

路側 SPM 濃度計測データによるディーゼル車排出係数モデルの推定

前芝浦工業大学 正会員 ○小泉 健一
芝浦工業大学 正会員 岩倉 成志
東京工業大学 正会員 屋井 鉄雄

1. はじめに

マニラやバンコクなど途上国の大都市部では自動車を排出源とする大気汚染が深刻な問題になっている。道路容量の不足に加えて、交通流の制御や車両メンテナンスに問題がある。こうした問題に対し、交通マイクロシミュレーションを活用した大気汚染改善施策の研究が初められている¹⁾。マイクロシミュレーションは時間分解能が非常に高いことから、自動車の排出係数も秒単位の車両挙動に応じて変動するモデルを構築することで、大気濃度予測の精度も大きく向上すると考えられる。

排出係数モデルの推定は、先進国ではシャーシダイナモ試験データをもとに作成することが一般である。しかし、途上国での導入は試験装置が非常に高価なことや、メンテナンスの負担大きいことから導入の障壁は高いと考える。

このため、本研究では安価な計測方法で、かつ自動車のテールパイプから直接測定した排出係数に極力近似的な値が得られる排出係数モデルの推定方法の検討を目的とする。具体的には、併用前の道路で一台のディーゼル車を走行させ、車から排出される SPM 濃度を路側に設置したデジタル粉塵計によって計測し、観測された SPM 濃度から大気拡散モデルによって排出係数を逆推定し、その排出係数を車両の速度と加速度でモデル化するという試みである。

2. 路側 SPM 濃度を用いた排出係数モデルの推定法

大気拡散モデルはプルームモデルやパフモデルに代表される解析解モデルと微分方程式群で表現される数値解モデルに大別される。本研究では計算の容易さから解析解モデルによってアプローチする。

解析解モデルとして環境庁(1982)で作成された JEA 線煙源拡散式を用いる。式(1)は平行風時（風速

$$C(x, z) = \frac{Ql \cdot \sqrt{u \cdot \cos \theta}}{A} \cdot \left[\frac{\sqrt{B}}{W(x; y_1, y_2)} \right] \quad (1)$$

$$A = 4.815 \exp(-2.8 \frac{L}{u \cdot \cos \theta})$$

$$B = (x + x_0)^2 + 50.3 \cdot z^2$$

$$W(x; y_1, y_2) = \operatorname{erf}(0.026 \cdot \sqrt{By_1} / \sqrt{y_1}) - \operatorname{erf}(0.026 \cdot \sqrt{By_2} / \sqrt{y_2})$$

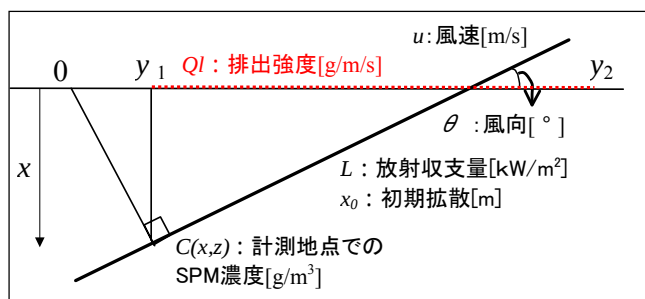


図 - 1 JEA 大気拡散式の説明

が 1m/s 以上で、y 軸方向の線煙源と風向のなす角が 40° 未満）に適用される JEA 線煙源拡散式である。

まず、粉塵計によって SPM 濃度 $C(x, z)$ を測定し、風向風速計によって u と θ を計測することで、排出強度 Ql を逆算する。得られた Ql (g/m/s) に車両が 1 秒間に走行した距離を乗じて E_{spm} (g/s) を算出する。この E_{spm} が車両のテールパイプから直接測定した排出量と等価となる。

次に、SPM の濃度計測とともに計測した車両の速度 V 、加速度 A を変数とする排出係数モデルを作成する。これは Lee&Miller(2000)によって提案された式(2)に示すモデルを採用した。

$$\ln(E_{spm}) = \beta_1 + \beta_2 V + \beta_3 A + \beta_4 VA + \beta_5 D_i + \beta_6 D_d \quad (2)$$

ここで、 D_i はアイドリング時のダミー変数で、 D_d は減速時のダミー変数である。

3. データ概要

本研究では、路側 SPM 濃度を用いた排出係数モデルを推定するための独自の計測データを取得するとともに、このモデルの精度を検証するために（財）計量計画研究所が 2002 年に行った車載型スモークメータによる SPM 濃度計測データを用いた。

（1）路側 SPM 濃度調査の概要

キーワード：SPM，排出係数モデル，路側調査

連絡先：〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学工学部土木工学科 TEL03-5476-3049

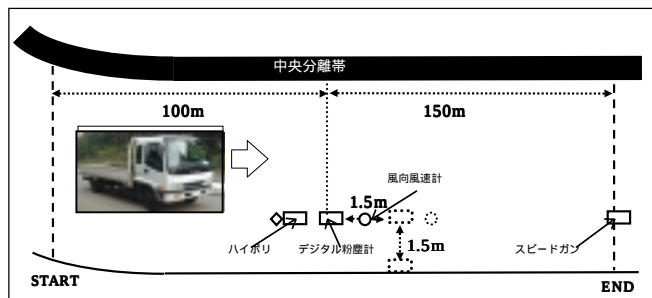


図-2 路側 SPM 計測実験の測定機器の配置

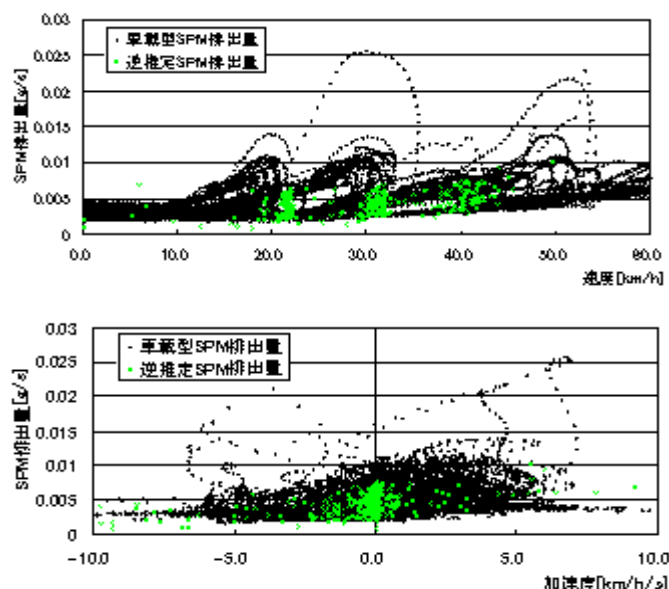


図-3 2種類のSPM濃度調査で得られたデータ比較

供用開始前の道路（藤沢厚木線葛原付近）の400m区間で下記(2)の車載計測のトラックと同一エンジン（平成6年排出規制車）でほぼ同じ走行距離の4tトラック（無積載）を走行させ、図-2のスタート地点から100m地点にデジタル粉塵計とハイボリュウムエアサンプラ、風向風速計を設置し、250m地点にスピードガン設置して車両の速度と加速度を測定した。各データは1秒単位に測定した。走行方法はスタート地点からSPM濃度の計測地点手前まで加速し、以後、定速走行させた。走行パターンと走行回数はSPM濃度の計測地点まで20km/hが66回、30km/hが60回、40km/hが48回、50km/hが50回である。

(2) 車載型 SPM 濃度計測調査の概要

都心部の246号線等の幹線道路約30kmを27回走行して、0.1秒単位のSPM濃度と速度、加速度データが得られている。

4. SPM 排出係数モデルの推定結果

以上の2種類の調査から得られたSPM濃度を図-

表-1 SPM 排出係数モデルの推定結果と比較

parameter (t 値)	逆推定値からの 推定結果 《A》	車載型からの 推定結果 《B》	パラメータ比 A/B
β_1	-6.06×10^0 (-129.08)	-5.73×10^0 (-1105.08)	1.1
β_2	2.18×10^{-2} (-15.22)	1.34×10^{-2} (-109.43)	1.6
β_3	14.48×10^{-2} (-8.59)	6.24×10^{-2} (-8.60)	2.3
β_4	-2.56×10^{-3} (-4.98)	-2.07×10^{-5} (-0.39)	---
β_5	-3.88×10^{-1} (-2.48)	-1.93×10^{-1} (-32.42)	2.0
β_6	-9.70×10^{-2} (-3.27)	-2.38×10^{-2} (-3.97)	4.1
相関係数	0.74	0.80	
サンプル数	401	22730	

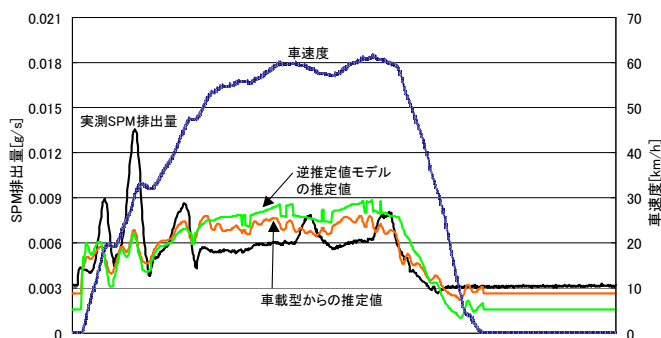


図-4 特定の走行パターンにおけるモデルの再現性

3に示す。このデータをもとに、路側SPM濃度データから推定した排出係数モデルと車載データから推定したモデル、両モデルのパラメータ比を表-1に示す。路側SPM濃度データによるモデルのパラメータが過大推定値ではあるが、最大でも4倍程度に収まっており、本方法の有効性とその可能性を示し得たと考える。

図-4は、車載データから得られた特定区間の走行パターンに対する両モデルの再現性を示したものである。両モデルともほぼ同様の挙動を示していることがわかるが、両モデルとも加速時の追従性が不十分であることも明らかになった。

この加速時の再現性はエンジン出力を変数にすることで改良できると考える。また、大気拡散モデルに数値解モデルを利用することで、SPM排出量の逆推定をより精度高くできると考える。

参考文献

1) 屋井鉄雄ほか：交通に起因する大気環境のミクロ評価システム，土木学会論文集IV，709巻，pp.81-94，2002年