

路側 SPM 濃度データを用いたディーゼル車排出係数モデルの精度向上のための研究

H01096 吉岡 宏彰
指導教員 岩倉 成志

1. 背景と目的

現在，開発国において自動車排ガスによる大気汚染が社会問題となっている．原因として人流，物流の増加に伴う慢性的な交通渋滞や，車両の不良整備による自動車排ガスの増加がある．大気環境汚染物質の中でも自動車排ガス中に含まれる浮遊粒子状物質 SPM（大気中に浮遊している粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子）は肺がんなどの健康被害を引き起こす原因であると報告され，その削減が急務であると考えられる物質である．大気汚染改善のための交通施策を評価する手法として，交通マイクロシミュレーションを用いた評価手法の開発が進められているが，SPM を対象とする場合には車種別の SPM 排出係数が必要となる．先進国ではシャーシダイナモ試験データによって排出係数を算出するが，莫大なコストがかかるため途上国において導入することは困難である．

そこで本研究室では，安価な計測機器を用いて路側で測定した SPM 濃度から走行車両の排出係数を逆推定する手法の開発に取り組み，昨年度は JEA 線煙源拡散式（以下，JEA 式）を用いた手法を提案するに至った．本研究では昨年度提案した手法を実用化するために，その精度向上を図り，SPM 排出係数逆推定手法を確立することを目的とする．

2. 路側 SPM 濃度データからの排出係数推定

2-1. 大気拡散モデル

路側 SPM 濃度から走行車両の排出係数を大気拡散モデルによって逆推定する．大気拡散モデルは微分方程式で表現される数値解モデルと，プルームモデルやパフモデルに代表され，計算が容易である解析解モデルとに分別される．本研究では，解析解モデルとして環境庁で作成され，現在，日本において最も実用的な大気拡散モデルである JEA 式(1)，(図 - 1)を用いる．

2-2. 排出係数モデル

路側 SPM 濃度データから逆推定した排出係数を基に排出係数モデルを構築し，その検証のために車載型 SPM

$$Ql = \frac{C(x, z) \cdot \sqrt{u \cdot \cos \theta}}{4.815 \cdot \exp\left(-2.8 \frac{L}{u \cdot \cos \theta}\right)} \cdot \left[\frac{\sqrt{(x+x_0)^2 + 50.3z^2}}{\text{erf}\left(0.026 \cdot \frac{\sqrt{(x+x_0)^2 + 50.3z^2}}{\sqrt{y_1}}\right)} - \text{erf}\left(0.026 \cdot \frac{\sqrt{(x+x_0)^2 + 50.3z^2}}{\sqrt{y_2}}\right)} \right] \quad (1)$$

C : SPM濃度 [g/m^3] Ql : 線源排出強度 [$\text{g}/\text{m}/\text{s}$]
 x : 計算地点と線源までの距離 [m] x_0 : 初期拡散効果 [m]
 z : 計算地点の高さ [m] u : 風速 [m/s]
 θ : 線源と風速のなす角度 [rad] L : 放射収支量 [kw/m^2]

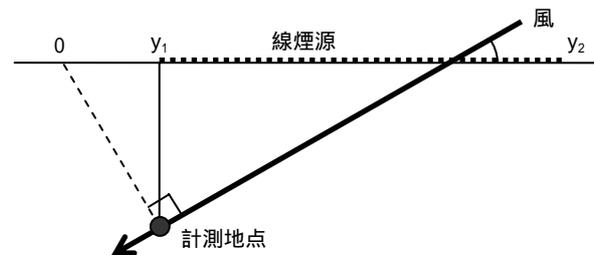


図 - 1 JEA 線煙源拡散式概略図（有風時平行風）

濃度データから同一のモデルを構築し，パラメータの比較を行う．採用するモデルは，Lee&Miller(2000)によって提案され，昨年度の研究で用いられた車速度 V と加速度 A を変数とするモデル(2)を採用する．

$$\ln(E_{spm}) = \alpha_0 + \alpha_1 V + \alpha_2 A + \alpha_3 VA + \alpha_4 D_i + \alpha_5 D_d \quad (2)$$

E_{spm} : SPM 排出量 [g/min]

D_i : アイドリング時ダミー 変数

D_d : 減速時ダミー 変数

また，SPM 排出量はエンジン出力（エンジン回転数 \times トルク）に比例することを踏まえ，変数としてエンジン回転数とトルクを表す走行抵抗（転がり抵抗 Rr ，空気抵抗 Ra ，勾配抵抗 Rg ，加速抵抗 Ri ）を用いたモデル(3)においても比較を行う．

$$\ln(E_{spm}) = \beta_1 N \cdot Rr + \beta_2 N \cdot Ra + \beta_3 \cdot Rg + \beta_4 N \cdot Ri + \beta_5 N \cdot Di + \beta_6 \cdot Dr \quad (3)$$

N : エンジン回転数 [rpm]

Rr, Ra, Rg, Ri : 走行抵抗 [N]

Di : アイドリング時ダミー 変数

Dr : 走行時ダミー 変数

3. 実験概要

3-1. 路側 SPM 濃度計測調査

併用前道路（藤沢厚木線葛原付近）でディーゼルトラックを走行させ、路側にて SPM 濃度、車速度、加速度、風速、風向、トラックにてエンジン回転数を各々1秒毎に計測した。走行形態（図 - 2）は、A 地点から B 地点まで加速域、B 地点から C 地点までを等速域とし、等速走行時の速度は 20, 30, 40, 50km/h とした。また、A 地点から B 地点までに加速、減速をし、B 地点から C 地点まで等速走行するデータとアイドリング時のデータも取得した。

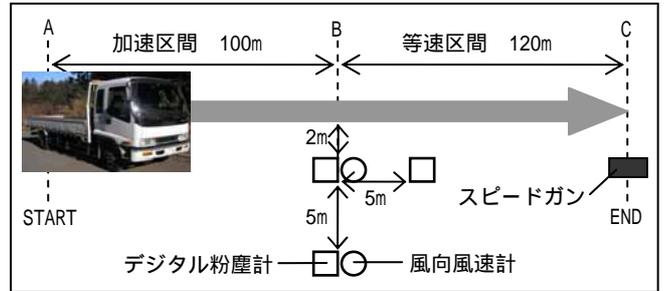


図 - 2 路側 SPM 濃度計測調査概要

表 - 1 Lee&Miller モデルによる推定結果

パラメータ (t 値)	車載型データからの推定結果 (A)	路側データからの推定結果 (B)	パラメータ比 B/A
0	-1.65E+00 (-340.375)	-2.44E+00 (-10.708)	1.5
1	1.37E-02 (131.784)	2.84E-02 (-4.288)	2.1
2	6.57E-02 (40.154)	4.88E-01 (2.054)	7.4
3	-9.52E-05 (-2.0447)	-1.87E-02 (-2.404)	196.6
4	-1.86E-01 (-32.669)	-4.68E-01 (-1.996)	2.5
5	-1.41E-02 (-2.482)	-4.15E-01 (-2.541)	29.4
サンプル数	25156	352	
相関係数	0.82	0.60	

3-2. 車載型 SPM 濃度計測調査

この調査は 2002 年に（財）計量計画研究所と共同で行ったものであり、路側調査で用いたものと同型のトラックを都心部の幹線道路（国道 246 号等）で走行させ、路側調査と同様のデータを 0.1 秒毎に計測した。

4. 排出係数モデル推定結果

分析に用いる路側データは実験当日の風の特性を踏まえ、無風時で線煙源の端点座標 y_2 が 10m 以下のデータ、無風時のアイドリングのデータとする。排出係数モデルの検証はパラメータおよび、実走行データにおけるモデルの再現性の比較により行う。

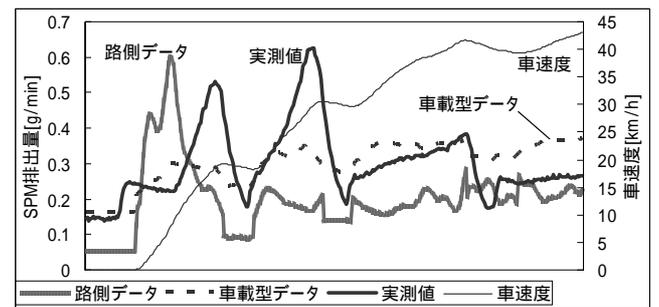


図 - 3 Lee&Miller モデルによる再現

4-1. Lee&Miller モデル(表 - 1, 図 - 3)

車載型データによるモデルのパラメータと符号が一致したが、 β_3, β_5 が過大推定された。また、路側データによるモデルの再現性は低速域・加速時で過大・過少推定されており、再現性は十分でない。

表 - 2 エンジン回転数を含んだモデルによる推定結果

パラメータ (t 値)	車載型データからの推定結果 (A)	路側データからの推定結果 (B)	パラメータ比 B/A
1	6.89E-06 (106.678)	-2.87E-06 (-1.928)	-0.4
2	2.73E-04 (15.328)	3.52E-03 (2.987)	12.9
3	6.39E-10 (9.338)	-	-
4	1.29E-08 (21.768)	6.55E-08 (1.327)	5.1
5	-2.32E-03 (-528.036)	-4.45E-03 (-41.851)	1.9
6	-2.34E+00 (-280.61)	-1.72E+00 (-10.290)	0.7
サンプル数	25156	352	
相関係数	0.98	0.93	

4-2. エンジン回転数を含むモデル(表 - 2, 図 - 4)

車載型データによる排出係数モデルは、加速時の SPM 排出量を的確に再現している。路側データによるモデルの β_4 はパラメータ比が 5.1 であるため、車載型データによるモデルと同様に、加速時の SPM 排出量を表現しうるものと予測できたが再現性は低かった。原因として加速度データが 0km/h/s 付近に集中しているため、 β_4 の t 値は低く、説明力が高いとはいえない。

5. まとめ

本年度の実験でエンジン回転数を排出係数モデルに組み込んだが、低速域での加速度による再現性が低くなること、風の有無によってデータにばらつきが生じてしまうことなどの問題が残った。しかし、エンジン回転数とギアの関係性や、減速時のデータを取り込むことにより再現性が向上すると考えられる。

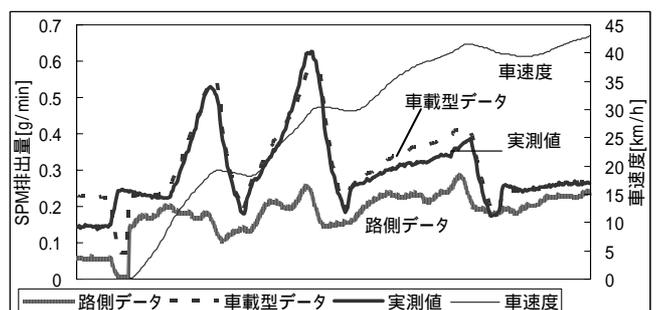


図 - 4 エンジン回転数を含んだモデルによる再現