

車載型 SPM 濃度計測データを用いたディーゼル車排出係数の推定

H00060 高石 大輔
指導教員 岩倉 成志



1. 研究の背景と目的

わが国の自動車に起因する大気汚染は、依然として改善の兆しが見えていない。特に大都市圏、主要幹線道路沿いの浮遊粒子状物質 (SPM; Suspended Particulate Matter) の環境基準達成率は極めて低い。

SPM の主な排出源はディーゼル車からの排気ガス中に含まれているものであるため、ディーゼル車の SPM 排出量を抑制し、円滑な交通流を生み出すことが大きな課題である。

その対策を検討するための道具の一つとして、車1台ずつの挙動を再現する交通マイクロシミュレーションを用いた大気環境評価システムの構築が盛んに研究されている。このシステムを高精度にするためには、まず車1台ずつからの排出係数推定モデルの確立し、シミュレーションに取り込むことが必須である。

本研究では実走行計測で得たデータを基にディーゼル車1台の排出係数のモデルを構築し、推定した排出係数の精度を検討することを目的としている。

2. 計測概要

この計測は財団法人計量計画研究所と共同で行ったものである。

実験車両にスモークメーターを搭載し、下記のルート走行時の調査項目を0.1秒毎に計測し、記録した。積載量を満載(4トン)、半載(2トン)、空載の3パターンにおける走行で計測を行った。計測結果を表1に示す。また SPM 排出量は取得したデータから式(1)を用いて算出した。

表1. 計測概要

実験車両	いすゞ フォアード(平成6年規制)
計測ルート	東名高速道路・横浜青葉IC～横浜町田IC～国道246号横浜青葉IC入り口
計測回数	計測ルート×18回
計測日時	平成14年9月30日～10月4日 午前5時～午後17時
計測機材	スモークメータ, カルマン流量計, セイフティレコーダ, GPS等
計測項目	スモーク吸光係数[1/m], カルマン周波数[Hz], 吸気圧[mmHg], 吸気温度[C], 車速度, 加速度[km/h, km/h/s], 道路勾配[%]等46項目

$$Spm = (Qw + 0.804 \cdot Fc) (0.2989 \cdot Ks + 0.0503) \quad (1)$$

$$Qw = (a \cdot K^4 + b \cdot K^3 + c \cdot K^2 + d \cdot K + e) (293 \cdot Pf) / (760 \cdot 1000 \cdot Ta)$$

Spm: PM 排出量[g/min] Qw: 吸気量[m³/min] Ks: スモーク吸光係数[1/m] Fc: 燃焼によるモル増加分(wet・20°C, 1atm) K: カルマン周波数[Hz] Pf: 吸気圧[mmHg] Ta: 吸気温度[K] a, b, c, d, e: 流量計毎に較正して求める

3. 分析方法

既往研究の排出係数の推定は速度のみを関数とした分析、速度と加速度を関数とした分析など様々な角度からの分析が行われているが、精度は高くても重相関係数0.6前後で、良好な結果とは言い難い。

前記のデータの中には往路の高速道路走行時データと復路の一般道走行時が混在している。高速道路走行時と一般道走行時では速度ごとのデータ分布量や停止、発進の回数など多数の点で相違が確認された。この走行特性の異なるデータを1つのモデルによって表現するのは困難なことから、高速走行時と一般道走行時に分割し、分析することが望ましい。また、本研究においては大量の SPM を排出する渋滞時を仮定したモデルの構築を目的としているため、一般道の走行時データを使用した。

車の進行を妨げる力である走行抵抗と SPM 排出量の関係に着目し、分析を行った。

走行抵抗は転がり抵抗、空気抵抗、勾配抵抗、加速抵抗の4つからなる。また、例外として、アイドリング時は全抵抗を0と考える。

$$\ln(Spm) = C_1 N \cdot Rr + C_2 N \cdot Ra + C_3 N \cdot Rg + C_4 N \cdot Ri + C_5 N \cdot Di + C_6 Dr \quad (2)$$

Spm: PM 排出量[g/min] N: エンジン回転数[rpm]
Rr: 転がり抵抗[N] = 転がり抵抗係数×車両総重量[kg]×重力加速度[km/h/s]
Ra: 空気抵抗[N] = 空気抵抗係数×空気密度/2×車両前面積[m²]×速度²[km/h/s]
Rg: 勾配抵抗[N] = 車両総重量[kg]×勾配[%]/100
Ri: 加速抵抗[N] = (車両走行重量+回転部分重量)[kg]×加速度[km/h/s]/重力加速[km/h/s]
Di: 速度, 加速度ともに0の状態=1, その他=0
Dr: 速度, 加速度ともに0の状態=0, その他=1
C₁～C₆: パラメータ

4. 分析結果

4-1 パラメータ推定結果

式(2)に一般道 79,809 サンプルを計測ルート一周ごとに分解して適応してパラメータを推定した結果を表 2 に示す。表 2 の SPM 排出量推定モデルの精度は相関係数がそれぞれ 0.94 前後と非常に高い結果となった。

表 2. 推定結果

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
C ₁	1.51 × 10 ⁻⁶	1.51 × 10 ⁻⁶	1.44 × 10 ⁻⁶	1.57 × 10 ⁻⁶	1.43 × 10 ⁻⁶	1.44 × 10 ⁻⁶
C ₂	-5.77 × 10 ⁻⁵	-2.29 × 10 ⁻⁵	-3.55 × 10 ⁻⁵	-4.95 × 10 ⁻⁵	-2.19 × 10 ⁻⁵	-1.42 × 10 ⁻⁵
C ₃	6.98 × 10 ⁻⁸	7.22 × 10 ⁻⁸	7.60 × 10 ⁻⁸	6.29 × 10 ⁻⁸	6.83 × 10 ⁻⁸	7.63 × 10 ⁻⁸
C ₄	2.67 × 10 ⁻⁸	2.46 × 10 ⁻⁸	2.68 × 10 ⁻⁸	2.61 × 10 ⁻⁸	2.51 × 10 ⁻⁸	2.49 × 10 ⁻⁸
C ₅	-4.23 × 10 ⁻³	-4.43 × 10 ⁻³	-4.30 × 10 ⁻³	-4.39 × 10 ⁻³	-4.31 × 10 ⁻³	-4.43 × 10 ⁻³
C ₆	-2.55	-2.65	-2.58	-2.63	-2.58	-2.63
R	0.96	0.93	0.95	0.94	0.94	0.96
データ数	13573	9705	16294	10664	12880	16693

4-2 各パラメータ影響力

各パラメータの値の増減による推定 SPM 排出量に及ぼす影響強さを C₂C₃C₄ について確認した。その結果を図 1, 2, 3 に示す。N・Rg, N・Ri のグラフは 6 本ともほぼ同じ挙動を示し安定した結果が得られた。しかし N・Ra については各モデルがそれぞれに違った値を示し、グラフ間のふれ幅は抵抗の値が大きくなるに伴って増加傾向にある。

4-3 走行形態によるずれ幅

図 4, 表 3 は連続したデータの中で、アイドリング、加速、一定速、減速を 1 サイクルとし、あるデータ中の中から任意に 1 サイクル分のデータ 767 サンプルを抜粋し、各走行形態ごとの実測値と推定値のずれ幅を%で示したものである。このときの一定速とは加速度 ± 0.5% の連続データの事を指す。

結果としては、加速時と減速時に推定 PM 排出量が過少評価になってしまっていることを読み取ることができた。その原因としては、異なった走行形態を 1 つのモデルで表すことに無理が生じてしまっている可能性が示唆される。

5. まとめ

本研究において走行時の抵抗が PM 排出量に大きな影響を及ぼしていることが確認できた。本研究で構築したモデルの特徴としては、PM 実測値と PM 推定値の一瞬一瞬の誤差は微々たる値ではあるが、半数近くの推定 PM 値が過少評価になってしまっているために長時間での累積 SPM 排出量を過小評価してしまうといった問題点も抱えている。

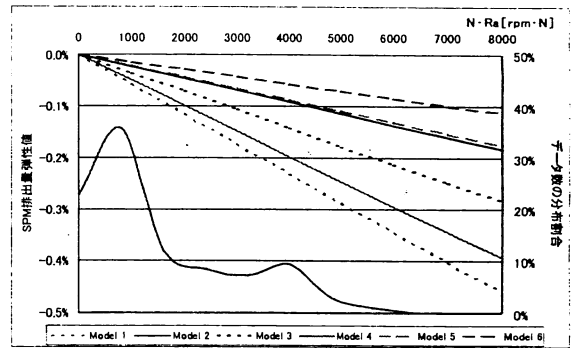


図 1 NRa のパラメータ影響力

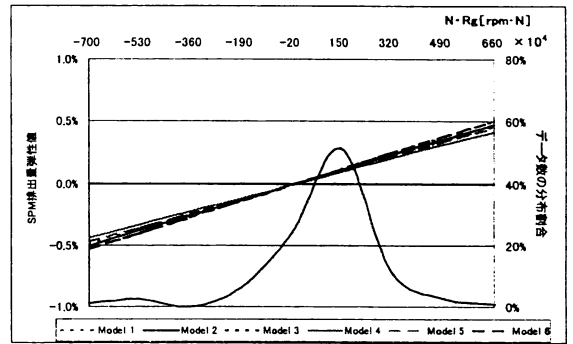


図 2 NRg のパラメータ影響力

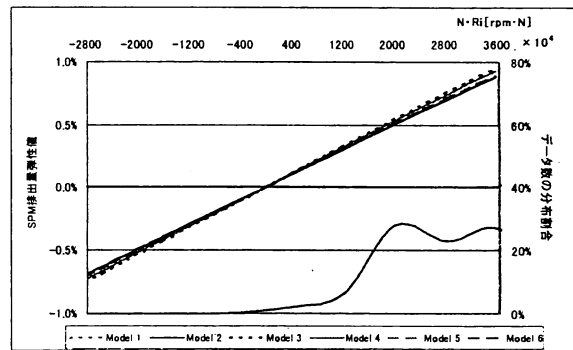


図 3 NRi のパラメータ影響力

PM 排出量 (g/min)

速度 (Km/h)

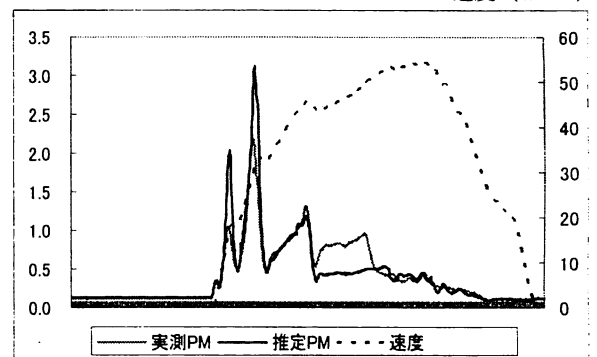


図 4 誤差測定のための走行形態と SPM 排出量

表 3 走行形態別の誤差率

	アイドリング	加速	一定速	減速
Model 1	8.2%	-4.7%	2.5%	-8.2%
Model 2	-1.5%	-8.1%	7.4%	-11.3%
Model 3	4.9%	-9.9%	-0.4%	-14.0%
Model 4	0.2%	-5.4%	6.5%	-8.0%
Model 5	0.0%	-12.3%	5.1%	-9.8%
Model 6	-1.6%	-11.2%	4.4%	-13.7%
データ数	229	285	77	176