね合わせ

先頭車両発進後, 20秒, 40秒, 60秒および100秒後の沿道拡散状況を付図3(a), (b), (c)および(d)に示す。車両の高濃度排気場所は交差点から離れた地点にあるので, 交差点付近は低濃度となっている。もちろん, 後続車両が交差点近傍で高濃度排気になる発進位置が存在するので, 常に低濃度現象が生じるわけではない。

計算例(2) 任意地点のNOx濃度時刻歴予測

計算例(1)の結果を基に, 道路沿道任意地点として, 付図2に示す●印3地点の予測NOx濃度時刻歴を付図4に示す。道路近傍のNOx濃度変化は車両のNOx排出濃度の影響を強く受けるが, 道路から離れるにしたがってNOx濃度値の山谷はなだらかになること, おのおのの観測地点での最大値を取る時刻に時間差があること等が示されている。

以上, 3つの計算例について述べた。N<sub>2</sub>Oの排出予測への拡張も含め, ここで挙げた事例は, 多くの場合それぞれ個別の課題として設定され, 得られる結果も対象とした事象以外への適用は難しい場合が多い。本手法はNOx排出濃度の予測だけでなく, 他の汚染物質排出予測への拡張が容易であること, 予測結果の使用範囲が広いこと等が利点であると考えている。モデルとして改良すべき点も残されており, 多方面からの議論をお願いしたい。